

Universidad Nacional

Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

Escuela de Ciencias Geográficas

Accesibilidad al recurso hídrico en las subcuencas de Quebrada Zúñiga, Quebrada Santo Domingo y
Quebrada Salitral, Orotina, Alajuela.

Tesis para optar al grado de Licenciatura en Ciencias Geográficas con énfasis en Ordenamiento del
Territorio

Presentado por

Samira Jalet Quesada

Heredia, 2023.

TRIBUNAL EXAMINADOR

Trabajo de graduación aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad de la Universidad Nacional, para optar al grado de Licenciatura en Ciencias Geográficas con énfasis en Ordenamiento del Territorio.

Dr. Pablo Ramírez Granados
Representante de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar

M.Sc. Daniela Campos Durán
Representante de la Dirección de la Escuela de Ciencias Geográficas

M.Sc. Ligia Hernando Echeverría
Tutora

M.Sc. Daniel Avendaño Leadem
Asesor

Lic. Victoria Delgado Fernández
Asesora

Samira Jalet Quesada
Postulante

DEDICATORIA

A mi amiga y colega Kimberly Barquero Contreras, y a mi papá Ahmed Jalet Montenegro, donde quiera que estén, están siempre en mis pensamientos y en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, en especial a mi mamá Marcela, a mi abuelita Marielos y a mi abuelito Jorge, por haberme criado con tanto amor y haberme apoyado y guiado en la toma de mis decisiones.

A mi profesora Ligia Hernando, por confiar en mí, por haberme apoyado incondicionalmente, por ser parte de mi formación desde el cariño y la ética profesional, y ha sido motor para continuar luchando por mis metas.

A mi lector Daniel Avendaño y mi lectora Victoria Delgado, por su tiempo y dedicación para apoyar este proceso.

A Valery, Michelle, Samir, Sameh; Wilser, Marianella, Leonel, Fabiola, Ananka, Alejandro, Camila, Marcelo, María, Gaby, Adrián, Luciana, Dylan, Erick, William, Coca, Renzo, Enrique (†), Jimmy, Betty y Karla, por siempre estar presentes y apoyarme.

A mis amigos y amigas, por estar pendientes, preguntar y escucharme, quiero agradecer a Adriana, Katherine, Andrea, Jineth, Jonathan, Olger, Julián, Fabián, Julio César y Ariel.

Agradezco además el apoyo y colaboración que he recibido por parte de la ASADAS de Hacienda Vieja y de Pital-Centeno, así como de las comunidades de Hacienda Vieja y Cuatro Esquinas, por haber hecho posible el desarrollo de esta investigación.

Al personal docente y administrativo de la Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional, por haber contribuido en mi formación como geógrafa.

Por último, agradezco a VIVE-21 Corazón de Fuego, por el apoyo dado incondicionalmente desde el amor y la generosidad.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo analizar la accesibilidad y la disponibilidad al recurso hídrico en las subcuencas de Quebrada Santo Domingo, Quebrada Salitral y Quebrada Zúñiga, localizadas en el cantón de Orotina, Alajuela. Se integra al análisis la gestión del recurso hídrico a cargo de las ASADAS de Hacienda Vieja y de Pital-Centeno, incluyendo además el papel de la participación ciudadana de las comunidades de Hacienda Vieja y Cuatro Esquinas en cuanto a la gestión del agua.

Por un lado, el abordaje metodológico que determinará la disponibilidad al recurso del agua es la aplicación del método del balance hídrico. Por otro lado, se utilizará el trabajo de campo como método para indagar sobre la accesibilidad y la disponibilidad del agua, así como para obtener datos sobre la gestión y participación ciudadana de las ASADAS y de las comunidades.

Lo anterior en conjunto, permite generar un análisis espacial, el cual proporciona insumos necesarios para las ASADAS y las comunidades encargadas de velar por el acceso al recurso hídrico, siendo esta una investigación pertinente en el ordenamiento territorial, debido a su funcionalidad en proporcionar recursos para la toma de decisiones incidentes a nivel local.

Como principales hallazgos, se identifica que el área de estudio presenta accesibilidad al recurso hídrico debido a dos variables principales: a) las subcuencas registran un comportamiento hidrológico que brinda disponibilidad del agua. b) la existencia de una gestión activa y participativa por parte de las ASADAS y la ciudadanía que permite generar los medios necesarios para que la población tenga acceso al agua en las viviendas.

Tabla de contenidos

Capítulo I. Problema y Justificación	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Localización del área de estudio.....	5
Capítulo II. Marco teórico.....	7
2.1. Accesibilidad y disponibilidad del recurso hídrico	7
2.2. Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH).....	9
2.3. Balance hídrico	11
2.4. Parámetros morfométricos.....	13
2.5. Participación ciudadana.....	13
2.6. Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados (ASADAS)	15
Capítulo III. Metodología.....	17
3.1. Paradigma, enfoque y tipo de investigación.....	17
3.1.1. Paradigma.....	17
3.1.2. Enfoque	17
3.1.3. Tipo y características de la investigación.....	18
3.2. Sujetos y fuentes de información.....	18
3.2.1. Sujetos o actores clave	18
3.2.2. Participación ciudadana ante la gestión del recurso hídrico	19
3.2.3. Fuentes de información	21
3.3. Variables.....	22
3.4. Instrumentos y métodos implementados	25
3.4.1. Delimitación del área en estudio	27
3.4.2. Parámetros morfométricos	27
3.4.3. Balance hídrico.....	28
3.4.4. Uso de suelo	38
3.4.5. Índice Hídrico.....	38

3.4.6. Gestión y participación ciudadana en el recurso hídrico.....	40
Capítulo IV. Resultados	45
A. Características generales	45
4.1. Parámetros morfométricos.....	45
4.2. Geomorfología.....	46
4.3. Suelos.....	48
4.4. Cobertura del suelo	50
4.5. Clima	54
1. Zona climática I.....	55
2. Zona climática II.....	55
3. Zona climática III	55
B. Caracterización hidrológica	57
4.6. Balance hídrico	57
4.7. Disponibilidad del recurso hídrico	71
4.8. Gestión del recurso hídrico: ASADAS y comunidad.....	75
4.8.1. Organizaciones encargadas de gestionar el recurso hídrico.....	75
4.8.2. Participación ciudadana ante la gestión del recurso hídrico	77
Capítulo V. Análisis y discusión de resultados	80
VI. Conclusiones	82
VII. Recomendaciones	83
VIII. Limitaciones	84
IX. Bibliografía	85
X. Anexos	93

Índice de tablas

Tabla 1: Análisis de las variables del objetivo específico 1.....	22
Tabla 2: Análisis de las variables del objetivo específico 2.....	23
Tabla 3: Análisis de las variables del objetivo específico 3.....	24
Tabla 4: Componentes del balance hídrico desde la metodología	29
Tabla 5: Estaciones meteorológicas	30
Tabla 6: Profundidad de cada horizonte del P1.....	34
Tabla 7: Profundidad de cada horizonte del P2.....	35
Tabla 8: Disponibilidad hídrica según índice de escasez.....	38
Tabla 9: Datos para obtener el Índice Hídrico	39
Tabla 10: Síntesis de los datos implementados en los balances hídricos.....	40

Tabla 11: Muestreo para la comunidad de Hacienda Vieja	42
Tabla 12: Muestreo para la comunidad de Cuatro Esquinas	42
Tabla 13: Parámetros morfométricos de las subcuencas en estudio	45
Tabla 14: Resultados del agua disponible y la LAD	48
Tabla 15: Subcuenca Quebrada Santo Domingo: uso del suelo, 2022.....	50
Tabla 16: Subcuenca Quebrada Salitral: uso del suelo, 2022.	51
Tabla 17: Subcuenca Quebrada Zúñiga: uso del suelo, 2022	52
Tabla 18: Zonas climáticas y Grupos Climáticos.....	54
Tabla 19: Pesos de las muestras del P1	97
Tabla 20: Pesos de las muestras del P2	97
Tabla 21: Resultados del índice de escasez para el área en estudio	98
Tabla 22: Percepción sobre la importancia y necesidad de la participación ciudadana ante el recurso hídrico.....	101

Índice de cuadros

Cuadro 1: Balance hídrico 1	59
Cuadro 2: Balance hídrico 2.....	60
Cuadro 3: Balance hídrico 3.....	61
Cuadro 4: Balance hídrico 4.....	62
Cuadro 5: Balance hídrico 5.....	65
Cuadro 6: Balance hídrico 6.....	66
Cuadro 7: Balance hídrico 7.....	67
Cuadro 8: Balance hídrico 8.....	68
Cuadro 9: Balance hídrico 9.....	70

Índice de mapas

Mapa 1: Subcuencas en estudio, Orotina, Alajuela.....	6
Mapa 2: Subcuencas: Quebrada Santo Domingo, Salitral y Zúñiga: geomorfología, 2022.	47
3 Mapa 3: Subcuencas: Quebrada Santo Domingo, Salitral y Zúñiga: tipo de suelos Gran Grupo, 2022.....	49
Mapa 4: Subcuencas: Quebrada Santo Domingo, Salitral y Zúñiga: uso del suelo, 2022.....	53
Mapa 5: Subcuencas: Quebrada Santo Domingo, Salitral y Zúñiga: zonas climáticas, 2023.....	56
Mapa 6: Subcuencas: Quebrada Santo Domingo, Salitral y Zúñiga: disponibilidad hídrica, 2023... ..	72
Mapa 7: Subcuencas: Quebrada Santo Domingo, Salitral y Zúñiga: oferta hídrica, 2023.	73
Mapa 8: Subcuencas: Quebrada Santo Domingo, Salitral y Zúñiga: demanda hídrica, 2023.	74

Índice de figuras

Figura 1: Actores clave	19
Figura 2: Etapas de la investigación.....	26
Figura 3: Perfil 1 (P1).....	33

Figura 4: Muestras del P1 en proceso de saturación	34
Figura 5: Perfil 2 (P2).....	35
Figura 6: Muestras del P2 en proceso de saturación	36
Figura 7: Ollas de Richard 15 y 5 bares	36
Figura 8: Porcentaje del uso del suelo, subcuenca Santo Domingo, 2022.....	50
Figura 9: Porcentaje del uso del suelo, subcuenca Quebrada Salitral, 2022	51
Figura 10: Porcentaje del uso del suelo, subcuenca Quebrada Zúñiga, 2022	52
Figura 11: Subcuencas Quebrada Santo Domingo, Zúñiga y Salitral: Índice Hídrico	54
Figura 12: Percepción del mantenimiento a la infraestructura hídrica en la comunidad de Hacienda Vieja	98
Figura 13: Percepción del mantenimiento a la infraestructura hídrica en la comunidad de Cuatro Esquinas	99
Figura 14: Grado de satisfacción en relación con la cantidad de agua que llega a las viviendas en la comunidad de Hacienda Vieja.....	99
Figura 15: Grado de eficiencia de la gestión que brinda la ASADA de Hacienda Vieja en relación con proporcionar agua potable a la comunidad.....	100
Figura 16: Grado de satisfacción en relación con la cantidad de agua que llega a las viviendas en la comunidad de Cuatro Esquinas	100
Figura 17: Grado de eficiencia de la gestión que brinda la ASADA de Pital-Centeno en relación con proporcionar agua potable a la comunidad	101
Figura 18: Participación individual en las actividades desarrolladas entre la Municipalidad de Orotina y la ASADA de Hacienda Vieja	101
Figura 19: Participación del grupo familiar en las actividades desarrolladas entre la Municipalidad de Orotina y la ASADA de Hacienda Vieja.....	102
Figura 20: Participación de los vecinos en las actividades desarrolladas entre la Municipalidad de Orotina y la ASADA de Hacienda Vieja	102
Figura 21: Interés percibido por la población ante el grupo familiar en cuanto a la contribución a la gestión del recurso hídrico en la comunidad de Hacienda Vieja	102
Figura 22: Involucramiento del grupo familiar ante la gestión del recurso hídrico en la comunidad de Hacienda Vieja	103
Figura 23: Interés percibido por la población ante su grupo de vecinos/as en cuanto a su contribución a la gestión del recurso hídrico en la comunidad de Hacienda Vieja	103
Figura 24: Involucramiento del grupo de vecinos/as en la gestión del recurso hídrico en la comunidad de Hacienda Vieja.....	103
Figura 25: Participación individual en las actividades desarrolladas entre la Municipalidad de Orotina y la ASADA Pital-Centeno	104
Figura 26: Participación del grupo familiar en las actividades desarrolladas entre la Municipalidad de Orotina y la ASADA Pital-Centeno	104
Figura 27: Participación de los vecinos/as en las actividades desarrolladas entre la Municipalidad de Orotina y la ASADA Pital-Centeno	104
Figura 28: Interés percibido por la población ante el grupo familiar en cuanto a la contribución a la gestión del recurso hídrico en la comunidad de Cuatro Esquinas.....	105

Figura 29: Involucramiento del grupo familiar en la gestión del recurso hídrico en la comunidad de Cuatro Esquinas.....	105
Figura 30: Interés percibido por la población ante su grupo de vecinos/as en cuanto a su contribución a la gestión del recurso hídrico en la comunidad de Cuatro Esquinas.....	106
Figura 31: Involucramiento del grupo de vecinos/as en la gestión del recurso hídrico en la comunidad de Cuatro Esquinas.....	106
Figura 32: Grado de interés reflejado en relación con la gestión del recurso hídrico por parte de la ASADA de Hacienda Vieja.....	107
Figura 33: Eficiencia de las medidas tomadas por la ASADA de Hacienda Vieja cuando hay periodos escasez al agua.....	107
Figura 34: Grado de satisfacción por la comunidad de Hacienda Vieja según el trabajo de gestión al recurso hídrico dado por la ASADA.....	108
Figura 35: Percepción de la comunidad de Cuatro Esquinas sobre el grado de interés por la gestión del agua por parte de la ASADA Pital-Centeno.....	108
Figura 36: Eficiencia de las medidas tomadas por la ASADA Pital-Centeno cuando ha habido periodos de escasez al agua.....	109
Figura 37: Grado de satisfacción por la comunidad de Pital-Centeno según el trabajo de gestión al recurso hídrico dado por la ASADA.....	109

Acrónimos

ASADAS: Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados.

AyA: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

ECG: Escuela de Ciencias Geográficas.

FPNU: Fondo de Población de las Naciones Unidas.

GIRH: Gestión Integrada del Recurso Hídrico.

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad.

IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.

IMN: Instituto Meteorológico Nacional.

INTA: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria.

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

OMM: Organización Meteorológica Mundial.

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

ProDUS: Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible.

SIG: Sistemas de Información Geográfica.

SNIT: Sistema Nacional de Información Territorial.

UNA: Universidad Nacional.

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Capítulo I. Problema y Justificación

1.1.Planteamiento del problema

El agua es un derecho humano al que se debe tener acceso garantizado. Cada gobierno tiene la responsabilidad de velar porque esto se cumpla, sin embargo, alrededor del mundo no se aplica de manera justa. En el Informe sobre Desarrollo Humano (PNUD, 2006) se acota que alrededor de 1.100 millones de personas carecen de acceso adecuado al agua y 2.600 millones no cuentan si quiera con servicios básicos de saneamiento en países desarrollados. Estas cifras hablan de una desconexión entre entender al agua como un derecho y lo catalogado como país desarrollado. Tras esta evidencia, es preocupante lo elevadas que son las cifras ya que al menos un tercio de la humanidad de alrededor de siete mil millones de personas (UNICEF, 2019) tiene dificultades de accesibilidad al recurso hídrico lo que les inhibe realizar sus actividades diarias con plenitud, perjudicando su salud y limitándolos a acceder a una buena calidad de vida.

América Central afronta una condición de escasez económica del agua determinada por varios ejes. Por un lado, existen inconvenientes por la imposibilidad de instalar la infraestructura necesaria para la distribución del recurso o a la potabilización del mismo. Además, se resalta la existencia de esta problemática debido al aumento de la contaminación del agua, lo que lleva a disminuir la capacidad de su uso. Por último, la incidencia que podría tener una gestión inadecuada por parte de las instituciones u organizaciones encargadas de administrar el recurso (Barrantes, 2005). Otros aspectos son la contaminación mediante químicos provenientes de actividades agrícolas o industriales (Alianza por el Agua, 2017). A esto se suma el aumento poblacional que está teniendo esta región lo cual repercute en un estrés hídrico creciente.

Costa Rica no es ajena a estos acontecimientos, según la UNESCO (2007) el país cuenta con acceso a fuentes eficientes de agua y con altos números en cuanto a la distribución, con un 99% en zonas urbanas y un 92% en zonas rurales. Con estos datos es posible determinar que existe un 8% de zonas rurales donde no se distribuye el recurso hídrico.

La problemática que se plantea a raíz de esta situación general, está relacionada con el 8% mencionado. Esto se debe a que, dentro de este dato, se encuentran las áreas a analizar en esta investigación, las cuales son las subcuencas de Quebrada Zúñiga, ubicada en la comunidad de Cuatro Esquinas, de Quebrada Santo Domingo y Quebrada Salitre, pertenecientes a la comunidad de Hacienda Vieja, ubicadas en el cantón de Orotina, de la provincia de Alajuela. Las anteriores están

categorizadas como zonas rurales y son espacios aledaños al centro del distrito de Orotina, los cuales reflejan la problemática de la falta de accesibilidad al recurso hídrico.

Esta problemática se ha evidenciado en la información que colecta el presente proyecto mediante las visitas de campo y la colección de información además de la comunicación con la ciudadanía local y con la Municipalidad de Orotina y las ASADAS de Hacienda Vieja y de Pital-Centeno.

Cabe resaltar como de parte de este Gobierno Local, no existe un análisis detallado sobre esta situación, es decir, la municipalidad conoce la situación sobre la falta de accesibilidad al agua, sin embargo, no ha desarrollado investigaciones en relación al tema para responder: ¿cuál es la accesibilidad al recurso hídrico en las subcuencas de Quebrada Zúñiga, de Quebrada Santo Domingo y de Quebrada Salitre?, ¿cuáles son los factores que influyen en la disponibilidad del recurso hídrico? y ¿qué funciones cumple la gestión por parte de las organizaciones e instituciones encargadas y la ciudadanía en la accesibilidad al agua para las áreas delimitadas?

A pesar de que no existen estudios sobre las subcuencas mencionadas, la Municipalidad de Orotina cuenta con el Informe de Hidrogeología que aporta datos sobre el cantón como parte del Plan Regulador. Este informe fungirá de apoyo para plantear un panorama general de la situación del recurso hídrico en el cantón. De este informe, se obtiene que el cantón de Orotina cuenta con la capacidad para extraer 18,667,7 m³ de agua por día, de esta extracción aproximadamente un 23% es de las aguas subterráneas, otro 23% de manantiales y por último un 53% de captaciones de ríos. De toda esta extracción, aproximadamente un 34% es destinado al consumo humano, un 58% al riego, un pequeño porcentaje del 4% es utilizado en actividades industriales o agropecuarias y, por último, solamente menos del 1% para fines turísticos (ProDUS, s.f.).

Asimismo, con la información de estos estudios se infiere que el cantón de Orotina se enfrenta a una situación adversa en relación con la extracción del agua, debido a que requiere de la extracción de tres veces más del caudal necesario para lograr satisfacer las necesidades de su población (ProDUS, s.f.). Por lo tanto, se presenta una situación imprescindible de ser analizada. De aquí parte la necesidad de realizar la presente investigación, para determinar el papel de los factores que inciden en la accesibilidad del agua en las comunidades mencionadas.

Es preciso mencionar que las ASADAS y el Acueducto Municipal de Orotina suplen a un 88% de las viviendas que se encuentran en este cantón, así como este acueducto extrae las aguas para la población orotinense desde el cantón de Turrubares (ProDUS, s.f.).

Por último, es importante resaltar que las comunidades aledañas al distrito Orotina son las más afectadas, ya que, en muchos casos, deben racionar el agua desde las 8:00 am hasta las 10:00 pm; en otros casos se raciona de dos a tres horas por día. El distrito central no registra esta problemática, debido a que se abastece por medio del Acueducto Municipal de Orotina. Cabe destacar que Turrubares cuenta con cinco manantiales para extraer el agua y tienen de 3000 a 3100 abonados en el distrito Orotina. (Comunicación personal, Ingeniero Forestal Adrián Laurent, Municipalidad de Orotina, 2016).

1.2. Justificación

Alrededor del mundo se requieren indagaciones científicas que permitan diagnosticar, caracterizar y analizar espacialmente la situación actual del agua, con el fin de proponer soluciones al encontrar problemáticas que impiden una utilización adecuada de este recurso. Estas posibles soluciones pueden permitir la utilización del agua desde un enfoque sostenible, es decir, tratando de alcanzar un equilibrio en la utilización de este recurso, la biodiversidad y los seres humanos (Ballester, et al. 2005). Por esto, esta investigación contribuye en el ámbito científico dando a conocer cuál es la accesibilidad y disponibilidad del recurso hídrico en las subcuencas de Quebrada Zúñiga, de Quebrada Santo Domingo y de Quebrada Salitre, específicamente para las comunidades de Hacienda Vieja y Cuatro Esquinas.

Dentro de las características físicas que presenta Costa Rica, se destacan dos vertientes, la del Pacífico y la del Caribe, asimismo posee 34 cuencas hidrográficas dentro de las cuales las precipitaciones oscilan entre los 1300 y 7500 mm anuales. Por estas condiciones que presenta el territorio costarricense, se estima que, aproximadamente, se dispone de 110.000 millones de m³ de agua, colocando al país como el que presenta la tasa de extracción per cápita más alta dentro de la Región de América Central (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, AyA. 2004). Por lo que el territorio costarricense, en términos hidrológicos, es un gran productor del recurso hídrico.

Para las subcuencas de Quebrada Zúñiga, de Quebrada Santo Domingo y de Quebrada Salitre existen comunidades vulnerables en cuanto la accesibilidad del recurso hídrico (comunicación personal, Ingeniero Forestal Adrián Laurent, Municipalidad de Orotina, 2016 y ProDUS, s.f). Sin embargo, no existen estudios que permitan conocer cuál es la incidencia de factores como disponibilidad, gestión y participación ciudadana en la accesibilidad al recurso hídrico. Por lo tanto, este trabajo pretende brindar datos cuantitativos y cualitativos para determinar la accesibilidad,

disponibilidad y los factores que inciden en tal accesibilidad y, a partir de ellos, proponer soluciones para mejorar la situación que viven las comunidades.

Uno de los problemas es que son escasas las investigaciones sobre el tema, por lo que existe un desconocimiento de información que es necesaria para compartir, discutir e involucrar a las comunidades y que estas comprendan la situación y se busque una solución a la problemática de accesibilidad del recurso hídrico. Por lo que, mediante la presente investigación se pretende generar información para que las comunidades conozcan las condiciones de accesibilidad al recurso hídrico, cómo funciona la dinámica asociada al servicio del agua y los procesos que se tienen que llevar a cabo para que este bien fundamental llegue a sus viviendas.

Consiguientemente, se ha considerado que la relevancia de esta investigación radica en el conocimiento acerca de las condiciones de accesibilidad y disponibilidad del recurso hídrico en las subcuencas de Quebrada Zúñiga, Quebrada Santo Domingo y Quebrada Salitre, siendo un insumo necesario para la toma de decisiones en materia del ordenamiento territorial para una mejor distribución de este recurso.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- a. Analizar la accesibilidad al recurso hídrico en las subcuencas de Quebrada Zúñiga, Quebrada Santo Domingo y Quebrada Salitre a partir del estudio de los factores de disponibilidad y gestión como insumos relevantes del ordenamiento del territorio.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Determinar la disponibilidad del recurso hídrico en las subcuencas de Quebrada Zúñiga, Quebrada Santo Domingo y Quebrada Salitre a partir del análisis del comportamiento hidrológico.
- b. Analizar la gestión que brindan las organizaciones e instituciones encargadas del recurso hídrico en las subcuencas de Quebrada Zúñiga, de Quebrada Santo Domingo y de Quebrada Salitre.
- c. Caracterizar la participación ciudadana en relación con la eficiente gestión del recurso hídrico en las subcuencas de Quebrada Zúñiga, Quebrada Santo Domingo y Quebrada Salitre.

1.4.Localización del área de estudio

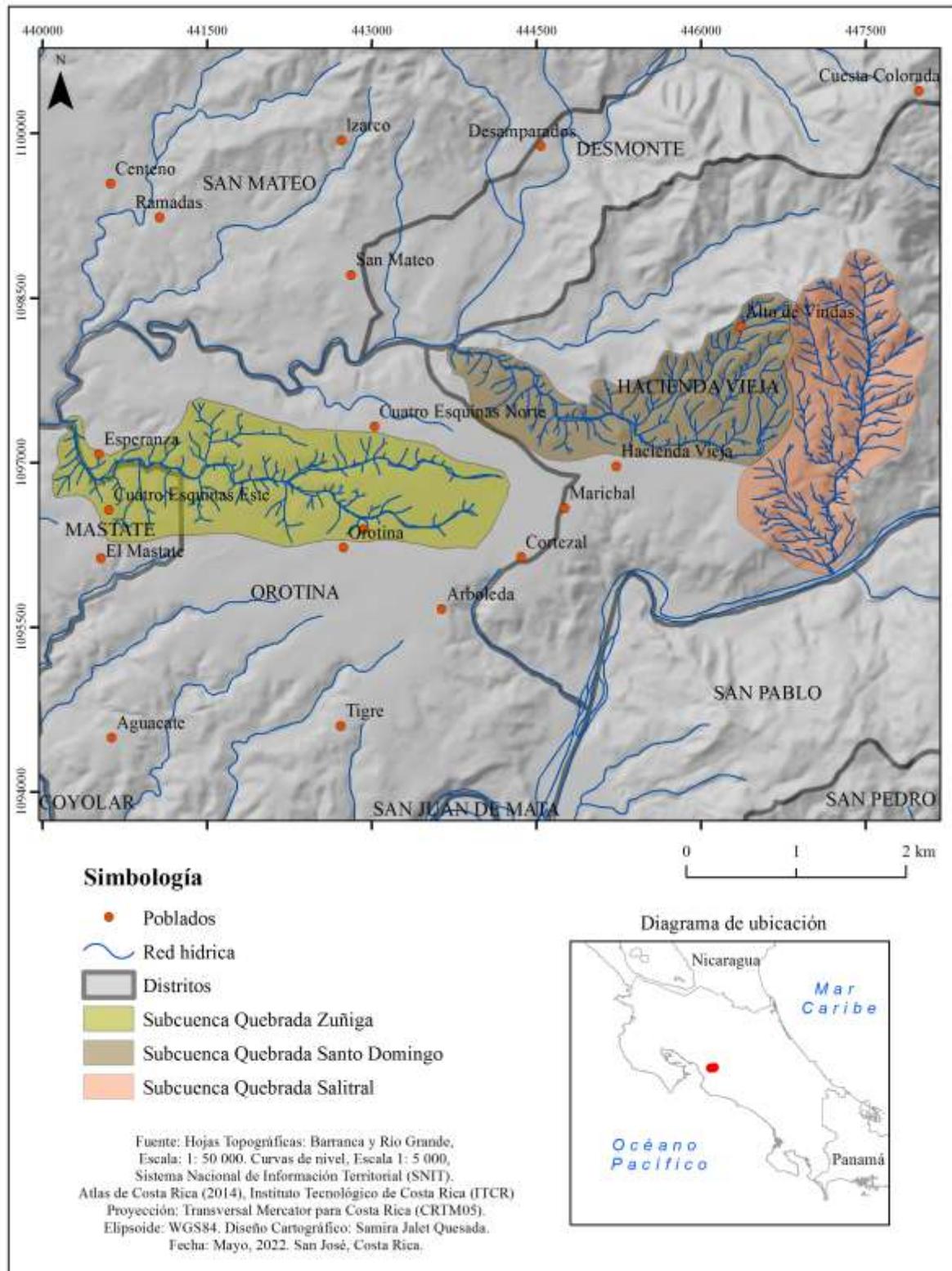
Las subcuencas en estudio: Quebrada Zúñiga, Quebrada Santo Domingo y Quebrada Salitre se ubican en el cantón de Orotina, provincia de Alajuela. En relación a su ubicación distrital, la primera pertenece a Orotina y Mastate, y la segunda y tercera a Hacienda Vieja.

En las Hojas Topográficas del Instituto Geográfico Nacional, escala 1: 50 000, la subcuenca de Quebrada Zúñiga se encuentra en Barranca (N° 3245-I) y Río Grande (N° 3345-IV) y la subcuenca de Quebrada Santo Domingo y subcuenca de Quebrada Salitre en la hoja Río Grande (N° 3345-IV).

Las coordenadas geográficas correspondientes para la subcuenca de Quebrada Zúñiga son: latitud 9° 55' 26" N, longitud 84° 32' 43,61"O, latitud 9° 55' 7,24"N, longitud 84° 30' 28, 35"O, latitud 9° 55' 32,82"N, longitud 84° 32' 3,07"O y latitud 9° 54' 48,66"N, longitud 84° 31' 36,85"O. Para la subcuenca de Quebrada Santo Domingo son: latitud 9° 55' 48,65"N, longitud 84° 30' 46,96"O, latitud 9° 55' 49,96" N, longitud 84° 29' 5,18"O, latitud 9° 55' 16,5"N, longitud 84° 29' 58, 9"O y latitud 9° 55' 38,29"N, longitud 84° 30' 3, 36"O. Para la subcuenca de Quebrada Salitral son: latitud 9° 55' 26,10"N, longitud 84° 31' 38,46"O, latitud 9° 54' 50,14"N, longitud 84° 31' 41,54"O, latitud 9° 55' 2,7"N, longitud 84° 30' 31,83"O, latitud 9° 55' 14,24"N, longitud 84° 32' 45,04"O.

La extensión aproximada de la subcuenca Quebrada Zúñiga es de 3,78 km², mientras que para la subcuenca Quebrada Santo Domingo es de 2,66 km² y para la subcuenca Quebrada Salitral es de 2,86 km². (Ver mapa 1)

Mapa 1: Subcuencas en estudio, Orotina, Alajuela.



Capítulo II. Marco teórico

El presente capítulo expone la discusión teórica de conceptos pertinentes al ámbito de esta investigación, centrándose en la accesibilidad y disponibilidad al recurso hídrico, la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH), el método del balance hídrico, así como una breve descripción de los parámetros morfométricos para el análisis de las subcuencas, la participación ciudadana y las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados (ASADAS).

2.1. Accesibilidad y disponibilidad del recurso hídrico

El recurso hídrico es vital para el desarrollo de la vida en el planeta. Los seres humanos utilizan este en mayor cantidad que las demás especies, y la mayoría de las veces lo hacen de una manera insostenible, irracional e inequitativa con los demás seres humanos y especies (Preston, 1994). Desde un enfoque social, es necesario tener accesibilidad y disponibilidad a este recurso para contar con una buena calidad de vida. Los conceptos de accesibilidad y disponibilidad suelen confundirse. La accesibilidad hace referencia a dos aspectos: a las instalaciones de los acueductos y demás infraestructura hídrica la cual es necesaria para la distribución del agua en las viviendas, comercios y demás, y a los servicios del agua brindados por el Gobierno o una organización a las personas (Plaza, s.f.). La disponibilidad hace referencia a aspectos físicos propios de las cuencas hidrográficas en la Tierra, es decir, de cuánta agua dulce se dispone para el consumo humano (Organización Meteorológica Mundial, OMM y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO, 1997).

El agua es un bien social, sin este recurso las sociedades instaladas en un espacio determinado se ven perjudicadas en relación con sus modos de vida y a su bienestar. La humanidad ha actuado de manera irracional ante la utilización de este recurso, lo cual ha acrecentado su deterioro, tanto en cantidad como en calidad, lo que ha conllevado a vulnerar su disponibilidad y accesibilidad. Se considera que el factor principal que ha causado a este daño es el desarrollo de actividades económicas. Ello se relaciona estrechamente con el modo de producción capitalista, en donde las actividades económicas se acrecientan y el agua es utilizada para casi todas estas labores, por lo que conlleva a una distribución inequitativa del recurso, por lo que muchas personas, principalmente en los países en vías de desarrollo, se ven perjudicadas y no cuentan con las condiciones adecuadas para el acceso al agua o del todo no lo tienen. Asimismo, en dichas actividades no solo se requiere

gran cantidad del recurso hídrico, sino que muchas generan una alta contaminación de la misma (Barrantes, 2005 y Preston, 1994).

Otro factor que influye en la accesibilidad al recurso hídrico es la localización geográfica de las comunidades. Dentro de esta variable se relaciona el concepto de disponibilidad al recurso hídrico debido a que las condiciones físicas naturales de las cuencas hidrográficas influyen en determinar si en un lugar las sociedades tendrán accesibilidad al agua o no. Cabe resaltar que la disponibilidad es desigual en el planeta, muchas comunidades se encuentran más limitadas que otras en relación a la obtención del recurso, por lo que este tema ha sido de controversia a nivel internacional para evaluar posibilidades de aminorar tal problemática (Pérez, 2011).

La disponibilidad del recurso hídrico disminuye con los años, el aumento poblacional incrementa el problema, sin embargo, el principal detonante de la falta de accesibilidad radica en la inequitativa distribución del mismo, resultado del mundo consumista actual. Teniendo presente la falta de accesibilidad al agua y la importancia de ella para el bienestar y la vida digna de las sociedades; los gobiernos, entes u organizaciones encargadas de velar por este recurso, deben de tomar medidas pertinentes para optimizar el acceso al agua (Gómez, 2005).

La totalidad del recurso hídrico existente en la Tierra no es completamente consumible para la humanidad, solo una pequeña parte lo es. Este se desglosa de la siguiente manera: un 3% del agua dulce en el planeta es utilizada para el consumo humano, el restante 97% se encuentra disponible en los océanos y es salada por lo que su consumo es prácticamente imposible (Gómez, 2005). Sin embargo, hay un 2,5% del agua dulce en el planeta, del cual un 1,5% está congelado o en los suelos, lo que queda restando un 1% que es el dato correspondiente al consumo humano (Tazi, 1999). A pesar del cambio en estos tres datos se mantiene un rango similar entre lo posible consumido por el ser humano.

Cabe resaltar que la accesibilidad y la disponibilidad del recurso hídrico están relacionadas, debido a que, sin disponibilidad de este, no habrá accesibilidad. Aunque en muchos casos, esto sí se puede dar debido a factores económicos. Khalfan (2005) menciona que “el derecho al agua para todos [y todas] significa que los gobiernos tienen que dar prioridad a garantizar que todas las personas tengan acceso a servicios de agua adecuados, utilizando los recursos de agua disponibles” (2005, p. 1).

Claro está que, según los autores consultados, los gobiernos e instituciones encargadas de gestionar el recurso hídrico tienen la responsabilidad de velar por que la ciudadanía tenga acceso a este. Sin

embargo, cabe resaltar que debe existir una responsabilidad por parte de los usuarios para tratar este recurso tan preciado con respeto, protección y conservación. Es decir, la administración pública no es la única responsable de la administración del recurso, debido a que existe la organización comunal que debe estar comprometida con el manejo del recurso hídrico (Khalfan, 2005).

Para finalizar este apartado, un aspecto de gran importancia que está estrechamente relacionado con el ordenamiento territorial es la urbanización, la cual será posible sólo si el espacio determinado cuenta con la accesibilidad al recurso hídrico. Es decir, si estudios preliminares demuestran que en el área a urbanizar existe el agua necesaria para solventar las necesidades de las personas (Evaluación de Recursos Naturales S.A., 1998)

Los proyectos a desarrollar deben contar con la capacidad para adecuar el espacio con el fin de distribuir el agua a las viviendas. Por lo que una zona al poseer la capacidad de acceder al recurso hídrico será apta para el desarrollo urbanístico. De esto se resalta que en zonas especialmente las rurales, al tener dificultad de acceso al recurso hídrico, deben de organizarse para acceder de manera eficiente a este, debido a que es complejo que las instituciones se involucren. (Evaluación de Recursos Naturales S.A., 1998)

Lo anterior, se refleja en la participación por parte de las ASADAS en las áreas rurales, las cuales están a cargo en gran porcentaje de la administración del recurso hídrico, esto en contraste con las zonas urbanas. De esto se deduce que el desarrollo en cuanto el recurso hídrico está acaparado por las áreas más pobladas y por esta dinámica se da más importancia a problemas donde existe mayor concentración poblacional en centros urbanísticos. (Evaluación de Recursos Naturales S.A., 1998)

Asimismo, al existir un acelerado crecimiento poblacional se debe activar una gestión de ordenamiento territorial, pues, al aumentar la población también lo hará la construcción de infraestructura, lo que requiere de una planificación. Si esto no se realiza se genera el riesgo de una manipulación de las aguas residuales y de los desechos sólidos que puede provocar problemas de contaminación, perjudicando la calidad del recurso hídrico y repercutiendo negativamente en las sociedades humanas y en la biodiversidad (Rivas, 2013).

2.2. Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH)

Para que las sociedades tengan accesibilidad al recurso hídrico, satisfaciendo sus necesidades básicas de subsistencia, se requiere de la gestión de este recurso por parte de organizaciones o

instituciones privadas o estatales. Dicha gestión apoya a un desarrollo social y económico de la humanidad (Ballesteros, 2013 y Orozco, 2015).

Como parte de esta gestión óptima del agua ha surgido la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH), la cual cuenta con una serie de principios dentro de los cuales se destaca que el recurso hídrico, al ser limitado e indispensable para la subsistencia de la vida en la Tierra, requiere de una gestión eficiente, de un trabajo en equipo integrado y multidisciplinario. Esto, con el fin de proteger y utilizar de manera racional y sostenible este recurso para lograr un equilibrio entre la naturaleza y la humanidad. Asimismo, la GIRH requiere de la participación activa de los ciudadanos y ciudadanas para el aprovechamiento de manera sostenible del agua (Cerdas, 2011 y Orozco, 2015).

La GIRH hace referencia a promover un manejo y desarrollo sostenible del recurso hídrico, enfocándose en fortalecer el bienestar en aspectos económicos, sociales y ambientales, tratando de alcanzar un equilibrio entre la humanidad y la naturaleza (Cerdas, 2011 y Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, Cap-Net, Global Water Partnership y PNUD, 2005).

Cabe destacar que la GIRH no sólo trata de gestionar adecuadamente el agua, sino que también incluye el manejo sostenible de la tierra y de los recursos relacionados con el fin de alcanzar un bienestar social y económico. Esto tiene relación debido a que, para tener agua, se requiere la protección de los demás recursos naturales, tal como la vegetación, debido a que esta tiene un papel indispensable en la preservación del recurso hídrico (Cerdas, 2011).

Asimismo, la GIRH insta a que el agua sea gestionada desde un enfoque integral sostenible. Es decir, se debe entender al agua como un elemento fundamental, que engloba diferentes factores territoriales y une, indirecta o directamente, a las sociedades, por lo que requiere de esta gestión integral desde un enfoque sistémico sostenible (Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, Cap-Net, Global Water Partnership y PNUD, 2005)

Uno de los objetivos de la GIRH es crear conciencia en las personas sobre la utilización racional del agua, con lo que se da paso a mejores acciones y buenas prácticas en el futuro en relación al recurso hídrico, las cuales pueden relacionarse a otras actividades, como por ejemplo la agricultura y la ganadería (Cerdas, 2011).

Es preciso resaltar que existen metodologías que funcionan como apoyo a la GIRH, como, por ejemplo, el balance hídrico, el cual se caracteriza por ser una herramienta de gestión y planificación

óptima y necesaria del recurso hídrico (Astorga, 2007). Igualmente, la participación ciudadana tiene un papel importante en la GIRH. Es relevante indicar que ambas variables son parte fundamental del desarrollo de la presente investigación.

Al realizar eficientemente una adecuada GIRH se disminuyen las problemáticas en relación al agua, principalmente las relacionadas con la gestión de este recurso los cuales generan otras situaciones adversas, como, por ejemplo: su uso irracional, el desarrollo de múltiples tipos de contaminación de agua, la falta de acceso, la distribución inequitativa a las comunidades, entre otros (Echeverría y Cantillo, 2013 y Preston, 1994).

Asimismo, la GIRH aplicada de una manera eficiente sobre el territorio permite alcanzar un equilibrio entre la humanidad y la naturaleza, una adecuada utilización de los recursos naturales, trayendo consigo ventajas para las sociedad (Bureau International des Expositions, 2004)

La GIRH es una metodología de trabajo eficiente, la cual funciona como base de manejo necesaria y que da inicio para crear nuevos métodos de trabajo para gestionar eficientemente el recurso hídrico. Incorporar la variable participativa de las comunidades permite crear nuevas prácticas en las futuras generaciones, debido a que están se abre la posibilidad de involucrarlas constantemente en la gestión del recurso hídrico para protegerlo, conservarlo y aprovecharlo de la mejor manera desde un enfoque integral y sostenible (Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, Global Water Partnership y PNUD, 2005. Bureau International des Expositions, 2004).

2.3. Balance hídrico

El balance hídrico, según Delgado y Villegas (2013) es el equilibrio entre los ingresos de agua en el sistema hídrico (precipitación) y las salidas (pérdidas) por medio de la evapotranspiración, recarga de aguas subterráneas y del caudal.

Según lo propuesto por Thornthwaite y Mather (1955) dicho balance realiza la contabilización de la cantidad de agua que existe en el suelo, por lo que implicará la vinculación entre el agua que ingresa y la que se sale dentro de un espacio determinado. Puede este espacio delimitarse por medio de la división espacial de cuencas hidrográficas y es, esta delimitación geográfica, la más óptima y objetiva para la aplicación del método del balance hídrico, esto se debe a que es una delimitación natural del espacio y no una fragmentación geográfica de carácter político-administrativo, la cual

para cuestiones físicas no es de relevancia y no es funcional por lo que la aportación de los resultados no sería útil (Aguirre, 2011).

Asimismo, permite “hacer una evaluación cuantitativa de los recursos de agua y sus modificaciones por influencia de las actividades del hombre [y mujer] (...) ayuda en la predicción de las consecuencias debidas a cambios artificiales en el régimen de ríos, lagos y cuencas subterráneas” (Sokolov y Chapman, 1981). Este es una herramienta de gestión que abre paso al uso racional del agua y la mejora de su distribución en las comunidades (Sokolov y Chapman, 1981). Da la oportunidad de conocer la situación actual del recurso hídrico en la cuenca en términos de disponibilidad, dando a conocer cuáles son las entradas y salidas del agua en dicho espacio (Rodríguez, 2009). Al tener los resultados, se facilita la toma de decisiones en el territorio para mejorar la situación actual de la cuenca, fortaleciendo el bienestar de los y las habitantes y la naturaleza. Por lo que es una herramienta eficiente para trabajar con la GIRH y demás proyectos e investigaciones las cuales estén relacionadas con el recurso hídrico, como lo es la presente investigación.

A partir de la breve definición expuesta sobre el balance hídrico surge la interrogante sobre ¿cuál es la importancia de la aplicación del balance hídrico en un determinado espacio geográfico por medio de una investigación científica?

Parte de los beneficios que se derivan de la aplicación del balance hídrico para la comprensión local y regional de un área en estudio determinada son: (1) permitir una mejor comprensión e interpretación del ciclo hidrológico (Rosell y García, 2008), (2) comparar dos o más espacios geográficos en términos de la dinámica hídrica con el objetivo de plantear nuevas interrogantes o problemas de investigación, ampliando los horizontes de estudio y enriquecer el conocimiento en esta temática (Morejón, *et. al.*, 2015). Por último, (3) es un método por medio del cual se demuestra la importancia de la biodiversidad – ecosistemas (flora y fauna) que acunan las cuencas hidrográficas y, por ende, su preservación para el agua (Montoya y Carvajal, 1998 y López, Castro y Camas, 2014). Por lo que, a partir de los ecosistemas, que dinámicamente se desenvuelven en las cuencas hidrográficas, se derivan beneficios ecosistémicos, como la producción activa del recurso hídrico, una regulación hidrológica, y una adaptación a la variabilidad climática (Pacha, 2014 y Coral, García y Leal, 2015).

Además, las cuencas hidrográficas cumplen un papel de servicio a los diferentes grupos humanos y regulan los ecosistemas del planeta (López, Castro, Camas, 2014). Por lo que, es posible afirmar que

se requiere de un enfoque de cuencas para una gestión objetiva del recurso hídrico en el espacio geográfico. En relación con esto, los elementos sociales que forman parte de las cuencas hidrográficas requieren necesariamente de una adecuada gestión para la preservación del recurso hídrico, que permita a los grupos humanos la obtención del agua potable, de electricidad y del patrimonio cultural paisajístico (Montoya y Carvajal, 1998).

Por último, al implementar esta metodología se conseguirá resultados que permitirán visualizar el panorama de la situación hídrica en un determinado espacio y, a partir de los resultados, abrir paso a la propuesta de soluciones que tienen el fin de permitir la convivencia sostenible, un equilibrio equitativo para los grupos sociales y la flora y fauna instalados en las cuencas hidrográficas, todo ello desde un enfoque relacional y sistemático el cual incluya la acción dinámica entre actores gubernamentales y las comunidades. (Montoya y Carvajal, 1998 y López, Castro y Camas, 2014)

2.4. Parámetros morfométricos

Asimismo, para tener una ampliada caracterización del aspecto físico-geográfico de las subcuencas en estudio, el cálculo de los parámetros morfométricos permite construir una visualización aproximada de la relación entre la cuenca hidrográfica y la hidrología. Son herramientas cuantitativas que facilitan el análisis de las características cualitativas para comprender el comportamiento hidrológico de dicho espacio. Vidal-Abarca, Montes, Suárez y Ramírez-Días (1987) mencionan que diversos teóricos (as) han concordado en estipular que el sistema fluvial de las cuencas hidrográficas está influenciado por los drenajes y por los diversos procesos dinámicos que condicionan su forma, por ello, para comprender esta relación, es preciso establecer parámetros que permitan medir variables de interés para analizar e interpretar dicho comportamiento dinámico de las cuencas.

2.5. Participación ciudadana

Para la presente investigación se decide, a parte de las variables físicas del comportamiento hidrológico y de la gestión por parte de las instituciones y las organizaciones en relación al recurso hídrico, incluir el papel que juega la participación ciudadana dentro de la gestión del agua en las determinadas subcuencas en estudio. Esto debido a dos razones: en primer lugar, al ser un trabajo geográfico requiere de la vinculación de los aspectos físicos y sociales que se dan en un espacio, la presente investigación lleva el gran peso de la parte física de la geografía, debido al método utilizado -balance hídrico-, por lo que se planteó como un objetivo el aspecto social en relación al

físico, el cual pretende responder a ¿cuál es la participación ciudadana que se da en las comunidades de Hacienda Vieja y de Cuatro Esquinas, pertenecientes a las subcuencas Quebrada Zúñiga, Quebrada Santo Domingo y Quebrada Salitre en relación con la gestión del recurso hídrico?

Dada la justificación de la importancia de la participación ciudadana para la presente investigación, es pertinente definir a lo que hace referencia. Dentro de la revisión bibliográfica para este concepto es difícil encontrar uno preciso, es decir, en su mayoría se hace alusión a diferentes escenarios dependiendo de los contextos a los cuales refieran, pero se tratan de incluir aquellos más afines a la investigación. Iniciando con lo establecido por Espinal (2010) y Pérez y Ortiz (2013), los cuales mencionan que la participación ciudadana involucra el diálogo y la comunicación entre las partes interesadas dentro de un determinado proyecto, resaltando que los y las ciudadanas tienen el derecho a estar informados, así como a brindar su opinión, ser partícipes activos de los proyectos y que ellos y ellas mismos (as) sean tomados en cuenta para la toma de decisiones, además de su opinión. Tal aproximación a lo que refiere la participación ciudadana para esta investigación es funcional, debido a que involucra necesariamente un determinado proyecto ligado a la activa participación de las personas relacionadas, dicho proyecto se visualiza como el de gestionar de manera óptima el recurso hídrico y las partes interesadas -partícipes activos- son los y las ciudadanas, que, como bien se confirma de manera preliminar, sí los hay.

Lo propuesto por Solano y Galván (2014) en relación a la participación ciudadana, indica que “la intervención ordenada de la ciudadanía en los asuntos de carácter público a través de expresiones y prácticas que generan alternativas de solución incidiendo en la gestión pública” (p. 249), abre paso a otra perspectiva de lo que implica la participación ciudadana, y es que esta puede verse, para el caso de las subcuencas en estudio, por medio de la implementación exitosa de las ASADAS, una manera consolidada de la acción social dentro de la gestión del recurso hídrico.

Cabe resaltar que, de las ASADAS se derivan otros factores a analizar, como principal: la centralización por parte de las instituciones gubernamentales, la cual ha propiciado un abandono de la periferia, por lo que algunos los habitantes de esas zonas se han visto obligados a ejercer su propia acción para la resolución de diferentes problemáticas. En este caso, la accesibilidad al recurso hídrico y esa solución ha sido la creación y consolidación de las ASADAS para algunas partes del territorio costarricense, principalmente en los espacios rurales.

Por último, Benavides y Segura (2013) plantean que dicho tipo de participación es fundamental para diversos trabajos con relevancia social, debido a que conocer lo que los ciudadanos y las ciudadanas

piensan es clave fundamental para el éxito de cualquier plan o proyecto implementado en una determinada comunidad. Por eso, también es de suma importancia saber cuál es la población con la que se está trabajando, cómo planifican y cómo se desenvuelven en su territorio. En lo último mencionado es en donde esta investigación aspira a construir, debido a que no se conoce la dinámica de accionar de los y las ciudadanas ante la gestión del agua.

2.6. Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados (ASADAS)

Para esta investigación es importante resaltar a las Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados (ASADAS), debido a que forman parte de las organizaciones comunales encargadas de gestionar el recurso hídrico en las áreas de estudio. Estas, son organizaciones comunales respaldadas por ley, las cuales están focalizadas en distribuir de manera óptima el recurso hídrico en las comunidades, siendo cada una de ellas la encargada de esta tarea (González y Jiménez, 2013).

Asimismo, surgen como dependencia del AyA y parten de la necesidad de hacer cumplir el derecho humano del acceso al agua, haciendo llegar el recurso a las determinadas comunidades en donde el AyA o las municipalidades no pueden llevarlo. Esto en parte por conveniencia, debido a que hay lugares en los cuales la accesibilidad es difícil y asignar la responsabilidad de distribuir el recurso hídrico a las comunidades a otra entidad respaldada con ley puede ser ventajoso. Sin embargo, para muchos casos funciona mejor la ASADA que el mismo AyA, gracias a la fuerte organización comunal unida trabajando por el bienestar de la común (González y Jiménez, 2013 y Monge, Paz y Ovares, 2013).

Las ASADAS en Costa Rica cuentan con el respaldo de la Ley de Asociaciones Administradoras de Acueductos Comunales, la cual menciona que “los acueductos comunales de Costa Rica requieren una ley marco propia que garantice la autonomía y sostenibilidad de las asociaciones administradoras para que puedan fortalecer su gestión y así impulsar el desarrollo, la salud y el bienestar de sus comunidades” (Ley de Asociaciones Administradoras de Acueductos Comunales, 2011, p. 4). Esta ley es de suma importancia, dado que defiende y respalda el trabajo realizado por las mismas comunidades, las cuales se organizan y hacen lo que tengan a su alcance para distribuir de la mejor manera el recurso hídrico a las comunidades respectiva.

Para Costa Rica la formación de las ASADAS ha sido de gran importancia, debido a que es una organización descentralizada para gestionar el recurso hídrico y, a pesar de las muchas limitantes y retos que tienen día a día, logran un bienestar social en relación al agua en las determinadas

comunidades donde se encuentran. Como parte de las labores asignadas a las ASADAS se encuentra la instalación de acueductos y alcantarillados: en cuanto al primero se encargan de distribuir el recurso hídrico desde una fuente, la cual puede ser una naciente, un río o un pozo, hasta las comunidades. Mientras que con el segundo tienen la función de recolectar las aguas residuales y llevarlas a un punto de tratamiento (Ley de Asociaciones Administradoras de Acueductos Comunales, 2011).

Efectivamente, muchas no cuentan con la capacidad de llevar un acueducto de manera exitosa, aunque el AyA tenga la responsabilidad de brindar estas capacitaciones. Lo anterior, se debe a la dependencia de las ASADAS con respecto al AyA (Monge, Paz y Ovares, 2013).

Algunos datos en Costa Rica sobre las ASADAS es que “existen más de 1500 entes operadores de acueductos comunales que en total abastecen a casi el treinta por ciento (30%) de la población nacional. Más de 1100 acueductos comunales están a cargo de asociaciones administradoras” (Ley de Asociaciones Administradoras de Acueductos Comunales, 2011, p.1). Esto refleja un trabajo en equipo desde un enfoque sostenible e integral y demuestra que esta forma de organización y gestión del agua en la mayoría de los casos es exitosa, alcanzando un bienestar social en las comunidades.

Para finalizar este apartado, se destaca que las ASADAS juegan un papel importante en la gestión y distribución del recurso hídrico en gran parte del país. Realizan, en la mayoría de los casos, un trabajo eficiente que logra cumplir los objetivos y metas de la distribución del recurso hídrico. Es necesario y urgente que cuenten con el apoyo requerido por parte del gobierno para que puedan realizar sus labores de la manera más adecuada, por ejemplo, que se les brinden las capacitaciones necesarias en relación con la mejor gestión del recurso hídrico, fomentado así la creciente gestión del recurso hídrico por parte de los y las habitantes de las determinadas comunidades (Ley de Asociaciones Administradoras de Acueductos Comunales, 2011 y Monge, Paz y Ovares, 2013).

Capítulo III. Metodología

Este capítulo, se centra en exponer y detallar la metodología implementada para el desarrollo de este trabajo, iniciando con una descripción en cuanto al paradigma y enfoque, así como las características principales de la investigación. Seguidamente, se discuten los sujetos y las fuentes primarias a implementar. Se incluye la segmentación de las variables según los objetivos específicos de investigación, con el fin de identificarlas adecuadamente y estructurar los pasos metodológicos pertinentes para dar respuesta a los objetivos.

Por último, se integran los instrumentos y métodos implementados, lo que incluye la descripción de cada uno, sus fórmulas y la justificación de su uso. En este último apartado se presenta lo correspondiente a la delimitación del área de estudio, parte de la cartografía, los parámetros morfométricos, lo necesario para el método del balance hídrico, datos meteorológicos y edafológicos, la obtención de los usos de suelo, las zonas climáticas y la caracterización de la gestión y participación ciudadana en relación con el recurso hídrico.

3.1. Paradigma, enfoque y tipo de investigación

3.1.1. Paradigma

Esta investigación se desarrolla bajo el paradigma positivista, denominado empírico analítico o racionalista. Ello debido a: el interés de la misma es brindar explicaciones sobre la accesibilidad al recurso hídrico de las subcuencas Quebrada Zúñiga, Quebrada Santo Domingo y Quebrada Salitre, busca la relación causa-efecto de las variables físicas y sociales de dichas subcuencas, existe un predominio de las técnicas cuantitativas y el análisis de los datos obtenidos, el diseño de la investigación está estructurado y detallado, lo cual es necesario para el procesamiento e interpretación de los datos y, por último, las variables utilizadas son operativizables (Comte, Mill, Durkheim y Popper, siglos XVIII, XIX y XX, citados por Barrantes, 2014).

3.1.2. Enfoque

La presente investigación se realiza dentro del enfoque mixto, denominado también integrativo y múltiple, es decir, cualitativo y cuantitativo a la vez. Este enfoque implica la recolección, la integración, la comprensión y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos para brindar explicaciones sobre las variables a investigar, denominándose también triangulación de datos. Por lo tanto, las técnicas implementadas durante el proceso de recolección de datos y su procesamiento

partirán de ambos enfoques (Brinberg y McGrath, 2004, Chen y Johnson *et. al.*, 2006, Hernández y Mendoza, 2008, citados por Hernández, Fernández y Baptista, 2010, citados por Barrantes, 2014).

3.1.3. Tipo y características de la investigación

Según la finalidad esta investigación es de tipo aplicada, es decir, Geografía Aplicada para la búsqueda de explicaciones a la problemática planteada y elaborar propuestas como soluciones, por ende, no se enfoca en brindar un fundamento teórico (Arnal, Rincón y Latorre, 1994)

El alcance temporal es de estudios transversales, por lo que se enfoca en una determinada problemática que ocurre en un momento dado, en un mismo espacio geográfico (Barrantes, 2014). Es decir, que la accesibilidad al recurso hídrico para las subcuencas Quebrada Zúñiga, Quebrada Santo Domingo y Quebrada Salitre presenta actualmente dificultades, por lo cual es motivo de ser estudiada (comunicación personal, Ingeniero Forestal Adrián Laurent, Municipalidad de Orotina, 2016).

Según el objetivo general, la presente investigación es explicativa, dado que explica la problemática de accesibilidad al recurso hídrico para las subcuencas en estudio, asimismo las relaciones e intervenciones que engloban este fenómeno, como lo son la disponibilidad, la gestión -instituciones u organizaciones- y las comunidades. Resaltando que esta explicación pretende realizar propuestas para los actores involucrados, facilitando así la toma de decisiones espaciales, puesto que proporciona datos, análisis y propuestas correspondientes a la problemática (Barrantes, 2014).

Asimismo, requiere tanto del trabajo de campo como del laboratorio. El trabajo de campo es fundamental para la recopilación de los datos requeridos para la investigación, la interacción con las comunidades y los diferentes actores claves son indispensables para el desarrollo de la misma. Se necesita del laboratorio para el procesamiento de los datos obtenido a través del trabajo de campo y fuentes bibliográficas (Barrantes, 2014).

3.2. Sujetos y fuentes de información

3.2.1. Sujetos o actores clave

Los actores clave en el área de estudio funcionan como fuentes de información primaria indispensables, dentro de ellos se destacan:

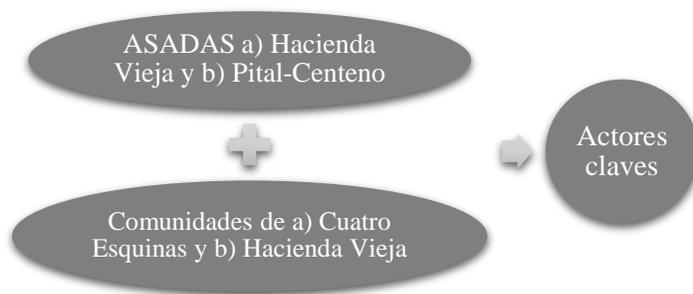


Figura 1: Actores clave

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 2018-2022.

3.2.2. Participación ciudadana ante la gestión del recurso hídrico

Los resultados indican que la comunidad participa constantemente en la gestión del recurso hídrico (ver anexo 6), se puede prevenir problemas en relación tanto al acceso como a la disponibilidad, ya que sus miembros saben lo que está aconteciendo en su propio contexto, por lo que sus propuestas de soluciones serán coherentes con las necesidades del problema a resolver.

Asimismo, las comunidades indican que el participar activamente en el marco de esta gestión, permite que estén informadas, dado que pueden aprender y actualizar sus conocimientos previos. Así, con los aprendizajes adquiridos por medio de la participación e involucramiento en la gestión del recurso hídrico amplían sus saberes, tanto a nivel personal como a nivel local. Esto, a su vez, puede repercutir favorablemente en la actualidad y para las futuras generaciones, destacando, principalmente, la relevancia de la información con el fin de saber cuál es el estado del agua, identificando la eventualidad de algún problema (Ver anexo 6).

Además, ambas comunidades notifican la importancia de la participación activa en función de la gestión al recurso hídrico, dado que es un proceso que viabiliza y contribuye en la integración de la comunidad como actor propio indispensable que debe de velar y gestionar los recursos sociales y naturales con los cuales cuenta en su espacio geográfico. Concuerdan en que es un trabajo en conjunto que busca un beneficio para todos y todas, con el fin de mejorar su calidad de vida (Resultados de los cuestionarios para la pregunta 24, trabajo de campo realizado en las comunidades de Hacienda Vieja y Cuatro Esquinas el 22, 23, 29 y 30 de enero del 2022).

Estos comentarios iniciales brindados por las propias comunidades se integran con el hecho de que más de un 90% está interesado/a significativamente en la participación ciudadana en función de aportar al mejoramiento del acceso al recurso hídrico (Ver anexo 6; tabla 22). Por lo tanto, a

continuación, se analiza el papel desempeñado por las comunidades en función de trabajar en la práctica de la gestión de este recurso con base en la encuesta aplicada.

Para ambas comunidades, esta búsqueda a partir de las tres categorías de análisis -individual, familiar y local- evidencia mayor facilidad para identificar y exponer lo percibido dentro de la escala local, es decir, de la participación de las y los vecinos. Sin embargo, al mismo tiempo, se indica que existen actores clave dentro de cada comunidad, quienes sí están comprometidos/as, participando activamente dentro del proceso de gestión del recurso hídrico (Ver anexo 6).

Puntualizando en el caso de Hacienda Vieja, la participación ciudadana en relación con la gestión del recurso hídrico aumenta según la percepción de la escala. Sin embargo, a pesar de que se evidencia una participación en aumento -según la escala individual, familiar y local- no suele ser activa en el sentido de ir a trabajar constantemente con actividades en campo, o bien en las reuniones, sino que de forma mayoritaria la participación es pasiva, en el sentido de que contribuyen como personas y como comunidad a la adecuada gestión del recurso hídrico desde sus hogares, tomando acción de prácticas óptimas que favorecen el recurso hídrico en la actualidad, pensando en miras hacia las futuras generaciones (Ver anexo 6; figuras 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24).

Otro aspecto por resaltar, el cual beneficia a la participación ciudadana existente en la comunidad de Hacienda Vieja y es que la misma está informada y comprende el papel significativo que juega la ASADA como organización que procura el acceso al recurso hídrico en las viviendas. Esto es de relevancia, ya que permite observar que la comunidad reconoce y le asigna un valor positivo como organización, buscando trabajar en función de aportar a la labor de la ASADA de diversas maneras, considerando que comprenden, mayoritariamente, que es un beneficio para la comunidad en general convirtiéndose así la gestión del recurso hídrico en una responsabilidad compartida (Ver anexo 5 y 7; figuras 32, 33 y 34).

Asimismo, para el caso de la comunidad de Cuatro Esquinas, no se identifica una participación comunitaria activa que busque contribuir en la gestión del recurso hídrico en la comunidad, ello no quiere decir que no reconozcan la importancia de participar activamente como grupo comunitario ante la gestión del recurso hídrico, sino que se identifica que, de parte de ellos y ellas, así como lo percibido entre sus familiares y vecinos, no existe una participación comprometida para la gestión (Ver anexo 6; figuras 25, 26, 27, 28, 29 y 31).

Lo anterior, se respalda a partir de los datos obtenidos, siendo un 37% de no participación y apenas un 8% de participación personal. Asimismo, al analizar los datos de la escala familiar, se indica en un 80% un no involucramiento por parte de las familias, siendo un valor de 5% de quienes sí reconocen que sus familiares se involucran en la gestión. Ahora bien, considerando la escala de la vecindad, la comunidad percibe un involucramiento activo por parte de los vecinos/as en un 35%, sin embargo, un 65% se enmarca entre la respuesta de “no sé” y “no” (Ver anexo 6; figuras 25, 26, 27, 28, 29 y 31, resultados de los cuestionarios, trabajo de campo realizado en las comunidades de Hacienda Vieja y Cuatro Esquinas el 22, 23, 29 y 30 de enero del 2022).

Por lo tanto, entre ambas comunidades, se evidencia que la comunidad de Hacienda Vieja desempeña una mayor participación en la gestión del recurso hídrico en contraposición a la comunidad de Cuatro Esquinas. Asimismo, vale la pena resaltar que, durante el trabajo de campo se recorrió la comunidad de Hacienda Vieja y se identificó mayoritariamente familias locales que históricamente han permanecido en la comunidad, lo que facilita el trabajo ante estas gestiones de interés político y social (Trabajo de campo realizado el 22 y 23 de enero del 2022 en Hacienda Vieja y 29 y 30 de enero del 2022 en Cuatro Esquinas).

Consiguientemente, se identifica un espacio geográfico que reúne las condiciones físicas y sociales necesarias para dar continuidad a la accesibilidad y disponibilidad del recurso hídrico en las comunidades. Lo que se genera porque presenta herramientas de comunicación y organización necesarias para proponer un ordenamiento del territorio coherente en función de los recursos con los que cuentan, siendo en este caso particular, el recurso hídrico (Ver anexos 4, 5, 6 y 7). Asimismo, la participación ciudadana identificada y la gestión dada por parte de las ASADAS propician un espacio óptimo y deseable para generar transformaciones espaciales en función de alcanzar un beneficio común.

3.2.3. Fuentes de información

Las fuentes de información son aquellas que no corresponden a personas físicas, estas últimas están establecidas en el apartado anterior. Por lo tanto, hacen referencia a la bibliografía o marco teórico que se implementa en la investigación con el fin de sustentar y respaldar este proceso. Se parte de fuentes secundarias, debido a que involucran investigaciones realizadas por terceras personas, entiéndase estas como instituciones, organizaciones y publicaciones científicas (Barrantes, 2014).

3.3. Variables

Para la elaboración de las tablas presentados a continuación, se toma como guía parte de la estructura presentada por Barrantes (2014) en su publicación “Investigación: Un camino al conocimiento. Un enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto”.

Tabla 1: Análisis de las variables del objetivo específico 1

Objetivo específico 1: Determinar la disponibilidad del recurso hídrico en las subcuencas de Quebrada Zúñiga, de Quebrada Santo Domingo y de Quebrada Salitre a partir del análisis del comportamiento hidrológico				
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Instrumentación	Fuente
Disponibilidad del recurso hídrico	Cuánta agua dulce dispone un espacio geográfico para el consumo de los seres humanos y sus actividades para subsistir. (OMM y UNESCO, 1997)	Mediante el análisis de los datos cuantitativos obtenidos a partir de la aplicación del método del balance hídrico, el cual incluye variables como la oferta y la demanda del recurso hídrico, la precipitación, la humedad del suelo, entre otros	- Observación → Método cuantitativo del balance hídrico → Hoja de cotejo	- Método del balance hídrico elaborado por Charles Warren Thornthwaite y John Russell Mather (1957) - IMN - Trabajo de campo - Procesamiento y análisis de los datos en el laboratorio de Geografía Física de la ECG-UNA
Comportamiento hidrológico	Dinámica y variabilidad del recurso hídrico en un espacio geográfico. (Rosell y García, 2008)	Se conoce por medio del análisis de los datos cuantitativos obtenidos con el método del balance hídrico	- Observación → Método cuantitativo del balance hídrico. → Hoja de cotejo	- Método del balance hídrico elaborado por Charles Warren Thornthwaite y John Russell Mather (1957) - IMN - Trabajo de campo. - Procesamiento y análisis de los datos en el laboratorio de Geografía Física de la ECG-UNA

Fuente: Elaboración propia, 2018-2019, a partir de Barrantes, 2014.

Tabla 2: Análisis de las variables del objetivo específico 2

Objetivo específico 2: Analizar la gestión que brindan las organizaciones e instituciones encargadas del recurso hídrico en las subcuencas de Quebrada Zúñiga, de Quebrada Santo Domingo y de Quebrada Salitre				
Variab les	Definición conceptual	Definición operacional	Instrumentación	Fuente
Gestión del recurso hídrico	Manejo y desarrollo sostenible del recurso hídrico en un espacio geográfico, con aspiraciones integradoras para la gestión del agua, enfocado también hacia el aprovechamiento del recurso de las futuras generaciones. (Cerdas, 2011 y Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, Global Water Partnership. y PNUD, 2005)	Aplicación de encuestas a funcionarios de las ASADAS y comunidades pertenecientes al área de estudio para conocer cuál es la gestión del agua en el área	- Observación → Encuestas → Entrevistas y cuestionarios. - Observación → Escalas → Tipo Likert	- ASADAS de las comunidades de Cuatro Esquinas y Hacienda Vieja, Orotina, Alajuela - Trabajo de campo - Procesamiento y análisis de los datos
Organizaciones encargadas del recurso hídrico	Las organizaciones son conjuntos de personas las cuales tienen como fin alcanzar un objetivo o varios objetivos, en este caso sería un grupo de personas las cuales tienen por objetivo principal velar tanto por la adquisición y distribución del recurso hídrico entre las comunidades	Búsqueda y localización por medio de la información brindada por los ciudadanos (as) y las mismas organizaciones y/o instituciones del área de estudio	- Observación → Encuestas → Entrevistas y cuestionarios. - Observación → Escalas → Tipo Likert	- ASADAS de las comunidades de Cuatro Esquinas y Hacienda Vieja, Orotina, Alajuela - Trabajo de campo - Procesamiento y análisis de los datos
Instituciones encargadas del recurso hídrico	Organismos los cuales tienen por objetivo velar por la adquisición y distribución del recurso hídrico en las comunidades	Búsqueda y localización por medio de la información brindada por las y los ciudadanos (as) y las mismas organizaciones y/o instituciones del área de estudio	- Observación → Encuestas → Entrevistas y cuestionarios. - Observación → Escalas → Tipo Likert	- ASADAS de las comunidades de Cuatro Esquinas y Hacienda Vieja, Orotina, Alajuela - Trabajo de campo - Procesamiento y análisis de los datos

Fuente: Elaboración propia, 2018-2019, a partir de Barrantes, 2014.

Tabla 3: Análisis de las variables del objetivo específico 3

Objetivo específico 3: Caracterizar la participación ciudadana en relación con la eficiente gestión del recurso hídrico en las subcuencas de Quebrada Zúñiga, de Quebrada Santo Domingo y de Quebrada Salitre				
Variab les	Definición conceptual	Definición operacional	Instrumentación	Fuente
Participación ciudadana	Abarca la intervención de las y los ciudadanos en asuntos públicos, en este caso en la intervención de la gestión del recurso hídrico. (Ramos, 2009)	Se analiza y relaciona la información brindada por parte de las organizaciones y/o instituciones encargadas del recurso hídrico y de las y los ciudadanos en el área de estudio por medio de encuestas llevadas a cabo dentro de las comunidades del área de estudio en relación con temáticas del recurso hídrico. Obtener cuáles son los mecanismos de actuación por parte de los y las ciudadanas para la gestión del recurso hídrico	- Observación → Encuestas → Cuestionarios - Observación → Escalas → Tipo Likert	- ASADAS de las comunidades de Cuatro Esquinas y Hacienda Vieja, Orotina, Alajuela - Comunidades de Cuatro Esquinas y Hacienda Vieja, Orotina, Alajuela - Trabajo de campo - Procesamiento y análisis de los datos
Eficiente gestión del recurso hídrico	Manejo óptimo y desarrollo sostenible del recurso hídrico en un espacio geográfico, con aspiraciones integradoras para la gestión del agua, enfocado también hacia el aprovechamiento del recurso de las futuras generaciones. (Cerdas, 2011 y Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico., Global Water Partnership y PNUD, 2005)	Se obtiene por medio de la aplicación de encuestas a las organizaciones, instituciones, grupos organizados y las y los ciudadanos pertenecientes al área de estudio para determinar si la dinámica de la gestión del recurso hídrico dentro del área de estudio es eficiente o no	- Observación → Encuestas → Cuestionarios - Observación → Escalas → Tipo Likert	- ASADAS de las comunidades de Cuatro Esquinas y Hacienda Vieja, Orotina, Alajuela - Comunidades de Cuatro Esquinas y Hacienda Vieja, Orotina, Alajuela - Trabajo de campo - Procesamiento y análisis de los datos

Fuente: Elaboración propia, 2018-2019, a partir de Barrantes, 2014.

3.4. Instrumentos y métodos implementados

En este apartado la metodología implementada requiere de manera inicial la búsqueda y análisis bibliográfico, como respaldo teórico para efectuar el trabajo de campo de manera objetiva. Seguidamente, se encuentra el trabajo de campo, el cual abre paso a la recolección de datos necesarios para desarrollar la investigación. Como tercer punto se destaca el procesamiento en el laboratorio de los datos recopilados en campo. Finalmente, se encuentra el análisis de resultados de la investigación, a partir de los cuales se espera dar a conocer la situación de la problemática y con esta proponer soluciones. A partir de ello puede categorizarse el proceso metodológico en cuatro etapas, las cuales abarcan e integran el estudio de las variables mencionadas (Ver figura 2)

La importancia de definir y justificar la utilización de los instrumentos metodológicos a implementar en una investigación científica, radica en que estos permiten acceder a los datos necesarios para desarrollar el trabajo científico. Es decir, permite medir las variables con las que se trabaja. Son el medio por el cual es posible la extracción de los datos de relevancia para los objetivos de la investigación, es decir, de los diferentes fenómenos espaciales que se presentan. Según el enfoque a implementar en las investigaciones, los instrumentos se eligen a favor de la particularidad de la problemática investigativa, cada problema de investigación requiere la implementación de instrumentos -y de un marco teórico- los cuales responden a las necesidades del mismo (Barrantes, 2014).

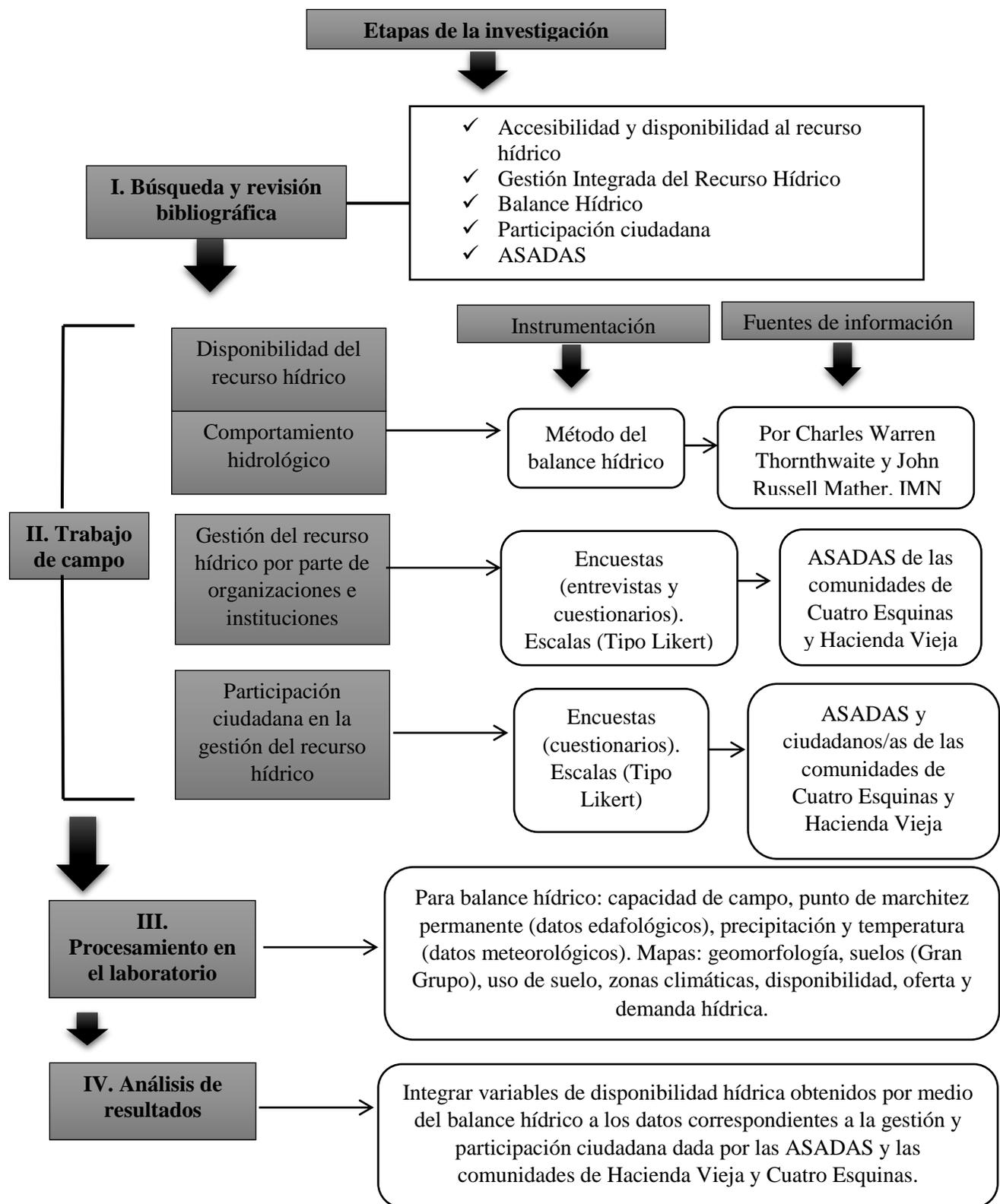


Figura 2: Etapas de la investigación
Fuente: Elaboración propia, 2019-2023.

3.4.1. Delimitación del área en estudio

La delimitación del área de estudio, es decir, las subcuencas Quebrada Zúñiga, Quebrada Santo Domingo y Quebrada Salitre, requirió de la implementación del software ArcGis versión 10.8.1, utilizando como guía las Hojas Topográficas Escala 1:50 000; Barranca (N° 3245-I) y Río Grande (N° 3345-IV) y las curvas de nivel proporcionadas por el SNIT a Escala 1: 5 000.

3.4.2. Parámetros morfométricos

Para caracterizar y analizar las subcuencas de Quebrada Zúñiga, de Quebrada Santo Domingo y de Quebrada Salitre se obtuvieron parámetros morfométricos para conocer las características físicas de las subcuencas. (Hernando, 2015 y Aguilar, 2016).

Del relieve de la subcuenca:

- ✓ **Densidad de Cantidad de Cauces:** Permite conocer la relación entre el número de cauces de un orden determinado y el área, se expresa:

$$Dcc = \frac{\text{Cauces de orden}}{\text{Área (km}^2\text{)}}$$

(Hernando, 2015 y Hernando *et. al.*, 2007, citado por Aguilar, 2016)

- ✓ **Densidad de drenaje:** Involucra relacionar la longitud de los cauces y el área. Y permite conocer cuántos kilómetros de drenaje hay en 1 km², cuando menor sea significa que existe menos drenaje, su fórmula es:

$$Dd = \frac{\text{Longitud(km, todos los cauces)}}{\text{Área (km}^2\text{)}}$$

(Hernando, 2015 y Aparicio, 1996)

- ✓ **Profundidad de disección:** Permite conocer la profundidad del cauce, su fórmula es:

$$Pd = \frac{\text{Máxima} - \text{Mínima (altitud de la microcuenca)}}{\text{Área (km}^2\text{)}}$$

(Hernando, 2015 y Hernando *et. al.*, 2007, citado por Aguilar, 2016)

- ✓ **Pendiente Media del Cauce:** Se aplica para el cauce principal de la cuenca, utilizando la altitud máxima y mínima del mismo. Asimismo, es necesario para conocer y analizar la escorrentía superficial. Su fórmula es:

$$PMC = \frac{H1(\text{altitud máxima en m}) - H2(\text{altitud mínima en m})}{\text{Longitud (km, cauce principal)}} \times 100$$

(Hernando, 2015 y Hernando *et. al.*, 2007, citado por Aguilar, 2016)

- ✓ **Índice de Sinuosidad:** Pretende dar a conocer la sinuosidad o curvatura del cauce. Requiere de determinar el eje axial (Ea) el cual abarca (en línea recta) la distancia desde la salida de la cuenca al punto más alejado del área de la cuenca. Su fórmula corresponde a:

$$S = \frac{L(\text{km, cauce principal})}{\text{Eje axial (km)}}$$

(Hernando, 2015)

De la forma de la cuenca: Permiten conocer el aporte del caudal dentro de las cuencas (Aguilar, 2016).

- ✓ **Anchura media de la cuenca:** Determina la distribución de los cauces en las cuencas y saber un aproximado de la cantidad de los mismo, se expresa:

$$Am = \frac{\text{Área (km}^2\text{)}}{\text{Eje axial (km)}}$$

(Linsley, Kholer y Paulus, 1977, Hernando, 2015 y Hernando *et. al.*, 2007, citado por Aguilar, 2016)

- ✓ **Coefficiente de compacidad:** Este parámetro compara a la cuenca con la forma de un círculo, por lo que si se acerca a 1 más se va a asimilar a un círculo y la distribución de los drenajes serán más homogéneas. Su fórmula corresponde a:

$$K = \frac{\text{Perímetro}}{\sqrt{\text{Área(km}^2\text{)}}} \times 0.28$$

(Hernando, 2015 y Hernando *et. al.*, 2007, citado por Aguilar, 2016)

3.4.3. Balance hídrico

Se aplica el método del balance hídrico propuesto por Thornthwaite y Mather (1957). Este es un balance hídrico climático (según Kerkides *et. al.* 1996 y Roberto 2005) debido a que “emplea valores medios de precipitación y evapotranspiración potencial y los relaciona con valores de condiciones edáficas (capacidad de campo y punto de marchitez permanente y uso del suelo)” (Hernando, 1993, p. 139).

Para implementarlo se requieren datos meteorológicos y pedológicos. Los datos de precipitación se obtienen por medio de las estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio. Los datos de temperatura se obtienen a partir del trabajo de Wilberth Herrera (1986), en su libro “Clima de Costa Rica”. Los datos de Capacidad de Campo, Punto de Marchitez Permanente y la profundidad de las raíces, permiten calcular la Humedad del Suelo Disponible Actual (HSD), accediendo con estos datos a la lámina de agua disponible (LAD), lo que permite conocer la disponibilidad del recurso hídrico de las subcuencas en estudio al aplicar el índice de Escasez (Ie) (Hernando, 1993, Proyecto Sistema de Información del Medio Ambiente, 2004, Hernando *et. al.*, 2009 y Aguilar, 2016).

Asimismo, para elaborar el balance hídrico en este caso se requiere del “uso del suelo, la unidad geomorfológica y la zona climática” (Hernando y Orozco, 2015, p. 171).

Al aplicar lo expuesto es posible comprender el comportamiento hidrológico enfocado en los datos físicos sobre la disponibilidad del recurso hídrico de las subcuencas en estudio (Rosell y García, 2008). A continuación, se exponen los componentes del balance hídrico:

Tabla 4: Componentes del balance hídrico desde la metodología

Variables	
Precipitación (P)	Precipitación (en cualquier forma).
Evapotranspiración Potencial (ETP)	Es la cantidad de agua que requieren las plantas para su desarrollo. Se obtiene por medio de la implementación del método de Hargreaves (1981).
Precipitación - Evapotranspiración Potencial (Pc-ETP)	Diferencia mensual entre P y ETP. Si el resultado es positivo quiere decir que la P es mayor a la ETP, por lo que las necesidades de las plantas están satisfechas. Si es negativo la Pc no logra satisfacer las necesidades.
Perdida Potencial Acumulada (PPA)	Esta se obtiene sumando los valores negativos de Pc-ETP. Permite visualizar cuánta agua hay menos cada mes, es decir, cuánta agua hay disponible para las plantas. Cuando hay valores negativos quiere decir que no hay agua disponible.
Humedad del Suelo Disponible Actual (HSD)	Es la humedad del suelo y se determina a partir de los datos edafológicos: capacidad de campo, punto de marchitez, sumando la profundidad de las raíces.
Cambio de Humedad del Suelo (Δ HSD)	Es obtenido a partir de la diferencia de HSD de un mes para otro. Los resultados negativos reflejan el agua que se le dio a las plantas, los positivos reflejan que el suelo se recarga hasta alcanzar el máximo.
Evapotranspiración Actual (ETA)	Cuando P-ETP es positivo el resultado queda igual a ETP. Cuando es negativo es la suma de P más Δ HSD
Déficit (D)	Diferencia entre la ETP y la ETA
Ganancia (G)	“Entendida como el agua percolada hacia las capas inferiores de la siguiente manera: G: HSD del mes anterior + Pc – ETP del mes que interesa y restando a ese producto la HSD del mismo interés.” (Hernando y Orozco, 2015, p. 172).

Fuente: Elaboración propia, 2018, a partir de Hernando, 2015 y Hernando y Orozco, 2015.

De manera inicial, se requiere conocer los datos de precipitación del área de interés, por lo que es necesario trabajar con las estaciones meteorológicas más cercanas a las zonas, esta información es facilitada por el IMN y por la publicación de Herrera (1986), para el caso de la temperatura. Al contar con los datos de dichas estaciones, se identifica inicialmente que existe información incompleta, por lo que se implementa del Método de la Razón para corregir datos de precipitación. Su fórmula corresponde a:

$$P_x = \frac{1}{x} \left(\frac{N_x}{N_A} P_A + \frac{N_x}{N_B} P_B + \frac{N_x}{N_C} P_C \dots + \frac{N_x}{N_K} P_K \dots + \frac{N_x}{N_S} P_S \right)$$

En donde x es el número de estaciones auxiliares, pueden ser más de 3, N_x es el promedio de la estación incompleta, N_A , N_B y N_C -u otras según la cantidad de estaciones auxiliares completas- son los promedios de las estaciones completas y, por último, P_A , P_B y P_C corresponde a la precipitación de las estaciones A , B y C del periodo de tiempo correspondiente (mes o año).

(Aparicio, 1996)

Lo anterior permite identificar la precipitación media de las subcuencas (Bateman, 2007).

Las estaciones utilizadas son las siguientes:

Tabla 5: Estaciones meteorológicas

Institución	Estación	Código	Latitud Norte	Longitud Oeste
Meteorológico	San Miguel	80002	10° 00' 00"	84° 42' 10"
Meteorológico	La Argentina	84003	10° 01' 49"	84° 21' 03"
Meteorológico	Palmares	84014	10° 03' 00"	84° 26' 00"
Meteorológico	Puntarenas	78003	09° 59' 00"	84° 46' 00"
Meteorológico	Turrúcares	84012	09° 58' 00"	84° 19' 00"
Meteorológico	Beneficio Pilas	84016	10° 05' 55"	84° 23' 30"
Meteorológico	La Luisa	84059	10° 07' 11"	84° 20' 25"

Fuente: Elaboración con datos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), 2023.

La Evapotranspiración Potencial (ETP) se calcula mediante el método de Hargreaves (1981), por lo que requiere aplicar la siguiente fórmula para su obtención:

$$ETP = [(0.17xRAx\sqrt{TD})(0.0075)x(1.8xt_{med} + 32)]xN$$

En donde ETP es igual a la Evapotranspiración Potencial por mes en milímetros (mm), el número $0,17$ es una constante, RA es la radiación al tope de la atmósfera (mm/día), la TD es la oscilación entre las temperaturas máximas y mínimas por cada mes, $0,0075$ es una constante, la t_{med} es igual a la temperatura del mes dada en °C y N es igual al número de días del mes (Hernando, 1993, 2015).

La Humedad del Suelo Disponible Actual (HSD) se establece a partir de la lámina de agua disponible (Aguilar, 2016), lo que permite obtener la densidad aparente y la humedad del suelo (Hernando et. al., 2009). Según Hernando (1993), se determina partiendo de:

la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente y la profundidad de las raíces cuando los valores de $Pc-ETP$ son positivos y (...) por la pérdida potencial acumulada cuando son negativos (p. 141-142).

Se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$HSD = LADx (e^{(PPAx A)})$$

En donde LAD:

$$LAD = \frac{(CC - PMP)x Pro}{10 (mm)}$$

Siendo LAD la lámina de agua disponible, CC el porcentaje de las capacidades de campo, PMP es punto de marchitez permanente en porcentaje, Pro es igual a la profundidad de las raíces (cm), PPA es la pérdida potencial acumulada (mm), A es 1.02 dividido LAD y $e =$ Euler, constante de valor aproximado de 2,7182818 (Hernando, 1993, 2017).

Por lo tanto, para este método se requiere de la extracción de muestras de suelo por cada horizonte de cada perfil por unidad geomorfológica, en dos lugares previamente seleccionados por muestreo en las subcuencas en estudio (Aguilar, 2016 y Hernando et. al., 2009). Ello con el fin de obtener los datos de Capacidad de Campo y de Punto de Marchitez Permanente. Estos permiten obtener “la lámina de agua disponible en el suelo” (Hernando et. al., 2009, s.p.). Para el cálculo de tales datos se implementa “parte de la metodología de determinación de curvas de retención para la aplicación del método de presión a las muestras de cada horizonte” (Vahrson y Romero, 1984). Para este caso en específico, se llevan a cabo los siguientes pasos:

1. Seleccionar dos sitios con mayor accesibilidad para realizar cada perfil, dos perfiles en total, uno por unidad geomorfológica. Identificar los horizontes de suelo, según textura y color.

2. Extraer 4 muestras de suelo por horizonte para el Perfil 1 (P1) y 3 muestras de suelo por horizonte para el Perfil 2 (P2), desde arriba hacia abajo se insertan cada cilindro. El P1 tiene 3 horizontes, por lo que son un total de 12 muestras. El P2 tiene un total de 5 horizontes por lo que son un total de 15 muestras. El cilindro se debe de colocar boca abajo de manera tal que quede vertical, martillar para introducirlo con cuidado al suelo. Cuando esté a una profundidad adecuada, se retira el exceso de suelo de los lados con una palilla, retirar el aparato con la muestra de manera rápida hacia arriba, proceder a extraer el cilindro con el suelo con sumo cuidado del aparato, sin alterar la muestra, guardarlo y etiquetarlo en una bolsa plástica.
3. En el laboratorio nivelar las muestras dentro de cada cilindro correctamente con la ayuda de un cuchillo o paleta, sin alterar la estructura física del suelo. No deben de contener rocas. Para el P1 se desechan 2 muestras y para el P2 se desechan 4 muestras por su alteración en la estructura del suelo.
4. Colocar un filtro en la parte inferior de cada cilindro y prensarlo con una liga.
5. Colocar las muestras sobre una bandeja plástica plana en su base, a la cual se le coloca agua con el fin de saturar el suelo poco a poco de abajo hacia arriba. (ver figura 4 y 6)
6. Al concluir esta saturación, se procede a pesar cada muestra antes de ingresarlas a las ollas de Richard. Este peso se denomina peso húmedo.
7. Colocar las muestras en las ollas de Richard (ver figura 7) sobre platos de porcelana (membranas). La misma cantidad de muestras se deben de colocar en la olla de 15 bares y en la otra olla de 0,5 bares. Esta separación es debido a que en la de 15 bares se obtendrá el resultado de Punto de Marchitez Permanente, y en la de 0,5 bares, el resultado de la Capacidad de Campo. Las muestras en las ollas de Richard deben de permanecer hasta que la salida de agua que tiene cada olla deje de expulsar el líquido, por lo que se espera aproximadamente 22 días -este tiempo varía dependiendo de las muestras-.
8. Sacar de las ollas de Richard y pesarlas.
9. Ingresarlas al horno a una temperatura aproximada de 105°C durante 24 horas.
10. Retirar del horno y pesarlas, con el fin de obtener el peso seco.
11. Pesar cada cilindro para luego restarlos al peso húmedo y el peso seco, para considerar únicamente el peso del suelo, esto debido a que cada cilindro tiene un peso diferente.

(Aguilar, 2016, elaboración propia a partir de trabajo de campo y laboratorio, 2022-2023, y comunicación personal con Ligia Hernando Echeverría, diciembre, 2022)

Los resultados de los pesos se pueden observar en el Anexo 2 (tablas 24 y 25).

El Perfil 1 se encuentra en la comunidad de Hacienda Vieja a 200 m hacia adentro del inicio de la calle del denominado Cerro Chompipe, con coordenadas geográficas de $9^{\circ} 55' 15,90''$ N y $84^{\circ} 29' 35,54''$ O a una altitud de 270 msnm. Los alrededores del sitio tenían característica de bosque secundario (Ver figura 3, tabla 6 y mapa 2).



Figura 3: Perfil 1 (P1)

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 3 de diciembre del 2022.

Tabla 6: Profundidad de cada horizonte del P1

Horizonte	Profundidad (cm)	Ancho (cm)
1	0-45	45
2	45-105	60
3	105-250	145

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo del campo, diciembre, 2022 y enero, 2023.



Figura 4: Muestras del P1 en proceso de saturación

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo en el laboratorio, 8 de diciembre del 2022.

El perfil 2 (P2) se localiza en la calle Los Cabros en la comunidad de Hacienda Vieja, con coordenadas geográficas $9^{\circ} 55'27,87''$ N y $84^{\circ} 28'50,19''$ O y una altitud de 240 msnm. Las características del uso de la tierra que rodeaban el sitio correspondían a un bosque secundario (Ver figura 5, tabla 7 y mapa 2).



Figura 5: Perfil 2 (P2)

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 11 de diciembre del 2022.

Tabla 7: Profundidad de cada horizonte del P2

Horizonte	Profundidad (cm)	Ancho (cm)
1	0-20	20
2	20-65	45
3	65-122	57
4	122-161	39
5	161-195	34

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo del campo, diciembre, 2022 y enero, 2023.



Figura 6: Muestras del P2 en proceso de saturación

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo en el laboratorio, 12 de diciembre del 2022.



Figura 7: Ollas de Richard 15 y 5 bares

Fuente: Elaboración propia durante trabajo de laboratorio, 12 de diciembre del 2022. Laboratorio de Geografía Física de la Escuela de Ciencias Geográficas, UNA.

Los datos obtenidos se utilizan para las fórmulas, presentadas a continuación, que permitirán obtener tanto la Capacidad de Campo, Punto de Marchitez Permanente y Densidad Aparente:

$$\text{Capacidad de campo: } pv = \frac{ph - ps - af}{vc} * 100$$

$$\text{Punto de Marchitez Permanente: } pg = \frac{ph - ps}{ps - pc} * 100$$

$$DA = \frac{ps - pc - pl}{vc}$$

$$pv = pg * DA$$

En donde, pv es el porcentaje volumétrico, ph es el peso húmedo, ps es el peso seco, af es la cantidad de agua en el filtro, vc es el volumen del cilindro, pg es el peso gravimétrico, pc es el peso del cilindro vacío, pl es el peso del filtro sin agua y DA es la densidad aparente (Aguilar, 2016).

La Densidad Aparente del suelo es “la razón de la masa de las partículas de suelo más los espacios de poros en una muestra” (Hernando *et. al.*, 2009, s.p.), dicho procedimiento radica en el secado y el pesado de un volumen de suelo ya conocido (según Vahrson, 1989, citado por Hernando *et. al.*, 2009). Su fórmula es:

$$Da = \frac{P}{V}$$

Donde P hace referencia al peso de la muestra ya secada entre 105°-110°C en el horno (en gr) y V equivale al volumen del cilindro seleccionado (en ml) (Hernando *et. al.*, 2009).

A partir de obtener los datos de Humedad del Suelo Disponible Actual (HSD) se conoce el Cambio de Humedad del Suelo (Δ HSD). Estos dos datos permiten cuantificar el recurso hídrico, determinando así dentro de las subcuencas en estudio, las áreas de disponibilidad de agua, partiendo de la aplicación del Índice de Escasez (Ie) el cual refleja la relación entre la oferta y la demanda de dicho recurso (Hernando, Ruiz y Solís, 2012).

La fórmula que hace referencia a este índice fue previamente modificada por Hernando, Ruíz y Solís (2012), a partir de la fórmula y metodología propuesta por el IDEAM (Proyecto Sistema de Información del Medio Ambiente, 2004), dando como resultado:

$$Ie = \frac{\Delta HSD (demanda)}{HSD (oferta)} * 100$$

Esto permite construir las zonas de disponibilidad de recurso hídrico implementando parte de lo propuesto por el IDEAM (Hernando *et. al.*, 2009). A continuación, se presenta la categorización de dicha metodología:

Tabla 8: Disponibilidad hídrica según índice de escasez

Categoría del índice de escasez	% de la Oferta Hídrica utilizada	Explicación	Disponibilidad hídrica	Color
Alto	> de 40%	Fuerte presión	Baja	Rojo
Medio	20 – 40 %	Ordenamiento Oferta/Demanda	Moderada	Naranja
Moderado	10 – 20 %	Factor limitador de desarrollo	Media	Amarillo
Bajo	< de 10%	No se experimentan presiones importantes sobre el recurso hídrico	Alta	Verde

Fuente: IDEAM, 2004 y Hernando, Ruíz y Solís, 2012.

3.4.4. Uso de suelo

El uso del suelo es imprescindible para analizar, según el balance hídrico, las condiciones en cuanto a la disponibilidad al recurso hídrico dentro de cada categoría de uso. Por tanto, para las áreas en estudio se levantó el uso de suelo a partir de la implementación del software ArcGis versión 10.8.1 y la fotointerpretación a las ortofotos derivadas del SNIT, del Programa de Regulación de Catastro y Registro y del IGN, 2005.

Dicha fotointerpretación es facilitada por medio de la guía de usos de suelo proporcionada por el MAG y el INTA (Rosales, 2015). Seguidamente, la corroboración de la información en campo es indispensable para concluir el levantamiento de usos de suelo.

3.4.5. Índice Hídrico

Seguidamente, se requiere conocer las zonas climáticas de las subcuencas en estudio, esto debido a que son las que influyen y determinan la producción del recurso hídrico (Hernando *et. al.*, 2009). Se obtienen a partir de la obtención del Índice Hídrico para cada estación meteorológica propuesto por Thornthwaite (Hernando *et. al.*, 2009 y Aguilar, 2016), expresado como:

$$Im = \left(\frac{P}{ETP} \right) - 1 * 100$$

En donde *Im* significa Índice Hídrico, *P* es Precipitación Media Anual y *ETP* es la Evapotranspiración Potencial Anual (Hernando *et. al.*, 2009).

Por lo tanto, a partir de la integración de los datos de precipitación y temperatura, es posible agrupar en el espacio, zonas que comparten características, identificando unas con un comportamiento hidrológico productor de agua y otras que, por sus condiciones físico-geográficas, no son productoras de agua. La tabla 9 muestra los datos utilizados para la obtención del índice.

Tabla 9: Datos para obtener el Índice Hídrico

Institución	Estación	Cód.	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (msnm)	ETP Total Anual	Precipitación Media Anual (mm)	Índice Hídrico (%)
IMN	San Miguel	80002	10° 00' 00"	84° 42' 10"	140	1740,92	2202,12	26,49
IMN	La Argentina	84003	10° 01' 49"	84° 21' 03"	760	1582,90	2252,62	42,31
IMN	Puntarenas	78003	09° 59' 00"	84° 46' 00"	3	1892,58	1738,23	8,16
IMN	Turrúcares	84012	09° 58' 00"	84° 19' 00"	639	1613,49	2060,60	27,71
IMN	Beneficio Pilas	84016	10° 05' 55"	84° 23' 30"	1042	1512,12	2657,54	75,75
IMN	La Luisa	84059	10° 07' 11"	84° 20' 25"	1250	1460,34	3110,79	113,02

Fuente: Elaboración propia a partir de datos facilitados por el IMN, 2023.

Teniendo esto presente, corresponde seleccionar las altitudes de las estaciones meteorológicas que se encuentran dentro de los límites del área de estudio, siendo: San Miguel, Turrúcares y La Argentina. Considerando estos índices, se procede a construir los límites de las zonas climáticas al aplicar la fórmula obtenida a partir de la correlación, sustituyendo el valor de X por una altitud coherente en relación con los datos existentes en el área de estudio y los de las estaciones meteorológicas. En este punto, cabe recordar que, dentro de la fórmula de la correlación, el valor de X corresponde a la altitud y el valor de Y corresponde al valor del Índice Hídrico. Al obtener estos resultados, se procede a construir las categorías del Índice Hídrico, redondeando el índice resultante con valores enteros para una accesible visualización en la cartografía (Ver tabla 17 y mapa 5).

Por lo tanto, es necesario contar con estas zonas climáticas, para que cada una sea integrada en la aplicación del método del balance hídrico, según unidad geomorfológica, uso de suelo y los datos obtenidos del análisis de suelos sobre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente por unidad geomorfológica y tipo de suelo (Gran Grupo), los cuales son el porcentaje de agua disponible y la lámina de agua disponible (LAD). Considerando, además, la profundidad de las raíces, datos que se pueden observar en la tabla 9. Las zonas climáticas son indispensables de tener e

integrar a las demás variables, debido a que proporcionan datos meteorológicos de mayor precisión según la altitud del terreno.

Tabla 10: Síntesis de los datos implementados en los balances hídricos

Zona climática	Área (km ²)	Unidad geomorfológica	Uso de suelo	Profundidad de las raíces (m)	Agua disponible (%)	Lámina de agua disponible (mm)
I	1,90	Sedimentaria	Bosque	200	6,05	120,93
I	0,69	Sedimentaria	Pastos	15	6,05	9,07
I	0,50	Volcánica	Bosques	200	3,51	70,21
I	0,24	Volcánica	Pastos	15	3,51	5,27
II	1,80	Sedimentaria	Bosques	200	6,05	120,93
II	0,32	Sedimentaria	Pasto	15	6,05	9,07
II	1,72	Volcánica	Bosque	200	3,51	70,21
II	0,08	Volcánica	Pastos	15	3,51	5,27
III	0,42	Volcánica	Bosque	200	3,51	70,21

Fuente: Elaboración propia a partir de datos facilitados por el IMN, 2023, dato de la profundidad de las raíces a partir de Hernando, 2017, y datos del agua disponible y la LAD obtenidos del trabajo de campo y laboratorio, 2023.

3.4.6. Gestión y participación ciudadana en el recurso hídrico

La información que permite analizar cómo se gestiona el recurso hídrico por parte de las instituciones y de las organizaciones, radica en la selección de las ASADAS de las comunidades de Hacienda Vieja y de Cuatro Esquinas, denominadas respectivamente ASADA de Hacienda Vieja y ASADA de Pital-Centeno. Lo anterior se debe a que son las encargadas de proporcionar este servicio.

Teniendo presente la vinculación inicial con las ASADAS, se comienza el contacto directo con las respectivas comunidades. Siendo estas el eje central a partir del cual se aplica el instrumento (ver anexo 1) que permite obtener la información para analizar la gestión del recurso hídrico en relación con la participación ciudadana.

Por lo tanto, el abordaje metodológico consiste en:

✓ Primera etapa

Para analizar la gestión de la participación ciudadana, se implementa como técnica la encuesta, en la que se aplican los cuestionarios (ver anexo 1), siendo un medio planificado por el cual se obtiene la información directamente de las personas (Barrantes, 2014 y Hernández, 2016)

Para que este proceso sea lo más objetivo posible se requiere de la formulación correcta de las preguntas a aplicar dentro del cuestionario, las mismas deben ser coherentes, claras y precisas en relación con la temática. Como bien se tuvo presente, se debe tener claro cuál será el tipo de población o sujetos a encuestar, así como el tamaño de la muestra, preparando de manera previa los instrumentos (Ver anexo 1) (Barrantes, 2014 y Hernández, 2016)

En el cuestionario (ver anexo 1) se implementan las escalas: un medio por el cual se miden las actitudes de los sujetos hacia una determinada problemática y permite extraer información de interés. Así, a partir de la sistematización de los datos, se obtiene un panorama general en relación con problema de estudio. Las escalas deben de contener ítems coherentes en relación con el problema de investigación (Barrantes, 2014 y Hernández, 2016)

El tipo de escala a utilizar es Likert: es un medio por el que se conoce la percepción de los sujetos ante una determinada problemática. Para este tipo en específico se requiere de la formulación afirmativa de una determinada cantidad de ítems. La respuesta para cada ítem está dividida en cinco categorías desde lo más negativo, lo neutral, hasta lo más positivo. Después de ello, continúa la sistematización y análisis de los datos (Barrantes, 2014 y Hernández, 2016).

El instrumento (ver anexo 1) aplicado a las comunidades es un cuestionario conformado por tres partes, siendo las mismas:

- A. Datos generales
- B. Evaluación de la gestión (B.1. Evaluación de las organizaciones e instituciones, B.2. Evaluación de la ASADA correspondiente y B.3. Evaluación de la Municipalidad de Orotina)
- C. Evaluación de la participación ciudadana en relación con la eficiente gestión del agua (C.1. Usted, C.2. Evaluación del grupo familiar y C.3. Evaluación de vecinos/as)

Previo a la aplicación de este instrumento, fue revisado y aprobado por la tutora y por las ASADAS. Asimismo, se aplicó a personas fuera del contexto de esta indagación para que contribuyeran en mejoras. Tanto la tutora, como personas pertenecientes a las ASADAS y las personas externas al trabajo, contribuyeron en relación con la redacción de las preguntas, así como en su coherencia en cuanto al problema de investigación, solicitando las ASADAS disminuir la cantidad de preguntas y eliminar un apartado.

Dichos instrumentos se aplicaron el 29 y 30 de enero del 2022 en la comunidad de Hacienda Vieja, y el 5 y 6 de febrero del 2022 en la comunidad de Cuatro Esquinas.

✓ Segunda etapa

Para esta etapa se requiere solicitar el número de abonados a cada ASADA con el fin de identificar el total de la población (N) (total de abonados) para obtener el valor de la muestra (n). Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 11: Muestreo para la comunidad de Hacienda Vieja

Parámetros		Nivel de confianza: 90%
nc (nivel de confianza)	0,9	
P (probabilidad del evento)	0,5	
Q (1-P)	0,5	
N (Población)	344	
E (error)	0,1	10%
Z	-1,64	5%
n (muestra)	56,66	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Tabla 12: Muestreo para la comunidad de Cuatro Esquinas

Parámetros		Nivel de confianza: 90%
nc (nivel de confianza)	0,9	
P (probabilidad del evento)	0,5	
Q (1-P)	0,5	
N (Población)	520	
E (error)	0,1	10%
Z	-1,64	5%
n (muestra)	59,95	

Fuente: Elaboración propia, 2022.

Por lo tanto, el valor muestral por comunidad fue de: Hacienda Vieja con 57 y Cuatro Esquinas con 60 -sin embargo, se aplican 65 cuestionarios para esta última-.

✓ Tercera etapa

El siguiente paso corresponde a delimitar el área de las dos comunidades, con el fin de no aplicar los cuestionarios en las comunidades que no pertenezcan a las ASADAS en estudio. De igual manera, existe una pregunta dentro del cuestionario para corroborar que las viviendas visitadas se encuentren dentro de los límites de las comunidades. Dicha delimitación se realiza imprimiendo a color y de manera ampliada las imágenes correspondientes a las comunidades, siendo capturas de pantalla de

Google Maps (2022) con la visualización de imagen satelital. A estas impresiones ampliadas se aplica la selección de las viviendas por medio del muestreo sistemático.

Dicho muestreo es probabilístico, lo que quiere decir que, dentro del marco muestral, todas las unidades de estudio tienen la misma probabilidad de ser seleccionadas, siendo las elegidas, las muestras de la población total (Hernández, 2016). Por tanto, contribuye a alejar la subjetividad durante la recolección de los datos para el análisis. Dicho muestreo requiere de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$K = \frac{N}{n}$$

Siendo K el espaciamiento entre cada unidad de muestreo. Se obtiene al dividir la población total de muestreo (N) entre el tamaño deseado de la muestra (n) (Hernández, 2016).

Dentro de este punto, cabe destacar que, si la vivienda que corresponde visitar se encuentra desocupada, sin haber nadie presente, o bien, si los habitantes no desean participar, se procede a pasar a la siguiente vivienda a favor de las manecillas del reloj (INEC, 2010).

✓ Cuarta etapa

Luego de haber seleccionado previamente las viviendas, lo que procede es elegir a las personas dentro de las viviendas, lo cual es una selección de la muestra por conveniencia (Hernández, 2016). Esta conveniencia respetó que fueran personas mayores de 18 años y que tuvieran más de un año de vivir en la comunidad. Lo anterior responde a no intervenir con personas menores de edad en las viviendas. Además, es más objetivo aplicar el cuestionario a personas con más de un año de residir en la comunidad, debido a que tendrán la experiencia de conocer, aunque sea de manera aproximada, el trabajo realizado por la ASADA correspondiente. (INEC, 2018)

Asimismo, cabe resaltar que, para acceder a la información, como punto de partida se encuentra la observación, la cual juega un papel primordial en el desarrollo de una investigación científica, debido a que de ella se derivan otros instrumentos a utilizar. Puede ser definida como un “proceso por el que un *especialista* recoge, por sí mismo, información relacionada con ciertos problemas” (Barrantes, 2014, p. 285), por lo que, al ser un medio primario por el cual se recolecta información, es necesario que existan otros instrumentos -secundarios- capaces de extraer la información en campo.

En el caso de este trabajo investigativo, se aplica la observación durante el trabajo de campo preliminar y, al aplicarla, se viabiliza identificar y plantear el problema de investigación. Asimismo, de ahí se derivan el objetivo general y los específicos. Por lo tanto, se torna fundamental para iniciar la estructura de la indagación. Además, permite obtener información para realizar la propuesta de las preguntas del cuestionario y las categorías en las cuales se segmentan las comunidades. Por último, se observan parte de las condiciones físico-geográficas del sitio que facilitan el análisis de los datos cartográficos, aspecto indispensable para la corroboración de los usos de suelo.

✓ Quinta etapa

Esta etapa consiste en sistematizar los cuestionarios. Cabe resaltar que los cuestionarios se aplican en campo a partir de la utilización de aparatos electrónicos -celular y tableta-, a través de los cuales se tuvo acceso al archivo de *Google Forms* previamente construido con el cuestionario. Se realizó de tal manera, gracias a la facilidad de la plataforma para recopilar la información y procesar los datos en el laboratorio para su debida sistematización. Dicha tabulación conllevó la creación de gráficos y de tablas.

✓ Sexta etapa

Esta última etapa parte de la sistematización de los datos, para desarrollar el análisis a los mismos por temáticas.

Capítulo IV. Resultados

A. Características generales

4.1. Parámetros morfométricos

Tabla 13: Parámetros morfométricos de las subcuencas en estudio

Parámetros morfométricos	Quebrada Santo Domingo	Quebrada Salitral	Quebrada Zúñiga
Área	2,66 km ²	2,86 km ²	3,78 km ²
Perímetro	9,03 km	7,88 km	10,35 km
Altitud máx.	640 msnm	660 msnm	250 msnm
Altitud mín.	200 msnm	100 msnm	160 msnm
Longitud del cauce principal	4,62 km	3,22 km	5,00 km
Longitud del total de cauces	30,31 km	34,41 km	28,10 km
Altitud máx. del cauce principal	470 msnm	580 msnm	240 msnm
Altitud mín. del cauce principal	190 msnm	100 msnm	140 msnm
Eje axial	3,16 km	2,98 km	4,10 km
Densidad de cantidad de cauces:			
• Orden 1	163 (61,28 C/km ²)	192 (67,13 C/km ²)	137 (36,24 C/km ²)
• Orden 2	36 (13,53 C/km ²)	45 (15,73 C/km ²)	31 (8,20 C/km ²)
• Orden 3	5 (1,88 C/km ²)	9 (3,15 C/km ²)	5 (1,32 C/km ²)
• Orden 4	1 (0,38 C/km ²)	3 (1,05 C/km ²)	1 (0,30 C/km ²)
• Orden 5	-	1 (0,35 C/km ²)	-
Densidad del drenaje	11,39 C/ km ²	12,03 C/ km ²	7,43 C/ km ²
Profundidad de disección	165,41 m/km ²	192,31 m/km ²	23,81 m/km ²
Pendiente media del cauce	60,60%.	149,06%	20,00%
Índice de sinuosidad	1,46	1,08	1,22
Anchura media de la subcuenca	0,84	0,96	0,92
Coefficiente de compacidad	1,55	1,30	1,50

Fuente: Elaboración propia, 2019-2022.

La cantidad de cauces determina que el área de estudio pertenece a subcuencas. Esto se justifica por el hecho de que son de orden 4 o 5. Considerando la extensión relativamente corta de las áreas de las subcuencas, se presentan como densidad de la red de drenaje para la subcuenca Quebrada Santo Domingo 11,39 km por cada km², para la subcuenca Quebrada Salitral 12,03 km por cada km² y para la Quebrada Zúñiga 7,43 km por cada km².

El área y el perímetro indican que son subcuencas de baja extensión con una altitud mínima de 100 msnm y una máxima de 660 msnm, datos relevantes de conocer para la aplicación del método del balance hídrico.

Los resultados indican que para la subcuenca Quebrada Santo Domingo es de 1,46, para la subcuenca Quebrada Zúñiga 1,22, y la subcuenca Quebrada Salitral 1,08. Lo anterior indica que

para la subcuenca de la Quebrada Santo Domingo y la subcuenca Quebrada Zúñiga el agua tarda más en llegar al punto de salida, debido a la curvatura del cauce principal, esto en contraposición a la subcuenca de la Quebrada Salitral, para la cual el cauce es menos sinuoso, por lo que es más rápido el transporte de agua. Ello refuerza nuevamente el hecho de una buena distribución del drenaje en las subcuencas, siendo proporcional al espacio (Hernando, 2015).

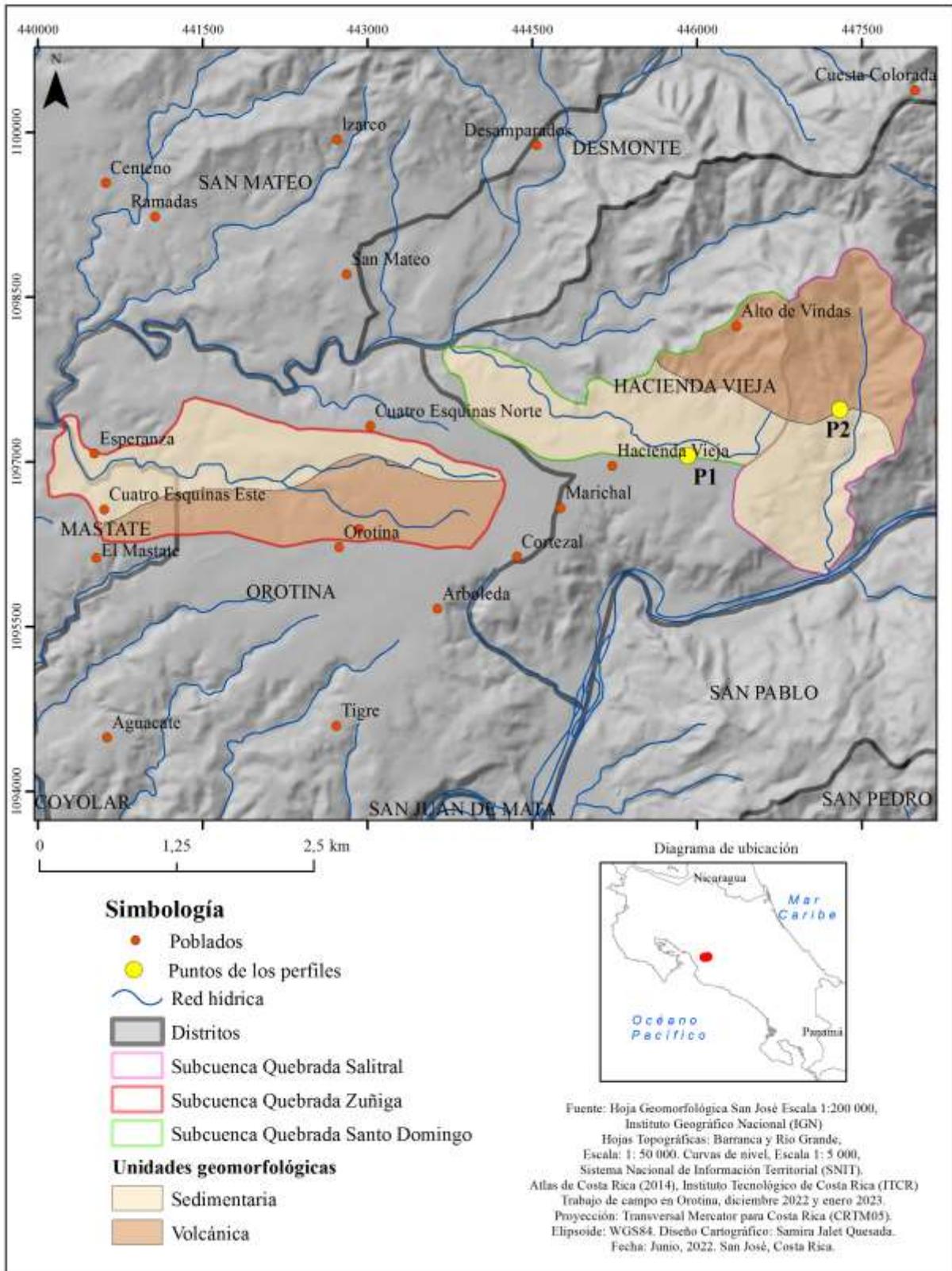
En relación con los parámetros de la forma de la cuenca, la anchura media de la cuenca indica que son subcuencas poco anchas, debido a que los datos se acercan a 1, lo que indica, junto con el coeficiente de compacidad, que tampoco se asimilan a un círculo, debido a que se alejan de 1. Por lo que se infiere que estas subcuencas no responden a una concentración de la red de drenajes, sino más bien responden a la distribución en el espacio de la red de drenajes, desarrollándose de manera dispersa y heterogénea. (Hernando, 2015)

4.2. Geomorfología

La geomorfología de las subcuencas en estudio corresponde a dos unidades geomórficas. Inicialmente, destaca la unidad Formas de Origen Volcánico, debido a que las evidencias en la actualidad, como cerros de forma cónica, son indicadores de conos volcánicos antiguos. Es decir, sugieren que el área de estudio es producto de una significativa actividad volcánica. Por lo tanto, predominan rocas volcánicas como: andesitas, basaltos, lavas, ignimbritas, piroclastos, depósitos de lahar, brechas, arena, ceniza y lapilli (Madrigal y Rojas, 1980 y Castillo, 1993).

Seguidamente, destaca la unidad Formas Sedimentario Aluvial, la cual es producto de relleno causado por los ríos (Madrigal y Rojas, 1980). De la descripción dada por Madrigal y Rojas (1980) se destaca que parte del área está compuesta por terrenos pedregosos y arcillosos, incluyendo rocas como areniscas, lulitas y conglomerados.

Mapa 2: Subcuencas: Quebrada Santo Domingo, Salitral y Zúñiga: geomorfología, 2022.



4.3.Suelos

Para las subcuencas en estudio, se identifican dos tipos de suelo general, siendo ultisoles y entisoles. Los primeros, se caracterizan por tener un rico sustento a base de arcilla, siendo de color rojizo, esto por causa de capas de óxido de hierro, además, presentan baja fertilidad. Por otra parte, los entisoles se caracterizan por presentar un desarrollo mínimo del suelo, lo que los posiciona como suelos jóvenes (*United States Department of Agriculture -USDA-*, 2015).

Además, dentro de la clasificación por Gran Grupo, es el Haplustalfs el que predomina mayoritariamente, se caracteriza por un horizonte del subsuelo argílico, lo cual significa que contiene una acumulación significativa de arcilla, disminuyendo la misma a partir de la profundidad de 150 cm. Por otra parte, el que tiene menor presencia es el Ustorthent que se caracterizan por presentar una humedad limitada para el crecimiento de los cultivos, es decir, es limitada, pero disponible en temporadas de crecimiento (*United States Department of Agriculture -USDA-*, 2015).

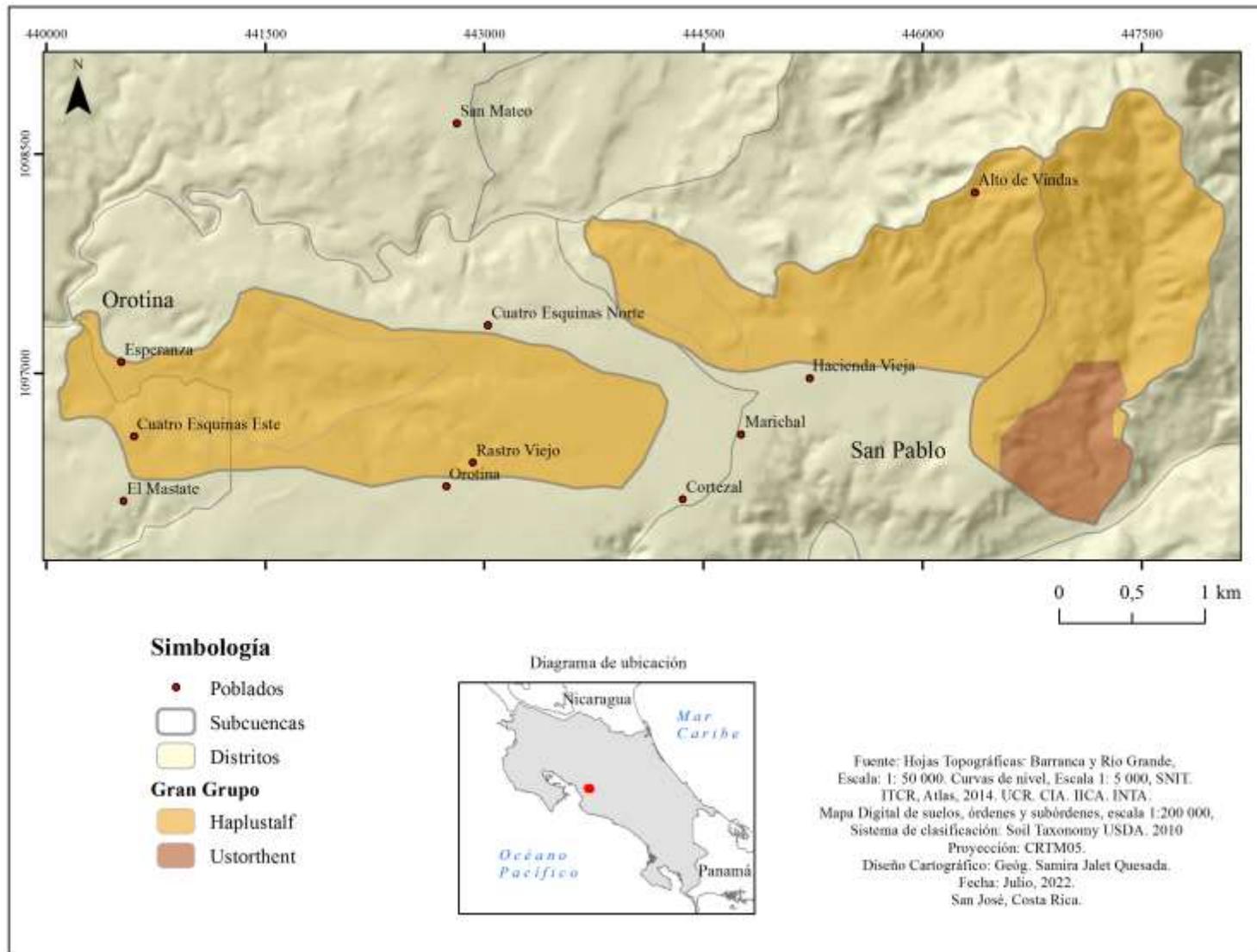
Asimismo, al obtener la Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente mediante el análisis de suelos, se identifican los siguientes resultados en cuanto al porcentaje de Agua Disponible y a la Lámina de Agua Disponible (LAD), siendo datos necesarios para la realización de los balances hídricos:

Tabla 14: Resultados del agua disponible y la LAD

Unidad geomorfológica	Uso de suelo	Agua disponible (%)	LAD (mm)
Volcánica	Bosque	3,51	70,21
	Pastos		5,27
Sedimentaria	Bosque	6,05	120,93
	Pastos		9,07

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo en el laboratorio, enero, 2023.

Mapa 3: Subcuencas: Quebrada Santo Domingo, Salitral y Zúñiga: tipo de suelos Gran Grupo, 2022.



4.4. Cobertura del suelo

Para fines de esta investigación, el uso del suelo se categoriza en 3 tipos, el primero es el uso de bosque -bosque secundario-, el cual se caracteriza por un predominio de cobertura vegetal, dominada por elementos arbóreos y arbustivos. Seguidamente, se destaca la categoría de pastos que se identifica por la presencia de espacios cubiertos por arbustos y árboles, sin un uso aparente como ganadería significativa. Por último, sobresale el uso urbano, siendo este un crecimiento urbanístico discontinuo, en donde se presentan edificaciones urbanas e infraestructura vial de manera dispersa y discontinua y en donde predomina una cobertura vegetal en los alrededores (Rosales, 2015).

A continuación, se detalla el área de cada uso del suelo por subcuenca.

➤ Subcuenca Quebrada Santo Domingo

Para esta área, el uso de suelo que predomina es el bosque, siguiendo el uso de suelo de pasto y como mínimo se encuentra el uso de suelo urbano discontinuo. En dicha subcuenca y en la de Quebrada Salitral, se encuentra la comunidad de Hacienda Vieja (Ver tabla 9 y figura 3).

Tabla 15: Subcuenca Quebrada Santo Domingo: uso del suelo, 2022.

Uso de la tierra	Área (km ²)
Bosque	2,13
Pastos	0,41
Urbano	0,12
<i>Total</i>	<i>2,66</i>

Fuente: Elaboración propia a partir de Ortofotos-SNIT-Programa de Regulación y Registro-IGN, 2005. MAG-INTA, 2015. Google Maps, 2019-2022. Trabajo de campo, 2019-2022.

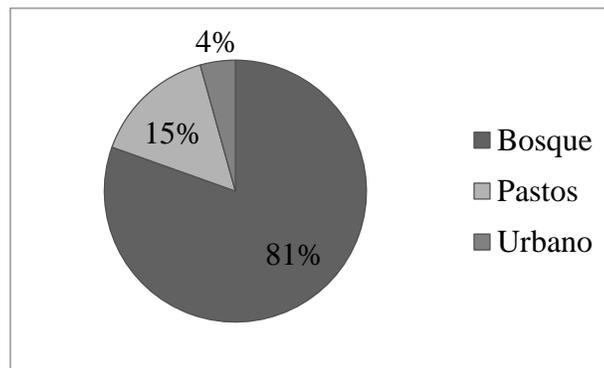


Figura 8: Porcentaje del uso del suelo, subcuenca Santo Domingo, 2022.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ortofotos-SNIT-Programa de Regulación y Registro-IGN, 2005. MAG-INTA, 2015. Google Maps, 2019-2022. Trabajo de campo, 2019-2022.

➤ Subcuenca Quebrada Salitral

Esta subcuenca presenta mayoritariamente el uso de suelo de bosque, siendo seguido del uso de suelo de pasto, presentando de manera dispersa y en menor porcentaje el uso de suelo urbano (Ver tabla 10 y figura 4).

Tabla 16: Subcuenca Quebrada Salitral: uso del suelo, 2022.

Uso de la tierra	Área (km ²)
Bosque	2,42
Pastos	0,37
Urbano	0,07
<i>Total</i>	<i>2,86</i>

Fuente: Elaboración propia a partir de Ortofotos-SNIT-Programa de Regulación y Registro-IGN, 2005. MAG-INTA, 2015. Google Maps, 2019-2022. Trabajo de campo, 2019-2022.

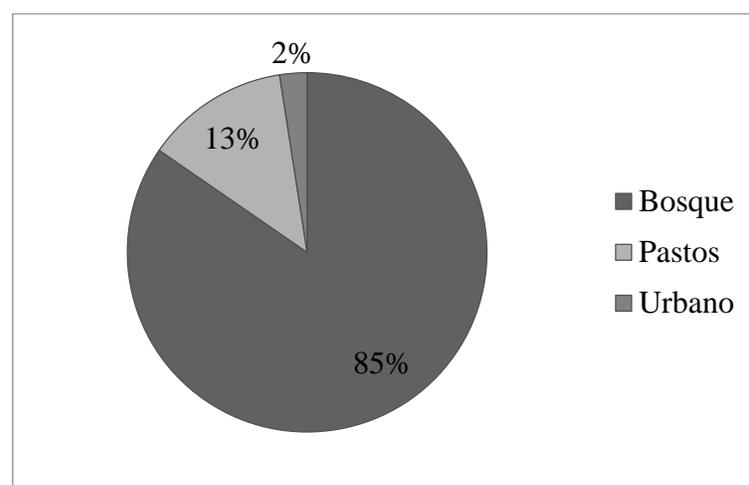


Figura 9: Porcentaje del uso del suelo, subcuenca Quebrada Salitral, 2022

Fuente: Elaboración propia a partir de Ortofotos-SNIT-Programa de Regulación y Registro-IGN, 2005. MAG-INTA, 2015. Google Maps, 2019-2022. Trabajo de campo, 2019-2022.

➤ Subcuenca Quebrada Zúñiga

La subcuenca de la Quebrada Zúñiga se caracteriza por la presencia mayoritaria del uso urbano en comparación con las otras dos subcuencas. Por extensión territorial es mayor el uso del suelo de bosque, seguido del urbano y, por último, por el pasto. Asimismo, esta subcuenca se caracteriza por incluir el centro de población de Orotina, así como la comunidad de Cuatro Esquinas (Ver tabla 11 y figura 5).

Tabla 17: Subcuenca Quebrada Zúñiga: uso del suelo, 2022

Uso de la tierra	Área (km ²)
Bosque	1,70
Urbano	1,49
Pastos	0,59
<i>Total</i>	3,78

Fuente: Elaboración propia a partir de Ortofotos-SNIT-Programa de Regulación y Registro-IGN, 2005. MAG-INTA, 2015. Google Maps, 2022. Trabajo de campo, 2022.

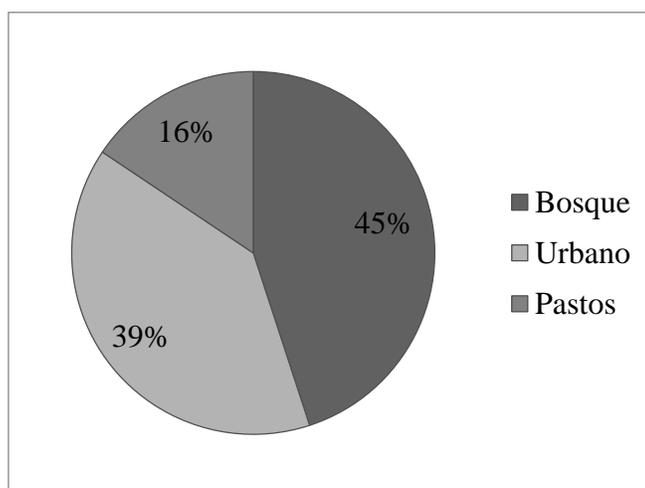
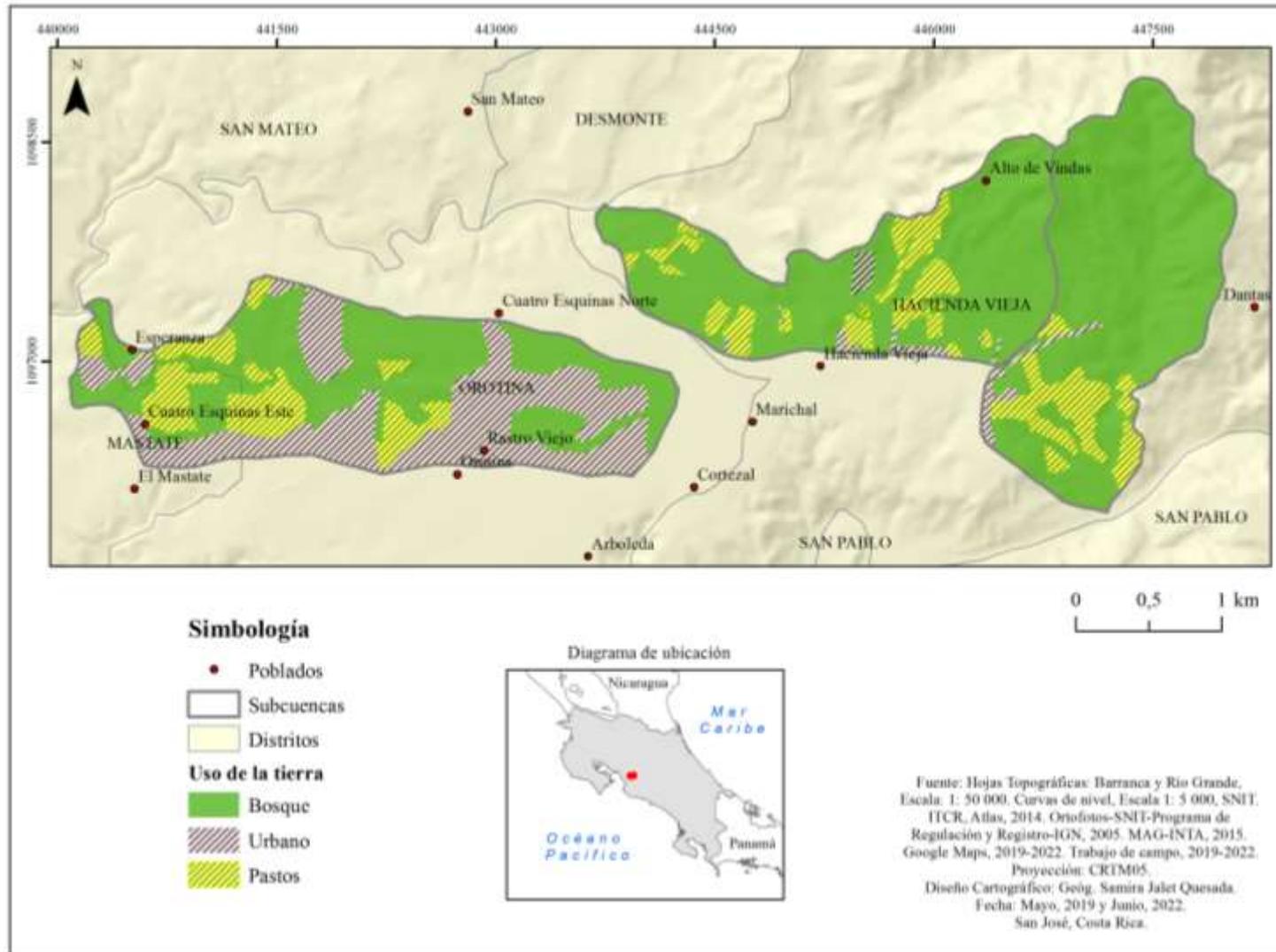


Figura 10: Porcentaje del uso del suelo, subcuenca Quebrada Zúñiga, 2022

Fuente: Elaboración propia a partir de Ortofotos-SNIT-Programa de Regulación y Registro-IGN, 2005. MAG-INTA, 2015. Google Maps, 2022. Trabajo de campo, 2022.

Mapa 4: Subcuencas: Quebrada Santo Domingo, Salitral y Zúñiga: uso del suelo, 2022.



4.5.Clima

A partir de los datos obtenidos, se obtienen 3 zonas climáticas (ver tabla 18), en donde, al correlacionar el Índice Hídrico con la altitud ($R^2=0,8262$), se demuestra que existe relación directa entre el Índice Hídrico y la altitud (ver figura 11).

Tabla 18: Zonas climáticas y Grupos Climáticos

Altitud (msnm)	Índice Hídrico	Grupos climáticos		
		Índice hídrico (%)	Denominación	Simbología
250	20	20-0	Subhúmedo	B
500	40	40-20	Húmedo	C
750	60	60-40	Húmedo	D

Fuente: Elaboración propia, 2023 y Hernando, 1988, según Sibaja, 2013, p. 133.

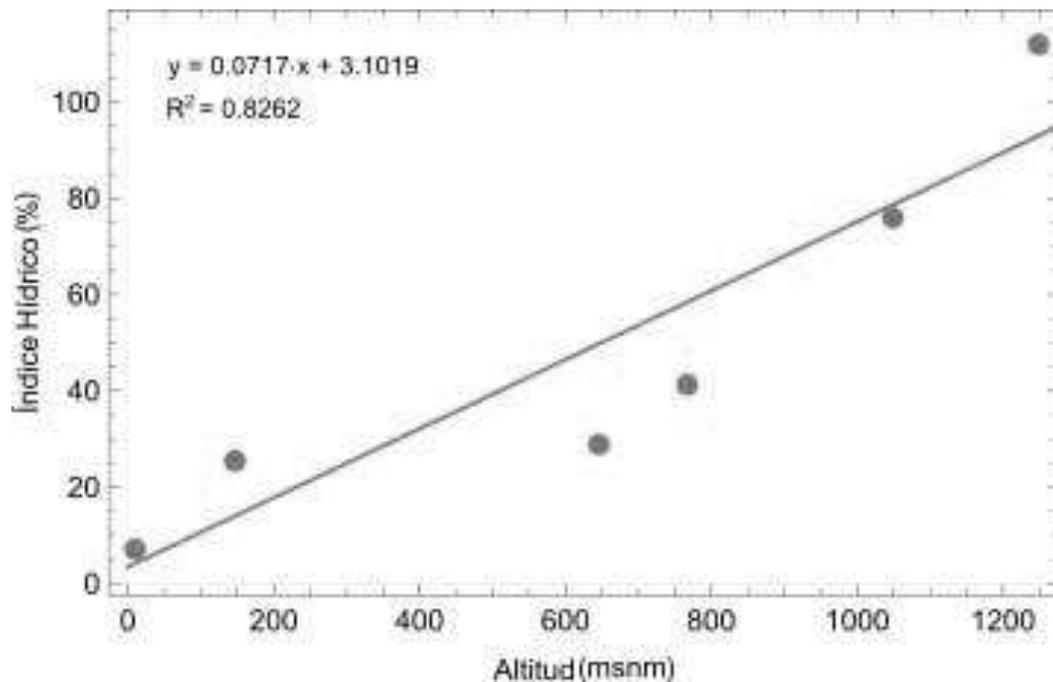


Figura 11: Subcuencas Quebrada Santo Domingo, Zúñiga y Salitral: Índice Hídrico

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de precipitación y temperatura facilitadas por las estaciones meteorológicas del IMN, 2023.

1. Zona climática I

Presenta como límite un hídrico de 20%, comprende altitudes entre 0 y 250 msnm, siendo la zona de más baja altitud. Tiene una extensión de 4,89 km², siendo la de mayor extensión. La precipitación media anual es de 2202,12 mm, la evapotranspiración potencial anual es de 1740,92 mm y la temperatura media anual es de 26,86 °C.

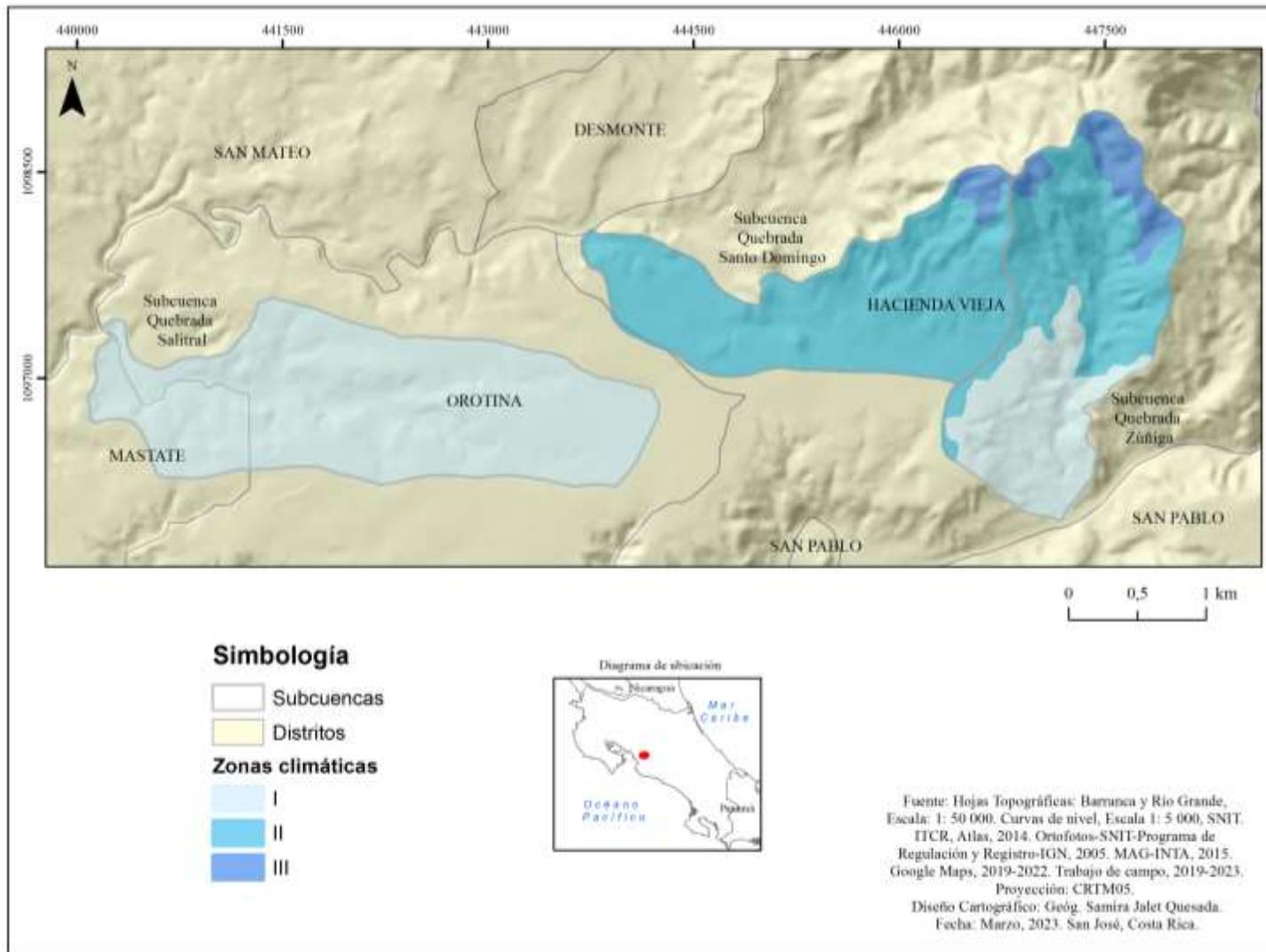
2. Zona climática II

Se encuentra entre los índices hídricos del 20% al 40%, la altitud comprende desde los 250 hasta los 500 msnm. La extensión es de 4,04 km². La precipitación media anual presente es de 2060,60 mm, la evapotranspiración potencial anual es de 1613,49 mm y la temperatura media anual es de 24,03 °C.

3. Zona climática III

El límite hídrico se encuentra entre el 40% al 60%, comprendiendo la altitud entre los 500 y 750 msnm. La extensión es de 0,42 km², posicionándose como la zona con menor extensión. La precipitación media anual corresponde a 2252,62 mm, la evapotranspiración potencial anual es de 1582,90 mm, con una temperatura de 23,34 °C.

Mapa 5: Subcuencas: Quebrada Santo Domingo, Salitral y Zúñiga: zonas climáticas, 2023.



B. Caracterización hidrológica

4.6. Balance hídrico

Para la zona climática I, como unidad geomorfológica considerada sedimentaria y volcánica; como uso de suelo actual incluye bosque y pastos. Además, esta zona al considerar las partes más bajas del área en estudio se caracteriza por presentar la mayor urbanización del área.

Según las unidades geomorfológicas y los usos de suelo, para la realización de los balances hídricos pertenecientes a la zona climática I, se propone construir los siguientes grupos: A) sedimentaria y bosque; 1,9 km² (ver cuadro 1), B) sedimentaria y pastos; 0,69 km² (ver cuadro 2), C) volcánica y bosque; 0,50 km² (ver cuadro 3) y D) volcánica y pastos; 0,24 km² (ver cuadro 4).

Al observar los datos en los cuadros 1, 2, 3 y 4, según la precipitación (P), se identifica el inicio del periodo seco en diciembre (34,29 mm), extendiéndose hasta abril (37,76 mm). Esto se debe a que durante tales meses la P es baja, en comparación a los meses de mayo a noviembre, siendo este el periodo lluvioso.

Para el caso del punto A -sedimentario y bosque- (ver cuadro 1), al observar la HSD, diciembre muestra una menor cantidad de agua disponible (59,70 mm) en comparación con los meses anteriores -mayo a noviembre-, cediendo a las plantas 61,23 mm. La ETA de diciembre (95,52 mm) es menor que los meses anteriores comprendidos entre mayo y noviembre, lo cual indica que hay menor cantidad de agua, dando paso al periodo seco, presenta un déficit de 36,07 mm que aumenta de enero a marzo, disminuyendo en abril y no se presenta de mayo a noviembre, debido al periodo lluvioso, por lo que, contrariamente, refleja ganancia.

En el mes de enero, al observar la Δ HSD (41,84 mm), se extiende el proceso de marchitamiento, puesto que, al ser el periodo seco de baja precipitación, las plantas solo pueden obtener agua del suelo, por lo que este tiene disponibilidad de ella hasta marzo (3,42 mm) durante el periodo seco.

Ahora bien, considerando el punto B -sedimentaria y pastos- (ver cuadro 2), la HSD del mes de diciembre corresponde a 0, siendo este el mismo valor para los meses del periodo seco. Ello indica que no hay cantidad de agua disponible, sin poder ceder a las plantas. Vale la pena señalar que existe una relación entre el resultado, la profundidad de las raíces (15 mm) y las altas temperaturas en la zona, lo que limita la retención del agua. La ETA para diciembre es de 43,36 mm, por ende, es

menor que los meses anteriores comprendidos entre mayo y noviembre, disminuyendo a su vez en los meses de enero a marzo -periodo seco-, aumentando en abril, cuando se da la transición al periodo lluvioso.

El proceso de marchitamiento continúa en el mes de enero, como bien se indicó anteriormente, el valor de 0 en la HSD refiere a que no hay disponibilidad de agua para tomar, lo cual se mantiene hasta abril. Esto responde el motivo de los datos del déficit de los meses de diciembre a abril, dado a que el mismo aumenta, sin tener ganancias, sino hasta el inicio del periodo lluvioso en mayo.

Seguidamente, con el punto C -volcánica y bosque- (ver cuadro 3), la HSD para diciembre (17,08 mm) refleja una menor cantidad de agua que los meses anteriores -mayo a noviembre-, cediendo a las plantas un 53,13 mm. La ETA de diciembre (87,42 mm) es menor que los meses comprendidos entre mayo y noviembre -periodo lluvioso-, presentando un déficit de 44,17 mm. Según los datos, el uso de suelo de bosque retiene mayor humedad en los suelos con la unidad geomorfológica sedimentaria, pero al vincularse con la unidad geomorfológica volcánica, dicha retención de humedad disminuye.

Asimismo, a partir de enero, continúa el proceso de marchitamiento, debido a que es el periodo seco y las plantas solo pueden obtener el agua del suelo, obtención que se mantiene hasta abril (0,03 mm), lo cual resalta la presencia de un déficit en aumento desde diciembre (87,42 mm) hasta marzo (166,04 mm), en abril se presenta un déficit de 128,73 mm. Además, para el periodo lluvioso -mayo a noviembre-, se presenta ganancia.

Ahora, considerando el punto D -volcánico y pastos- (ver cuadro 4), se identifica que la HSD perteneciente al mes de diciembre da como resultado 0, de igual manera que el punto B. Ello indica que no hay cantidad de agua disponible, sin poder ceder a las plantas. La ETA para diciembre corresponde a 39,56 mm, dato menor que los meses que abarcan de mayo a noviembre, reflejando un déficit en diciembre de 92,03 mm, el cual va en aumento hasta marzo (166,37 mm), siendo en abril de 128,76 mm. Por ende, es durante los meses del periodo seco que existe un déficit en comparación con los meses del periodo lluvioso.

Cuadro 1: Balance hídrico 1

Zona climática

I

Unidad geomorfológica Sedimentaria

Profundidad de las raíces 200 cm

Uso del suelo Bosque

Agua disponible 6,05 %

Área (km²) 1,90266

LAD 120,93 mm

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
P	12,52	6,60	9,72	37,76	266,82	297,59	238,05	367,37	422,25	372,87	136,28	34,29	2202,12
ETP	142,01	143,30	176,09	166,52	155,61	132,07	128,91	156,39	148,21	137,56	122,67	131,59	1740,92
P-ETP	-129,49	-136,70	-166,37	-128,76	111,21	165,52	109,14	210,98	274,04	235,31	13,61	-97,30	
PPA	-226,79	-266,19	-303,07	-295,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-83,69	
HSD	17,86	12,81	9,38	10,03	120,93	120,93	120,93	120,93	120,93	120,93	120,93	59,70	956,29
ΔHSD	41,84	5,05	3,42	-0,65	-110,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	61,23	223,09
ETA	54,36	11,65	13,14	37,11	155,61	132,07	128,91	156,39	148,21	137,56	122,67	95,52	1193,20
D	87,65	131,65	162,94	129,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	36,07	547,72
G	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	165,52	109,14	210,98	274,04	235,31	13,61	0,00	1008,92

Notas:

P: Precipitación

HSD: humedad del suelo disponible

G: ganancia

ETP: evapotranspiración potencial

ETA: evapotranspiración actual

PPA: pérdida potencial acumulada

D: déficit

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de precipitación (años 1965 a 1974) (IMN), 2023.

Cuadro 2: Balance hídrico 2

Zona climática

I

Unidad geomorfológica Sedimentaria

Profundidad de las raíces 15 cm

Uso del suelo Pastos

Agua disponible 6,05 %

Área (km²) 0,69325

LAD 9,07 mm

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
P	12,52	6,60	9,72	37,76	266,82	297,59	238,05	367,37	422,25	372,87	136,28	34,29	2202,12
ETP	142,01	143,30	176,09	166,52	155,61	132,07	128,91	156,39	148,21	137,56	122,67	131,59	1740,92
Pc-ETP	-129,49	-136,70	-166,37	-128,76	111,21	165,52	109,14	210,98	274,04	235,31	13,61	-97,30	
PPA	-226,79	-363,49	-529,86	-658,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-97,30	
HSD	0,00	0,00	0,00	0,00	9,07	9,07	9,07	9,07	9,07	9,07	9,07	0,00	63,49
ΔHSD	0,00	0,00	0,00	0,00	9,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-9,07	18,14
ETA	12,52	6,60	9,72	37,76	155,61	132,07	128,91	156,39	148,21	137,56	122,67	43,36	1091,37
D	129,49	136,70	166,37	128,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	88,23	649,55
G	0,00	0,00	0,00	0,00	102,14	165,52	109,14	210,98	274,04	235,31	13,61	0,00	1110,75

Notas:

P: Precipitación

HSD: humedad del suelo disponible

G: ganancia

ETP: evapotranspiración potencial

ETA: evapotranspiración actual

PPA: pérdida potencial acumulada

D: déficit

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de precipitación (años 1965 a 1974) (IMN), 2023.

Cuadro 3: Balance hídrico 3

Zona climática	I		
Unidad geomorfológica	Volcánica	Profundidad de las raíces	200 cm
Uso del suelo	Bosque	Agua disponible	3,51 %
Área (km2)	0,499647	LAD	70,21 mm

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
P	12,52	6,60	9,72	37,76	266,82	297,59	238,05	367,37	422,25	372,87	136,28	34,29	2202,12
ETP	142,01	143,30	176,09	166,52	155,61	132,07	128,91	156,39	148,21	137,56	122,67	131,59	1740,92
Pc-ETP	-129,49	-136,70	-166,37	-128,76	111,21	165,52	109,14	210,98	274,04	235,31	13,61	-97,30	
PPA	-226,79	-363,49	-529,86	-658,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-97,30	
HSD	2,60	0,36	0,03	0,00	70,21	70,21	70,21	70,21	70,21	70,21	70,21	17,08	511,55
ΔHSD	-14,48	-2,25	-0,33	-0,03	70,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-53,13	140,41
ETA	27,00	8,85	10,05	37,79	155,61	132,07	128,91	156,39	148,21	137,56	122,67	87,42	1152,51
D	115,02	134,45	166,04	128,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	44,17	588,41
G	0,00	0,00	0,00	0,00	41,01	165,52	109,14	210,98	274,04	235,31	13,61	0,00	1049,61

Notas:

P: Precipitación

ETP: evapotranspiración potencial

PPA: pérdida potencial acumulada

HSD: humedad del suelo disponible

ETA: evapotranspiración actual

D: déficit

G: ganancia

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de precipitación (años 1965 a 1974) (IMN), 2023.

Cuadro 4: Balance hídrico 4

Zona climática	I		
Unidad geomorfológica	Volcánica	Profundidad de las raíces	15 cm
Uso del suelo	Pasto	Agua disponible	3,51 %
Área (km2)	0,237877	LAD	5,27 mm

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
P	12,52	6,60	9,72	37,76	266,82	297,59	238,05	367,37	422,25	372,87	136,28	34,29	2202,12
ETP	142,01	143,30	176,09	166,52	155,61	132,07	128,91	156,39	148,21	137,56	122,67	131,59	1740,92
Pc-ETP	-129,49	-136,70	-166,37	-128,76	111,21	165,52	109,14	210,98	274,04	235,31	13,61	-97,30	
PPA	-226,79	-363,49	-529,86	-658,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-97,30	
HSD	0,00	0,00	0,00	0,00	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	0,00	36,89
ΔHSD	0,00	0,00	0,00	0,00	5,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,27	10,54
ETA	12,52	6,60	9,72	37,76	155,61	132,07	128,91	156,39	148,21	137,56	122,67	39,56	1087,57
D	129,49	136,70	166,37	128,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	92,03	653,35
G	0,00	0,00	0,00	0,00	105,94	165,52	109,14	210,98	274,04	235,31	13,61	0,00	1114,55

Notas:

P: Precipitación

ETP: evapotranspiración potencial

PPA: pérdida potencial acumulada

HSD: humedad del suelo disponible

ETA: evapotranspiración actual

D: déficit

G: ganancia

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de precipitación (años 1965 a 1974) (IMN), 2023.

La zona climática II presenta las unidades geomorfológicas sedimentarias y volcánicas y los usos de suelo de bosque y pastos. Por lo tanto, para aplicar el método del balance hídrico se agrupan en: A) sedimentaria y bosque; 1,8 km² (ver cuadro 5), B) sedimentaria y pastos; 0,32 km² (ver cuadro 6), C) volcánica y bosque; 1,72 km² (ver cuadro 7) y D) volcánica y pastos; 0,08 km² (ver cuadro 8).

Al observar los datos en los cuadros 5, 6, 7 y 8, al igual que la Zona Climática I, se identifica el inicio del periodo seco de diciembre (18,02 mm) hasta abril (100,57 mm).

Para el caso del punto A (sedimentario y bosque) (ver cuadro 5), al observar la HSD, diciembre muestra una menor cantidad de agua disponible (50,53 mm) en comparación con los meses anteriores -mayo a noviembre-, cediendo a las plantas 70,40 mm. La ETA de diciembre (88,42 mm) es menor que los meses anteriores -mayo y noviembre-, presenta un déficit de 33,06 mm, disminuye esta ETA de enero hasta marzo, aumenta en abril por la transición entre el periodo seco y lluvioso. Asimismo, el déficit aumenta de enero a marzo y disminuye en abril, presentado ganancias de mayo a noviembre.

Asimismo, en el mes de enero se extiende el proceso de marchitamiento, debido a que es el periodo seco y las plantas solo pueden obtener el agua del suelo, dicha obtención se mantiene hasta el mes de abril (0,90 mm).

El punto B -sedimentaria y pastos- (ver cuadro 6), en donde la HSD del mes de diciembre corresponde a 0, siendo este el mismo valor para los meses del periodo seco, lo que indica que no hay cantidad de agua disponible, sin poder ceder a las plantas. La ETA para diciembre es de 27,09 mm, menor que en los meses anteriores comprendidos entre abril y noviembre, teniendo un déficit de 94,39 mm, el cual va en aumento hasta el mes de marzo, disminuye en abril, sin presentarse déficit entre los meses de mayo a noviembre, presentando más bien ganancia por el periodo lluvioso.

El proceso de marchitamiento continúa en el mes de enero, como se indicó, el valor de 0 refiere a que no hay disponibilidad de agua para tomar, lo que se mantiene hasta abril.

Continuando con el punto C -volcánica y bosque- (ver cuadro 7), la HSD para diciembre es de 15,62 mm, lo que refleja una menor cantidad de agua que los meses anteriores -mayo a noviembre-, cediendo a las plantas un 54,59 mm. La ETA para el mismo mes corresponde a un 72,61 mm, siendo menor que los meses comprendidos entre mayo y noviembre, correspondientes al periodo lluvioso. Presenta un déficit de 48,87 mm, el cual aumenta en los meses de enero, febrero y marzo, disminuye

en abril. Se identifican, además, las ganancias obtenidas en los meses del periodo lluvioso -mayo a noviembre-.

Asimismo, a partir de enero, continúa el proceso de marchitamiento, debido a que es el periodo seco y las plantas solo pueden obtener el agua del suelo hasta abril (0,05 mm).

Ahora, considerando el punto D -volcánico y pastos- (ver cuadro 8), se identifica que la HSD perteneciente al mes de diciembre da como resultado 0, esto indica que no hay cantidad de agua disponible, sin ceder a las plantas. La ETA para diciembre corresponde a 23,29 mm, siendo este dato menor que los meses de abril a noviembre, con un déficit en diciembre de 98,19 mm, el cual va en aumento hasta marzo (140,22 mm), siendo en abril de 54 mm (periodo seco).

Cuadro 5: Balance hídrico 5

Zona climática	II		
Unidad geomorfológica	Sedimentaria	Profundidad de las raíces	200 cm
Uso del suelo	Bosque	Agua disponible	6,05 %
Área (km2)	1,80175	LAD	120,93 mm

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
P	19,36	25,00	22,50	100,57	301,93	284,23	200,12	309,02	343,75	315,84	120,27	18,02	2060,60
ETP	130,69	131,97	162,71	154,57	144,70	123,03	120,31	144,82	137,86	127,74	113,60	121,48	1613,49
Pc-ETP	-111,33	-106,97	-140,22	-54,00	157,23	161,19	79,80	164,20	205,89	188,10	6,67	-103,46	
PPA	-214,79	-321,76	-461,97	-515,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-103,46	
HSD	19,76	8,02	2,46	1,56	120,93	120,93	120,93	120,93	120,93	120,93	120,93	50,53	928,82
ΔHSD	-30,77	-11,74	-5,56	-0,90	119,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-70,40	238,74
ETA	50,13	36,74	28,06	101,47	144,70	123,03	120,31	144,82	137,86	127,74	113,60	88,42	1216,89
D	80,56	95,22	134,66	53,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,06	396,60
G	0,00	0,00	0,00	0,00	37,86	161,19	79,80	164,20	205,89	188,10	6,67	0,00	843,71

Notas:

P: Precipitación

ETP: evapotranspiración potencial

PPA: pérdida potencial acumulada

HSD: humedad del suelo disponible

ETA: evapotranspiración actual

D: déficit

G: ganancia

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de precipitación (años 1965 a 1974) (IMN), 2023.

Cuadro 6: Balance hídrico 6

Zona climática

II

Unidad geomorfológica Sedimentaria

Profundidad de las raíces 15 cm

Uso del suelo Pasto

Agua disponible 6,05 %

Área (km2) 0,321778

LAD 9,07 mm

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
P	19,36	25,00	22,50	100,57	301,93	284,23	200,12	309,02	343,75	315,84	120,27	18,02	2060,60
ETP	130,69	131,97	162,71	154,57	144,70	123,03	120,31	144,82	137,86	127,74	113,60	121,48	1613,49
Pc-ETP	-111,33	-106,97	-140,22	-54,00	157,23	161,19	79,80	164,20	205,89	188,10	6,67	-103,46	
PPA	-214,79	-321,76	-461,97	-515,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-103,46	
HSD	0,00	0,00	0,00	0,00	9,07	9,07	9,07	9,07	9,07	9,07	9,07	0,00	63,49
ΔHSD	0,00	0,00	0,00	0,00	9,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-9,07	18,14
ETA	19,36	25,00	22,50	100,57	144,70	123,03	120,31	144,82	137,86	127,74	113,60	27,09	1106,58
D	111,33	106,97	140,22	54,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	94,39	506,90
G	0,00	0,00	0,00	0,00	148,16	161,19	79,80	164,20	205,89	188,10	6,67	0,00	954,01

Notas:

P: Precipitación

HSD: humedad del suelo disponible

G: ganancia

ETP: evapotranspiración potencial

ETA: evapotranspiración actual

PPA: pérdida potencial acumulada

D: déficit

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de precipitación (años 1965 a 1974) (IMN), 2023.

Cuadro 7: Balance hídrico 7

Zona climática	II		
Unidad geomorfológica	Volcánica	Profundidad de las raíces	200 cm
Uso del suelo	Bosque	Agua disponible	3,51 %
Área (km2)	1,71856	LAD	70,21 mm

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
P	19,36	25,00	22,50	100,57	301,93	284,23	200,12	309,02	343,75	315,84	120,27	18,02	2060,60
ETP	130,69	131,97	162,71	154,57	144,70	123,03	120,31	144,82	137,86	127,74	113,60	121,48	1613,49
Pc-ETP	-111,33	-106,97	-140,22	-54,00	157,23	161,19	79,80	164,20	205,89	188,10	6,67	-103,46	
PPA	-214,79	-321,76	-461,97	-515,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-103,46	
HSD	3,10	0,66	0,09	0,04	70,21	70,21	70,21	70,21	70,21	70,21	70,21	15,62	510,97
ΔHSD	-12,52	-2,44	-0,57	-0,05	70,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-54,59	140,34
ETA	31,88	27,44	23,07	100,61	144,70	123,03	120,31	144,82	137,86	127,74	113,60	72,61	1167,69
D	98,81	104,52	139,65	53,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,87	445,80
G	0,00	0,00	0,00	0,00	87,06	161,19	79,80	164,20	205,89	188,10	6,67	0,00	892,91

Notas:

P: Precipitación

ETP: evapotranspiración potencial

PPA: pérdida potencial acumulada

HSD: humedad del suelo disponible

ETA: evapotranspiración actual

D: déficit

G: ganancia

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de precipitación (años 1965 a 1974) (IMN), 2023.

Cuadro 8: Balance hídrico 8

Zona climática	II		
Unidad geomorfológica	Volcánica	Profundidad de las raíces	15 cm
Uso del suelo	Pastos	Agua disponible	3,51 %
Área (km2)	0,081682	LAD	5,27 mm

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
P	19,36	25,00	22,50	100,57	301,93	284,23	200,12	309,02	343,75	315,84	120,27	18,02	2060,60
ETP	130,69	131,97	162,71	154,57	144,70	123,03	120,31	144,82	137,86	127,74	113,60	121,48	1613,49
Pc-ETP	-111,33	-106,97	-140,22	-54,00	157,23	161,19	79,80	164,20	205,89	188,10	6,67	-103,46	
PPA	-214,79	-321,76	-461,97	-515,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-103,46	
HSD	0,00	0,00	0,00	0,00	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	5,27	0,00	36,89
ΔHSD	0,00	0,00	0,00	0,00	5,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-5,27	10,54
ETA	19,36	25,00	22,50	100,57	144,70	123,03	120,31	144,82	137,86	127,74	113,60	23,29	1102,78
D	111,33	106,97	140,22	54,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	98,19	510,70
G	0,00	0,00	0,00	0,00	151,96	161,19	79,80	164,20	205,89	188,10	6,67	0,00	957,81

Notas:

P: Precipitación

ETP: evapotranspiración potencial

PPA: pérdida potencial acumulada

HSD: humedad del suelo disponible

ETA: evapotranspiración actual

D: déficit

G: ganancia

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de precipitación (años 1965 a 1974) (IMN), 2023.

La zona climática III, presenta la unidad geomorfológica volcánica y el uso de suelo de bosque, siendo su extensión de 0,42 km². Al observar los datos, al igual que las zonas climáticas previas, se identifica el inicio del periodo seco de diciembre (31,23 mm) hasta abril (65,67 mm). Siendo el periodo lluvioso desde mayo hasta noviembre (Ver cuadro 9)

En esta zona, para diciembre la HSD es de 19,60 mm, disminuyendo en los meses de enero, febrero, marzo y abril, dado que es el periodo seco, cediendo a las plantas 50,61 mm. La ETA de diciembre es de 81,84 mm, siendo el valor menor que los valores pertenecientes al periodo lluvioso. El déficit presente en diciembre corresponde a 37,22 mm, aumenta en los meses de enero, febrero y marzo, disminuye en abril, sin presenciar datos de déficit desde mayo a noviembre, puesto que corresponde con el periodo lluvioso, reflejado esto en las ganancias.

Asimismo, en el mes de enero hasta abril, continúa el proceso de marchitamiento, debido a que al ser el periodo seco solamente se obtiene agua del suelo, siendo para enero un valor de 15,88 mm, aún con almacenamiento de humedad para el mes de abril (0,06 mm).

Cuadro 9: Balance hídrico 9

Zona climática	III		
Unidad geomorfológica	Volcánica	Profundidad de las raíces	200 cm
Uso del suelo	Bosque	Agua disponible	3,51 %
Área (km2)	0,420907	LAD	70,21 mm

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
P	13,55	7,92	14,63	65,67	312,95	303,91	215,51	328,68	424,97	390,41	143,19	31,23	2252,62
ETP	127,98	129,25	159,50	151,69	142,08	120,86	118,24	142,04	135,38	125,39	111,42	119,06	1582,90
Pc-ETP	-114,43	-121,33	-144,87	-86,02	170,87	183,05	97,27	186,64	289,59	265,02	31,77	-87,83	
PPA	-202,26	-323,59	-468,47	-554,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-87,83	
HSD	3,72	0,64	0,08	0,02	70,21	70,21	70,21	70,21	70,21	70,21	70,21	19,60	515,52
^HSD	-15,88	-3,08	-0,56	-0,06	70,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-50,61	140,38
ETA	29,43	11,00	15,19	65,73	142,08	120,86	118,24	142,04	135,38	125,39	111,42	81,84	1098,61
D	98,55	118,25	144,31	85,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,22	484,30
G	0,00	0,00	0,00	0,00	100,68	183,05	97,27	186,64	289,59	265,02	31,77	0,00	1154,01

Notas:

P: Precipitación

ETP: evapotranspiración potencial

PPA: pérdida potencial acumulada

HSD: humedad del suelo disponible

ETA: evapotranspiración actual

D: déficit

G: ganancia

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de precipitación (años 1965 a 1974) (IMN), 2023.

4.7. Disponibilidad del recurso hídrico

Al observar los resultados de la aplicación de la metodología del índice de escasez al área de estudio (ver anexo 21), se identifica una categoría del índice de escasez medio.

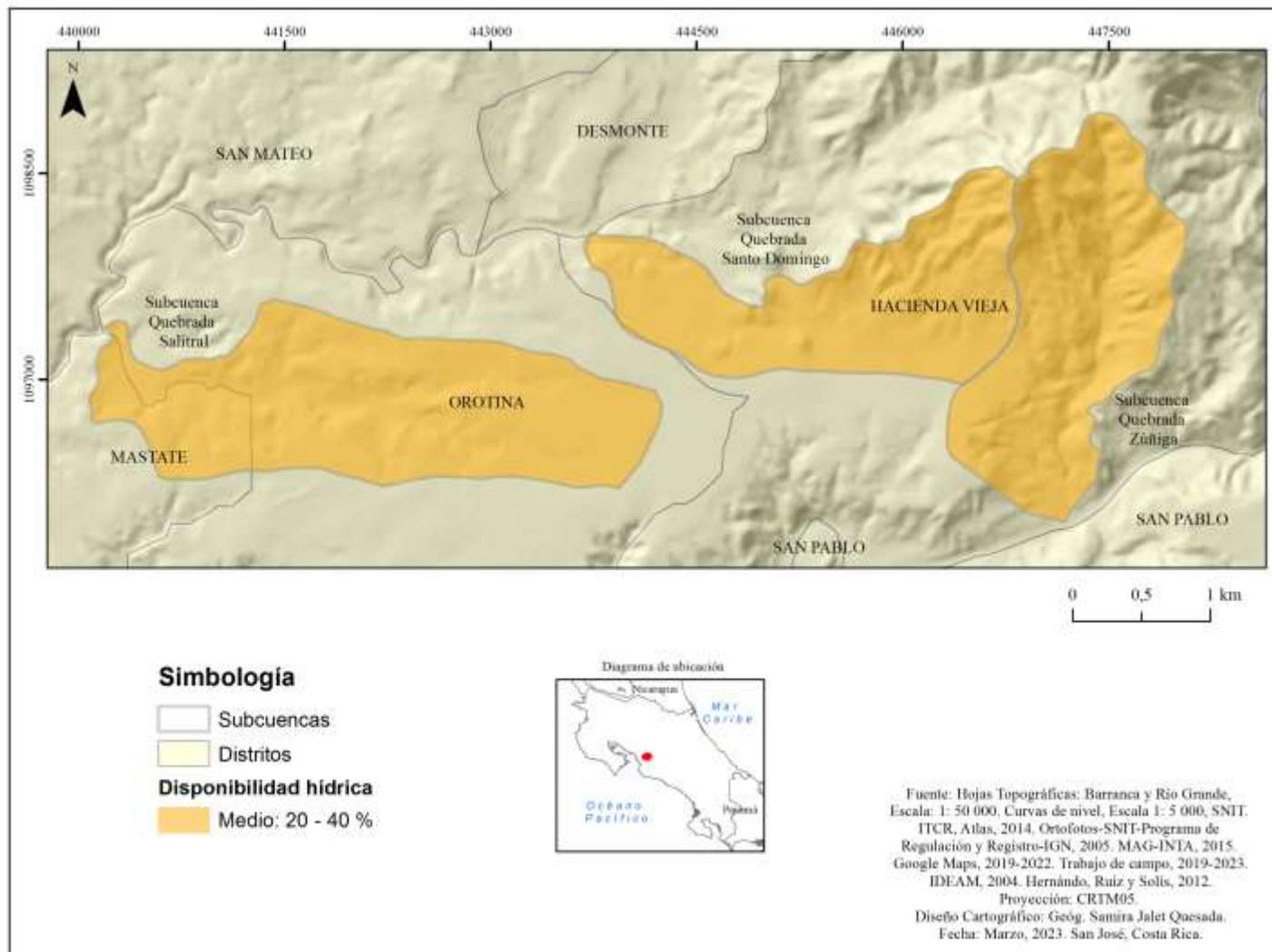
Esto indica una disponibilidad hídrica moderada en la totalidad del área de estudio (9,3 km²), por lo que incluye los usos de suelo presentes: bosque y pastos, abarcando las tres zonas climáticas, en donde la precipitación oscila entre los 2060,60 mm y los 2252,62 mm (Ver mapa 6).

Para esto se debe tener presente que el área de estudio es de corta extensión, por lo que los fenómenos físico-geográficos no van a variar significativamente, debido al principio de relación espacial. Asimismo, es un área que se caracteriza por ser rural, presentando una baja aglomeración urbana, la cual se encuentra dispersa en la mayoría del área.

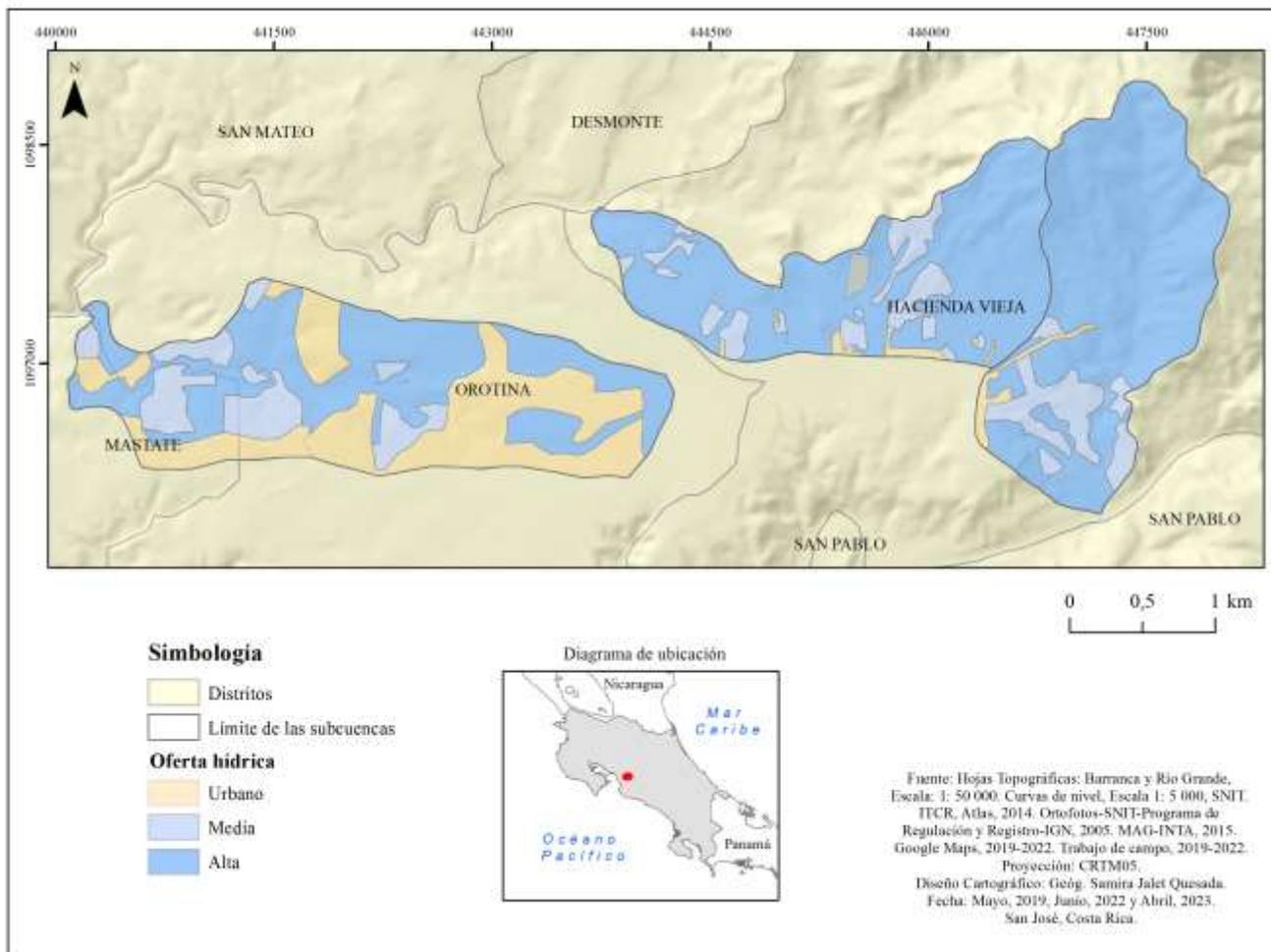
De esta manera, se indica que debe existir un ordenamiento en cuanto a la oferta y la demanda del recurso hídrico, dado que la tendencia, de no ser regulado el crecimiento urbano o la extensión de la actividad ganadera -pastos-, es alcanzar una disponibilidad baja de la cuenca. Lo anterior, es una fuerte presión para el desarrollo del crecimiento urbanístico y otras actividades vinculadas a la economía (Ver mapa 7 y 8).

Por lo tanto, se debe de trabajar en función de priorizar el resguardo de las áreas que presentan el uso de suelo de bosque, debido a que en él se encuentran las nacientes y las tomas de captación del recurso hídrico. Según los resultados de los balances hídricos, se produce la mayor ganancia -excesos-.

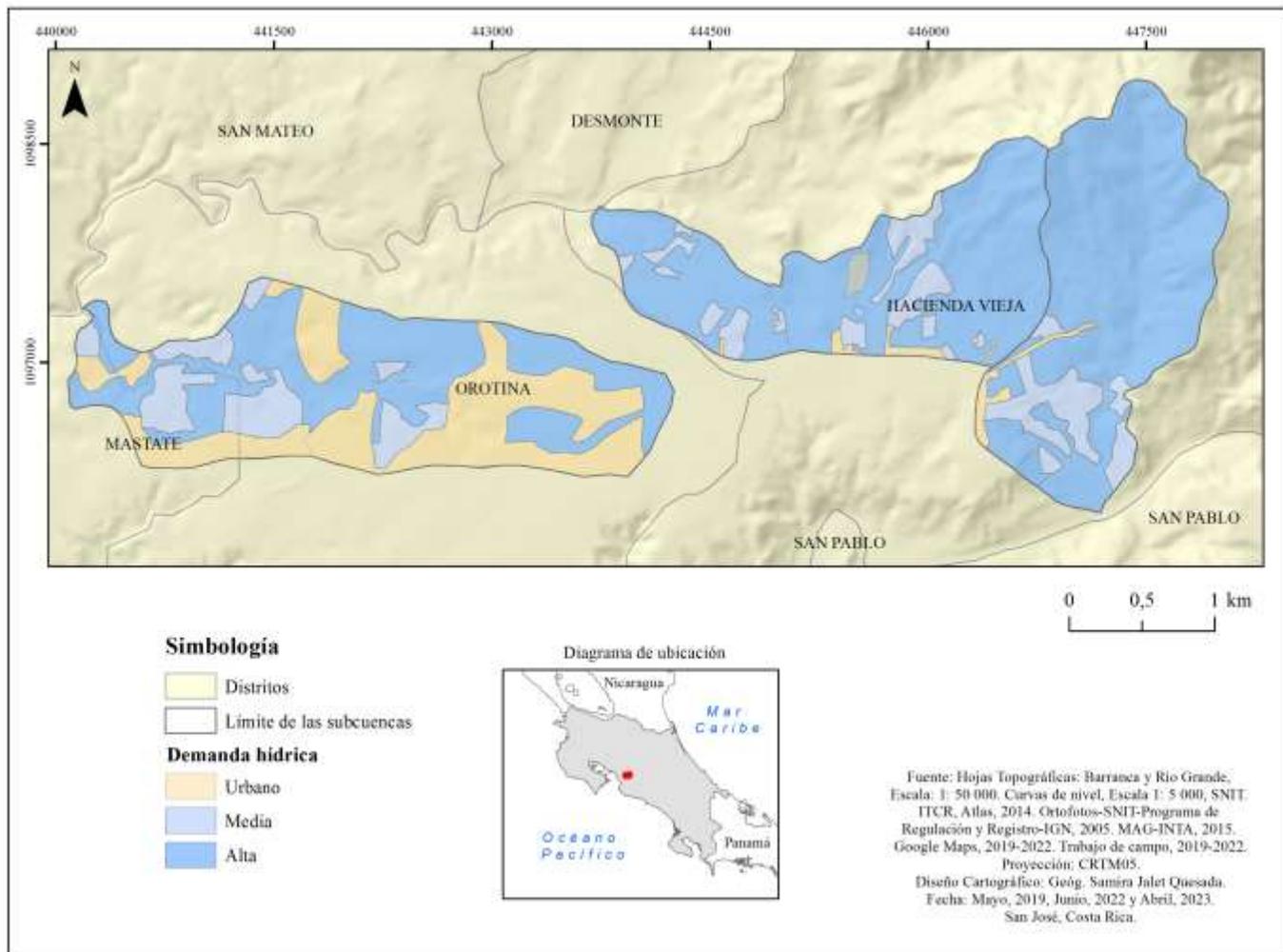
Mapa 6: Subcuencas: Quebrada Santo Domingo, Salitral y Zúñiga: disponibilidad hídrica, 2023.



Mapa 7: Subcuencas: Quebrada Santo Domingo, Salitral y Zúñiga: oferta hídrica, 2023.



Mapa 8: Subcuencas: Quebrada Santo Domingo, Salitral y Zúñiga: demanda hídrica, 2023.



4.8.Gestión del recurso hídrico: ASADAS y comunidad

Los resultados obtenidos por medio de la aplicación del método del balance hídrico, con el fin de conocer la disponibilidad del agua en el área de estudio, respaldan la labor ejercida por las ASADAS de Hacienda Vieja y de Pital-Centeno, por ende, a las comunidades de Hacienda Vieja y Cuatro Esquinas, respectivamente. Ello debido a que se identifica una disponibilidad moderada del recurso en las subcuencas, la cual amerita ser gestionada para su óptima distribución. Por lo tanto, es funcional conocer y comprender el problema definido en la investigación: cómo se gestiona la disponibilidad hídrica presente en las subcuencas desde las ASADAS y las comunidades, puesto que, de esta gestión, depende la accesibilidad tanto actualmente, como a largo plazo.

4.8.1. Organizaciones encargadas de gestionar el recurso hídrico

Se identifica una gestión participativa por parte de la ciudadanía, gracias al hecho de que se tomó la decisión y responsabilidad comunal de conformar las ASADAS, siendo la de Hacienda Vieja y la de Pital-Centeno son las que reflejan una labor ética y objetiva en la gestión del agua potable, para que sea accesible para las familias (Trabajo de campo realizado el 22, 23, 29 y 30 de enero del 2022).

Lo anterior, se refleja en los resultados del mantenimiento dado a la infraestructura hídrica, así como en la regulación de la captación del recurso hídrico, su potabilización y, por último, su destino final en las viviendas. Ante esto, se reconoce una gestión organizada que tiene como objetivo central proporcionar un recurso vital para el desarrollo de la vida en sociedad en ambas comunidades, en búsqueda de hacer valer un beneficio social común (Ver anexo 4; figuras 12 y 13, y anexo 5; figuras 14, 15, 16 y 17)

Ante esto, se puede enfatizar en la puesta en práctica de un diálogo y comunicación entre las partes interesadas, tanto por parte de la comunidad, como por parte de las personas encargadas de administrar la ASADA correspondiente. Con ello, se hace valer el derecho de las comunidades a tener acceso al agua potable (ver anexo 5; figuras 16 y 17), así como el derecho de tener la libertad de participar en el proceso (Ver anexo 6; figuras 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 31).

Consecuentemente, al ser las ASADAS organizaciones comunales que se han organizado para gestionar el acceso al recurso hídrico en las comunidades en estudio, se analiza en el espacio un peso significativo en cuanto a la participación de la ciudadanía. Principalmente, de aquellas personas que han decidido formar parte activa de la Junta que conforma la respectiva ASADA. Por lo tanto, se identifica una iniciativa y motivación de interés comunal y colectivo por un grupo determinado de

personas, las cuales se preocupan y trabajan en función de proveer un adecuado acceso al agua en las viviendas de la comunidad (Ver anexo 6; figuras 23, 24, 30 y 31).

Inicialmente, los datos identifican que ambas ASADAS proveen un acceso del 100% seguro al agua potable en las viviendas, estando la comunidad satisfecha en cuanto a la cantidad (Ver anexo 5). En relación con lo anterior, para el caso de ambas, la comunidad respectiva identifica que la infraestructura hídrica es óptima, siendo esta la que permite el acceso al agua en las viviendas y abarca las tuberías o el alcantarillado. Además, se menciona que responde adecuadamente a las necesidades de la comunidad y su mantenimiento es desarrollado de manera eficiente, lo que permite a las familias, contar con una cantidad y calidad de agua satisfactoria en las viviendas (Ver anexo 4 y anexo 5).

Al comparar ambas ASADAS, la comunidad de Cuatro Esquinas expresó en un 15% que no conoce quién le provee el servicio básico del acceso al agua, pero la comunidad de Hacienda Vieja conjuntamente en un total del 100% indica que sí conoce la labor de quién le provee el agua para las viviendas. Por lo tanto, para la ASADA de Cuatro Esquinas, siendo Pital-Centeno, existe un 15% sobre un conocimiento general difundido dentro de la comunidad, en relación con la labor de la ASADA (Resultados de las encuestas aplicadas en la pregunta 6, el 22, 23, 29 y 31 de enero del 2022 en la comunidad de Hacienda Vieja y de Cuatro Esquinas).

En torno a los conflictos, se resalta que, en un lapso de cuatro años, desde el 2019 al 2022, la ASADA de Hacienda Vieja no ha presenciado inconvenientes significativos. Cuando han ocurrido situaciones particulares, se han resuelto de una manera eficiente, recalcando principalmente el adecuado mantenimiento que se le da a la infraestructura hídrica (Ver anexo 4).

Consecuentemente, la gestión del recurso hídrico implementada por ambas ASADAS es óptima, se identifica que hay una adecuada comunicación, constante y actualizada, de las tareas que desarrollan como ASADAS. En caso de haber un problema, se procura reconocerlo y buscar soluciones (Ver anexos 4, 5 y 7).

Asimismo, ambas asociaciones evidencian mediante sus decisiones y acciones un interés constante por proveer el recurso hídrico a las viviendas, el cual logre satisfacer las necesidades básicas de los hogares, pensando en la calidad y en la cantidad (Ver anexos 4, 5 y 7). Además, demuestran al público un papel significativo y activo en relación con desarrollar una labor productiva y eficiente de la gestión del acceso adecuado al agua dentro de las viviendas (Ver anexo 7).

Por otro lado, se evidencia una alta eficiencia de las ASADAS en función de gestionar el acceso al agua cuando hay periodos de escasez, como bien lo evidencian los resultados del balance hídrico, identificando los meses de enero, febrero, marzo y abril. Las medidas implementadas generalmente han funcionado de forma adecuada para Hacienda Vieja y para Cuatro Esquinas. (Ver anexo 7)

Cabe señalar que ambas comunidades y ASADAS son similares, en el sentido de que la Municipalidad de Orotina no ha influido ni juega un papel activo constante dentro de la gestión al recurso hídrico. Cuatro Esquinas y Hacienda Vieja, indican en un 74% y 67% respectivamente la inexistencia de un tipo de participación. Aproximadamente un 20% para ambas comunidades desconocen si el gobierno local de ha involucrado, solamente menos del 10%, indican la existencia de una relación activa en la que se involucren la Municipalidad y las ASADAS (Ver anexo 6; figuras 18, 19, 20, 25, 26 y 27).

Sin embargo, no se considera que la Municipalidad de Orotina esté involucrada en la gestión del recurso hídrico con las ASADAS, debido a que el 10% que lo afirma indica una participación pasiva, como, por ejemplo: reuniones y visitas a la comunidad, actividades poco relevantes y significativas en cuanto a un manejo efectivo del agua para mejorar las condiciones básicas en las viviendas. Por lo tanto, no son indicadores confiables que permitan concretar puntualmente la existencia de un trabajo colaborativo, constante y participativo (Ver anexo 6).

4.8.2. Participación ciudadana ante la gestión del recurso hídrico

Los resultados indican que, si la comunidad participa activa y constantemente en la gestión al recurso hídrico (ver anexo 6), se puede prevenir problemas en relación tanto al acceso como a la disponibilidad, ya que sus miembros saben lo que está aconteciendo en su propio contexto, por lo que sus propuestas de soluciones serán coherentes con las necesidades del problema a resolver.

Asimismo, las comunidades indican que el participar activamente en el marco de esta gestión, permite que estén informadas, dado que pueden aprender y actualizar sus conocimientos previos. Así, con los aprendizajes adquiridos por medio de la participación e involucramiento en la gestión del recurso hídrico amplían sus saberes, tanto a nivel personal como a nivel local. Esto, a su vez, puede repercutir favorablemente en la actualidad y para las futuras generaciones, destacando, principalmente, la relevancia de la información con el fin de saber cuál es el estado del agua, identificando la eventualidad de algún problema (Ver anexo 6).

Además, ambas comunidades notifican la importancia de la participación activa en función de la gestión al recurso hídrico, dado que es un proceso que viabiliza y contribuye en la integración de la comunidad como actor propio indispensable que debe de velar y gestionar los recursos sociales y naturales con los cuales cuenta en su espacio geográfico. Concuerdan en que es un trabajo en conjunto que busca un beneficio para todos y todas, con el fin de mejorar su calidad de vida (Resultados de los cuestionarios para la pregunta 24, trabajo de campo realizado en las comunidades de Hacienda Vieja y Cuatro Esquinas el 22, 23, 29 y 30 de enero del 2022).

Estos comentarios iniciales brindados por las propias comunidades se integran con el hecho de que más de un 90% está interesado/a significativamente en la participación ciudadana en función de aportar al mejoramiento del acceso al recurso hídrico (Ver anexo 6; tabla 22). Por lo tanto, a continuación, se analiza el papel desempeñado por las comunidades en función de trabajar en la práctica de la gestión de este recurso con base en la encuesta aplicada.

Para ambas comunidades, esta búsqueda a partir de las tres categorías de análisis -individual, familiar y local- evidencia mayor facilidad para identificar y exponer lo percibido dentro de la escala local, es decir, de la participación de las y los vecinos. Sin embargo, al mismo tiempo, se indica que existen actores clave dentro de cada comunidad, quienes sí están comprometidos/as, participando activamente dentro del proceso de gestión del recurso hídrico (Ver anexo 6).

Puntualizando en el caso de Hacienda Vieja, la participación ciudadana en relación con la gestión del recurso hídrico aumenta según la percepción de la escala. Sin embargo, a pesar de que se evidencia una participación en aumento -según la escala individual, familiar y local- no suele ser activa en el sentido de ir a trabajar constantemente con actividades en campo, o bien en las reuniones, sino que de forma mayoritaria la participación es pasiva, en el sentido de que contribuyen como personas y como comunidad a la adecuada gestión del recurso hídrico desde sus hogares, tomando acción de prácticas óptimas que favorecen el recurso hídrico en la actualidad, pensando en miras hacia las futuras generaciones (Ver anexo 6; figuras 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24).

Otro aspecto por resaltar, el cual beneficia a la participación ciudadana existente en la comunidad de Hacienda Vieja y es que la misma está informada y comprende el papel significativo que juega la ASADA como organización que procura el acceso al recurso hídrico en las viviendas. Esto es de relevancia, ya que permite observar que la comunidad reconoce y le asigna un valor positivo como organización, buscando trabajar en función de aportar a la labor de la ASADA de diversas maneras, considerando que comprenden, mayoritariamente, que es un beneficio para la comunidad en general

convirtiéndose así la gestión del recurso hídrico en una responsabilidad compartida (Ver anexo 5 y 7; figuras 32, 33 y 34).

Asimismo, para el caso de la comunidad de Cuatro Esquinas, no se identifica una participación comunitaria activa que busque contribuir en la gestión del recurso hídrico en la comunidad, ello no quiere decir que no reconozcan la importancia de participar activamente como grupo comunitario ante la gestión del recurso hídrico, sino que se identifica que, de parte de ellos y ellas, así como lo percibido entre sus familiares y vecinos, no existe una participación comprometida para la gestión (Ver anexo 6; figuras 25, 26, 27, 28, 29 y 31).

Lo anterior, se respalda a partir de los datos obtenidos, siendo un 37% de no participación y apenas un 8% de participación personal. Asimismo, al analizar los datos de la escala familiar, se indica en un 80% un no involucramiento por parte de las familias, siendo un valor de 5% de quienes sí reconocen que sus familiares se involucran en la gestión. Ahora bien, considerando la escala de la vecindad, la comunidad percibe un involucramiento activo por parte de los vecinos/as en un 35%, sin embargo, un 65% se enmarca entre la respuesta de “no sé” y “no” (Ver anexo 6; figuras 25, 26, 27, 28, 29 y 31, resultados de los cuestionarios, trabajo de campo realizado en las comunidades de Hacienda Vieja y Cuatro Esquinas el 22, 23, 29 y 30 de enero del 2022).

Por lo tanto, entre ambas comunidades, se evidencia que la comunidad de Hacienda Vieja desempeña una mayor participación en la gestión del recurso hídrico en contraposición a la comunidad de Cuatro Esquinas. Asimismo, vale la pena resaltar que, durante el trabajo de campo se recorrió la comunidad de Hacienda Vieja y se identificó mayoritariamente familias locales que históricamente han permanecido en la comunidad, lo que facilita el trabajo ante estas gestiones de interés político y social (Trabajo de campo realizado el 22 y 23 de enero del 2022 en Hacienda Vieja y 29 y 30 de enero del 2022 en Cuatro Esquinas).

Consiguientemente, se identifica un espacio geográfico que reúne las condiciones físicas y sociales necesarias para dar continuidad a la accesibilidad y disponibilidad del recurso hídrico en las comunidades. Lo que se genera porque presenta herramientas de comunicación y organización necesarias para proponer un ordenamiento del territorio coherente en función de los recursos con los que cuentan, siendo en este caso particular, el recurso hídrico (Ver anexos 4, 5, 6 y 7). Asimismo, la participación ciudadana identificada y la gestión dada por parte de las ASADAS propician un espacio óptimo y deseable para generar transformaciones espaciales en función de alcanzar un beneficio común.

Capítulo V. Análisis y discusión de resultados

Inicialmente, se identifica que existe accesibilidad al recurso hídrico en las comunidades que habitan las subcuencas, producto de la integración de dos variables: la primera en función de la existencia de un comportamiento hidrológico que se caracteriza por ser productor de agua, lo que produce una disponibilidad del recurso hídrico moderada, ya que el balance hídrico evidencia un marcado periodo lluvioso entre los meses de mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre y noviembre; así como un periodo seco en los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril. En estos últimos demuestran una HSD que permite ceder agua a las plantas, sin presentar altos niveles de déficit.

Aunado a lo anterior, es relevante diferenciar este comportamiento en cuanto a los usos de suelo. Las áreas cubiertas de pasto evidencian mayores niveles de déficit, en comparación con las áreas cubiertas por bosque para el periodo seco. Tal situación indica que el bosque es el que presenta agua y permite tener una disponibilidad del recurso hídrico en la comunidad durante todo el año. Además, en esta área cubierta por bosque, se instalan las tomas de captación del agua para su distribución.

Cabe indicar que el área cubierta por bosque tiene como índice hídrico un 60%, lo que tiene las condiciones físicas adecuadas para preservar el agua.

Por lo tanto, con tal comportamiento hidrológico, según el índice de escasez, se identifica que las subcuencas en estudio cuentan con las condiciones aptas para disponibilidad agua a la comunidad bajo condiciones de un ordenamiento territorial coherente en función de la demanda. Este índice muestra que, para el área de estudio, el crecimiento urbanístico debe regularse por medio del ordenamiento del territorio. De lo contrario, con tal crecimiento o con la modificación de los usos de suelo existe la posibilidad de cambiar la disponibilidad de moderada a baja, lo que provocaría un problema a nivel de acceso al agua para la comunidad. Por ende, al identificar eso para las subcuencas en estudio, se propone que el uso de suelo del bosque debe resguardarse, debido a que son las áreas que producen los menores valores de déficits.

La segunda variable que evidencia la accesibilidad para las comunidades identificada en el área de estudio es que se reconoce una gestión significativa ante el recurso hídrico, la cual ofrece a la comunidad condiciones aptas de acceso por medio de la construcción y mantenimiento de la infraestructura hídrica necesaria para la distribución del recurso hídrico que alcanza a suplir las necesidades básicas de las viviendas.

Esta gestión es producto de las organizaciones encargadas de velar por el acceso y distribución al recurso hídrico, es decir, la ASADA de Hacienda Vieja y la ASADA Pital-Centeno, ambas amparadas por la Ley de Asociaciones Administradoras de Acueductos Comunales con respaldo del AyA. Por lo tanto, al identificar que se cuenta con disponibilidad hídrica en términos físicos y al instalarse en los territorios, la población de las comunidades de Hacienda Vieja y Cuatro Esquinas decide crear las ASADAS, por necesidad ante disponer de agua en las viviendas. Dichas asociaciones se constituyen como los entes oficiales para iniciar a gestionar el acceso al recurso hídrico a partir de la gestión de la infraestructura hídrica necesaria para su distribución.

Se reconoce que la gestión realizada por las ASADAS es eficiente en cuanto a la resolución de problemas presentes en los territorios. Tal como los momentos en donde se ha presenciado dificultad de acceso en los periodos secos, por lo que la toma de decisiones ejercida por las ASADAS satisface a las comunidades.

La participación ciudadana es una variable contemplada e integrada a las acciones para acceder al recurso hídrico, en las comunidades de Hacienda Vieja y de Cuatro Esquinas. Ello evidencia un movimiento activo y participativo ante la contribución y apoyo a las ASADAS. Se identifica, principalmente como de manera comunitaria que ante la eventualidad de algún problema, la comunidad está anuente a apoyar. Asimismo, se encuentra disponible para expresar disconformidades y sugerencias para mejoras.

Por último, se identifica dentro del área de estudio la accesibilidad al recurso hídrico gracias a la integración y funcionamiento eficiente del comportamiento hidrológico, así como de la gestión realizada por las ASADAS y la participación ciudadana ante obtener y distribuir el agua en las viviendas que resguardan y mantienen las subcuencas.

VI. Conclusiones

La disponibilidad del recurso hídrico para el área en estudio es moderada, lo cual significa que se debe trabajar en función del ordenamiento territorial de oferta y demanda, con el fin proporcionar las condiciones óptimas para el acceso y disponibilidad al recurso hídrico. Por lo que, si no se implementan medidas reguladoras ante el crecimiento urbanístico y los usos de suelo, existe la posibilidad de que en el largo plazo se ejerza una fuerte presión sobre el recurso hídrico, limitando así la distribución adecuada en las viviendas, según el Índice de Escasez calculado para las subcuencas.

A partir de la observación durante el trabajo de campo realizado, se establece que la gestión dada ante el recurso hídrico por parte de las ASADAS de Hacienda Vieja y Pital-Centeno, demuestra compromiso y dedicación. Cuando surgen conflictos, se buscan alternativas para mejorar y optimizar el acceso al recurso hídrico.

Por otra parte, la participación ciudadana para el caso de Hacienda Vieja refleja un accionar activo e interesado por aportar a la mejora del acceso al recurso hídrico; mientras que, para el caso de la comunidad de Cuatro Esquinas, se evidencia un leve compromiso desde la perspectiva individual, familiar y local por contribuir en mejorar la gestión.

La importancia de esta participación radica en que incentiva a generar mayor concientización en proteger el recurso hídrico para las actuales y futuras generaciones. Al resaltar que es responsabilidad de todos y todas participar activamente para que las comunidades tengan acceso garantizado al agua, tanto en calidad -incluido el mantenimiento y el servicio dado-, como en cantidad. Es decir, ambas comunidades están de acuerdo en el hecho de que no todo el peso debe caer estrictamente sobre una organización o grupo de personas.

Se reconoce un trabajo colaborativo y participativo que puede mejorar con el cambio de los canales de comunicación, lo cual es ventajoso al momento de proporcionar los resultados del comportamiento hidrológico y del balance hídrico a la comunidad, debido a que las ASADAS y la comunidad poseen la capacidad para la toma de decisiones espaciales que busquen un beneficio en común para la comunidad.

Se determina que existe accesibilidad ante el recurso hídrico para las comunidades de Hacienda Vieja y de Cuatro Esquinas, dado que el comportamiento hidrológico permite identificar

disponibilidad en las subcuencas y la gestión de las ASADAS, en conjunto con la participación ciudadana, viabiliza la distribución en las viviendas del recurso hídrico.

Por último, ante la existencia previa de un vacío en este tipo de investigaciones para el área de estudio, se concluye que este proyecto genera un aporte útil en cuanto al ordenamiento del territorio que se pueda gestar en las subcuencas analizadas, puesto que, al identificar la disponibilidad del recurso hídrico por zonas, se proporciona a las ASADAS datos que le permiten tomar decisiones espaciales en cuanto al ordenamiento territorial, las cuales sean funcionales para la convivencia entre las comunidades y los recursos que proporciona el espacio, buscando así un equilibrio que busca un beneficio común.

VII. Recomendaciones

Se recomienda que las zonas con uso de suelo de bosque se mantengan de esa forma, sin pasar a ser uso de suelo de pasto, debido a que este no genera las condiciones óptimas para almacenar suficiente agua durante el año. Asimismo, se pueden buscar alternativas para el uso de suelo de pasto, en donde se integre la siembra de otras plantas, lo que puede dar paso a un bosque secundario a largo plazo. Aunado a ello, se recomienda realizar un monitoreo constante sobre los cambios en el uso de suelo y buscar alianzas con la Municipalidad de Orotina, con el fin de resguardar los espacios de bosque.

Asimismo, cuando se devuelvan los resultados a las comunidades y ASADAS, a estas se les recomendará optimizar los canales de comunicación con la comunidad correspondiente, con el fin de que los mensajes que se quieran compartir se divulguen a todas las personas de la comunidad.

Se invita a la Municipalidad de Orotina a participar de manera activa y constante en la labor desarrollada por las ASADAS en cuanto a la gestión del recurso hídrico, ya que este aspecto no se evidenció y es necesario que diversos actores locales trabajen en conjunto para el bienestar de las comunidades.

Por último, se recomienda que, entre ambas ASADAS, se creen vínculos con el fin de enfrentar en conjunto diversas problemáticas. El trabajo colaborativo y en equipo es fundamental para que los problemas a los que se enfrentan las comunidades puedan ser resueltos de una manera óptima buscando un beneficio común.

VIII. Limitaciones

En este punto, cabe destacar que, en relación con las limitaciones del trabajo de campo y el contacto con las personas, debido a la pandemia causada por el Covid-19, se intentó aplicar el instrumento del cuestionario a partir de la creación de Formularios de Google (*Google Forms*), es decir, enviando un enlace para que las personas de la comunidad pudieran completarlo. Para ello, se mantuvo contacto con las ASADAS con el fin de que lo compartieran por sus redes sociales. Sin embargo, la aplicación del instrumento virtual no fue exitoso, por lo que se decidió aplicar los cuestionarios en campo cuando el contexto sanitario lo permitió.

IX. Bibliografía

- Aguilar, M. (2016). *Análisis de la disponibilidad hídrica en relación con los problemas de acceso al agua para consumo humano en las comunidades de la microcuenca alta del río Turrubares, Puriscal, Costa Rica*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Costa Rica].
- Aguirre, M. (2011). La microcuenca hidrográfica en la gestión en la gestión integrada de los recursos hídricos. *REDESMA*, 5(1), 9-20. http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S1995-10782011000100003&script=sci_arttext&tlng=en
- Alianza por el agua. (2007). *Anuario sobre el acceso agua potable y saneamiento en Centroamérica*. <https://docplayer.es/12731771-Anuario-sobre-el-acceso-a-agua-potable-y-saneamiento-en-centroamerica.html>
- Alianza por el Agua. (2017). *Derecho Humano al Agua*. https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/03/Alianza_4_Derecho_humano_al_-agua.pdf
- Aparicio, F. (1996). *Fundamentos de hidrología de superficie*. Editorial Limusa.
- Arnal, J. Rincón, D. Latorre, A. Investigación educativa. Fundamentos y metodología. Barcelona, Editorial Labor, 1994.
- Astorga, Y. (2007). *Recurso Aguas Superficiales y Subterráneas con énfasis en las principales microcuencas hidrográficas*. <https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/499/442.%20Recurso%20Aguas%20Superficiales%20y%20Subterr%20c3%a1neas%20con%20%20c3%a9nfasis%20en%20las%20principales%20cuencas%20hidrogr%20c3%a1ficas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ballesteros, M. (2013). Organizaciones comunales prestadoras del servicio de agua universalizan el acceso y disminuyen la pobreza. *Revista de Ciencias Ambientales*, 45(1), 23-40. <https://doi.org/10.15359/rca.45-1.3>
- Ballesteros, M., Brown, E., Jouravlev, A., Küffner, U. y Zegarra, E. (2005). *Administración del agua en América Latina: situación actual y perspectivas*. Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6282/S053163_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Barrantes, G. (2005). *Disponibilidad del recurso hídrico y sus implicaciones para el desarrollo en Costa Rica*. <https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/978/464.%20Gestion%20del>

%20recurso%20hidrico%20y%20sus%20implicaciones%20para%20el%20desarrollo%20en%20CR.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Barrantes, R. (2014). *Investigación: Un camino al conocimiento. Un enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto*. Editorial Universidad Estatal a Distancia.

Bateman, A. (2007). *Hidrología básica y aplicada*. <https://www.upct.es/~minaees/hidrologia.pdf>

Benavides, C. y Segura, A. (2013). *Evaluación territorial de la submicrocuenca del Río Sabogal, en los cantones San Carlos y Los Chiles, Alajuela, basada en la participación ciudadana para el Ordenamiento Territorial, 2013*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Costa Rica].

Bureau International des Expositions. (2004). *Todas las preguntas. Todas las respuestas*. Candidatura Expo Zaragoza 2008.

Castillo, R. (1993). *Geología de Costa Rica: una sinopsis*. Editorial Universidad de Costa Rica. https://www.academia.edu/28108239/GEOLOGIA_DE_COSTA_RICA_ROLANDO_CASTILLO_MUNOZ

Cerdas, J. (2011). *Análisis del marco legal para la administración del agua de consumo humano por parte de las asociaciones administradoras de sistemas de acueductos y alcantarillados comunales*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica]. http://ijj.ucr.ac.cr/sites/default/files/documentos/t11-analisis_del_marco_legal_para_la_administracion_de_agua_de_consumo_humano.pdf

Coral, A., García, J. y Leal, A. (2015). Cálculo de balance hídrico usando modelamiento de datos espaciales: estudio aplicado a la microcuenca del río Buena Vista, Ecuador. *Revista Formação*, 22(1), 119-137.

Córdoba, G. y Romo, M. (2015). Participación ciudadana en el ordenamiento ecológico local: Juárez, Chihuahua. *Estudios Sociales* 47, 25(47), 245-271. <https://www.ciad.mx/estudiosociales/index.php/es/article/view/316/203>

Decreto Ejecutivo No. 32529-S-MINAE del 2 de febrero del 2005. Reglamento de las Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales. 2005. Publicado en La Gaceta No. 150 del 5 de agosto del 2005. <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Reglamento%20de%20ASADAS.pdf>

- Delgado, V. y Villegas, M. (2013). Evaluación Territorial sobre la Disponibilidad del Recurso Hídrico y Recurrencia de Eventos Extremos Secos en la Subcuenca del Río Sabogal, Costa Rica.
- Echeverría, J. y Cantillo, B. (2013). Instrumentos económicos para la gestión del agua. *Revista de Ciencias Ambientales*, 45(1), 13-22. <https://doi.org/10.15359/rca.45-1.2>
- Espinal, S. (2010). Aplicación del concepto de participación ciudadana y su impacto en la gestión integral de los recursos hídricos. Caso microcuenca del lago Cocibolca. *Revista Científica*, 23(1), 27-32. <http://dx.doi.org/10.5377/nexo.v23i1.36>.
- Evaluación de Recursos Naturales S.A. (1998). *Accesibilidad potencial a los recursos hídricos en la comunidad valenciana*. Generalitat Valenciana. http://www.habitatge.gva.es/estatico/areas/urbanismo_ordenacion/infadm/publicaciones/pdf/accesibilidad/acces_cas_libro.pdf
- Fondo de Población de las Naciones Unidas. (FPNU). (2011). *Estado de la población mundial 2011. 7 mil millones de personas, su mundo, sus posibilidades*. Fondo de Población de las Naciones Unidas. https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/SP-SWOP2011_Final.pdf
- Gómez, J. E. (2005). *Análisis de disponibilidad del recurso hídrico para uso domiciliario en el cantón de Orotina y propuesta de una guía para un plan de gestión*. [Proyecto de Graduación de Licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/245/Proyecto%20de%20Graduaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González, M. & Jiménez F. (2013). Gestión del agua para consumo humano de las asociaciones administradoras de acueductos y alcantarillados (ASADAS) de Buenos Aires y de Suerre, Área de Conservación Tortuguero, Costa Rica. *Aqua-LAC*, 5(1), 1-21. http://www.unesco.org/uy/phi/aqualac/fileadmin/phi/aqualac/Numero_5_vol_1/AquaLAC_Vol5_N1_Gestion_del_Agua_para_consumo.pdf
- Hernández, A. & Picón, J. (2013). Huella hídrica en tierras secas: el caso del turismo de sol y playa en Guanacaste (Costa Rica). *Revistas de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*, 45(1), 41-50. <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/7295/7543>
- Hernández, O. (2016). *Estadística elemental para Ciencias Sociales*. Editorial Universidad de Costa Rica.

- Hernández, R. Fernández, C. Baptista, P. (1991). Metodología de la investigación. Colombia. Mc Graw-Hill.
- Hernando, L. & Orozco, R. (2015). Disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca del río Bermúdez. Región Central de Costa Rica. *Observatorio Medioambiental*, 18, 165-181. <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/viewFile/51289/47595>
- Hernando, L. (1993). Recarga de aguas subterráneas en la cuenca del río Poás. *Revista Geográfica de América Central*, (27), 137-151. <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/3003/2871>
- Hernando, L. (2015). Curso: Hidrología. I Ciclo-2015. Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional.
- Hernando, L. (2017). *Oferta hídrica en la microcuenca del río Pará, Región Central de Costa Rica*. [Tesis de Maestría, CATIE]. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8692/Oferta_hidrica_en_la_microcuenca_del_rio_Para.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Hernando, L., Ruiz, A. & Solís, K. (2012). Disponibilidad del recurso hídrico en la microcuenca del río Segundo. Región Central de Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, (48), 117-132. <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/4111/3948>
- Hernando, L., Ruiz, A., Solís, K., Vega, H., Solís, O. y Azofeifa, J. (2009). Proyecto: Balance hídrico de la región central de Costa Rica, El caso de la microcuenca del río Segundo. Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional. *Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad*, 23(65), 201-241. <http://rei.iteso.mx/bitstream/handle/11117/2730/4458-14430-1-PB.pdf?sequence=2>
- Herrera, W. (1985). *Clima de Costa Rica*. EUNED.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados(AyA). (2004). Situación del Agua en Costa Rica: Resumen Ejecutivo. San José.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *Manual para el Empadronamiento Censo Piloto de Población y Vivienda Palmares (23 al 27 de agosto del 2010)*. https://inec.cr/wwwisis/documentos/INEC/Censos/2011_Censo_Nacional_Poblacion_Vivienda/Manuales/Censo_2010_Manual_Empadronamiento.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2018). *Encuesta Nacional de Uso del Tiempo, 2017*. <http://sistemas.inec.cr/pad5/index.php/catalog/196>

- Kerkides P, Michalopoulou H, Papaioannou G, Pollatou R. (1996). Water balance estimates over Greece. *Agricultural Water Management* 32: 85-104.
- Khalfan, A. (2005). *Implementando el derecho al agua en Centro América*. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd59/implemen.pdf>
- Linsley, R., Kohler, M. & Paulus, J. (1977). *Hidrología para ingenieros*. https://www.academia.edu/37765494/Hidrolog%C3%ADa_para_Ingenieros_LINSLEY_KOHLER_y_PAULHUS
- López, W., Castro, I. & Camas, R. (2014). Servicio ambiental de la reserva de la biósfera El Triunfo, Chiapas, México. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 35(3), p.47-59. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v35n3/riha04314.pdf>
- Madrigal, R. y Rojas, E. (1980). *Manual descriptivo del mapa geomorfológico de Costa Rica. Escala 1: 200 000*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P34-3446.pdf>
- Monge, E., Paz, L. y Ovarés, C. (2013). *Transparencia y rendición de cuentas en las ASADAS. Manual para las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ASADAS) de Costa Rica*. <https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Manual%20para%20las%20ASADAS%20-%20Cedarena%20-%20Transparencia%20y%20Rendici%C3%B3n%20de%20Cuentas.pdf>
- Montoya, A. & Carvajal, Y. (1998). Caracterización Fisiográfica e Hidrológica: Cuenca Hidrográfica del Río Cali. *Ingeniería y Competitividad*, 1(2), 33-40. http://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/2356/3106
- Morejón, Y., Vega, M., Escarré, A., Peralta, J., Quintero, A. & González, J. (2015). Análisis de balance hídrico en microcuencas hidrográficas de la Sierra de los Órganos. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 36(2), 94-108. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v36n2/riha08215.pdf>
- Organización Meteorológica Mundial y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (1997). *¿Hay suficiente agua en el mundo?* http://www7.uc.cl/sw_educ/hidrologia/Capitulo_1/aguamundo.pdf
- Orozco, R. (2015). *Propuesta de manejo de uso y cobertura de la tierra para la reducción del riesgo de contaminación del acuífero costero Jacó, Pacífico Central, Costa Rica*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional, Costa Rica]. https://www.researchgate.net/publication/350110851_Propuesta_de_manejo_de_uso_y_cobe

rtura_de_la_tierra_para_la_reduccion_del_riesgo_de_contaminacion_del_acuifero_costero_J
aco_Pacifico_Central_Costa_Rica/link/6051faa6a6fdccbfeae73138/download

- Pacha, M. (2014). *Valoración de los servicios ecosistémicos como herramienta para la toma de decisiones: Bases conceptuales y lecciones aprendidas en la Amazonía*.
<https://naturalcapitalproject.stanford.edu/wp-content/uploads/2017/05/Valoracio%CC%81n-de-los-servicios-ecosiste%CC%81micos-como-herramienta-para-la-toma-de-decisiones.pdf>
- Pérez, A. & Ortiz, B. (2013). Participación ciudadana en la transformación del manejo del agua en Puerto Rico. *Revista Puertorriqueña de Psicología*, 24, 1-16.
<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/reps/v24/a07.pdf>
- Pérez, J. (2011). *Metales pesados y calidad agronómica del agua residual de la planta de tratamiento de la UAAAN*. [Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrícola y Ambiental, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5409/T18977%20%20Perez%20Diaz,%20Jose%20Pedro%20%20Tesis.pdf?sequence=1>
- Popper, K. (1982). *La lógica de la investigación científica*. Madrid. Tecnos.
- Preston, R. (1994). *El Vivir Bien como respuesta a la Crisis Global*.
[http://www.un.org/esa/socdev/unpfii/documents/Presentation%20by%20Govt%20of%20Bolivia%20\(Spanish\).pdf](http://www.un.org/esa/socdev/unpfii/documents/Presentation%20by%20Govt%20of%20Bolivia%20(Spanish).pdf)
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2006) Informe sobre desarrollo humano. Aedos, s.a.
- Proyecto Sistema de Información del Medio Ambiente (SIMA). (2004). Metodología para el cálculo del índice de Escasez de Agua Superficial.
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021143/metodologia-calculo.pdf>
- Ramos, M. (2009). La participación ciudadana en la esfera de lo público. *Espacios Públicos*, 12(25), 85-102. <http://www.redalyc.org/pdf/676/67611350006.pdf>
- Red Internacional para el Desarrollo de Capacidades en la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, Global Water Partnership & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2005). *Planes de Gestión Integrada del Recurso Hídrico. Manual de capacitación y guía operacional*.
http://www.gwp.org/Global/GWP-CAM_Files/Manual%20Planes%20GIRH.pdf
- Rivas, D. (2013). *Análisis de las inundaciones en la microcuenca del río Burío-Quebrada Seca, Costa Rica*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional, Costa Rica]

- Rodríguez, P. (2009). *Zonificación de la disponibilidad del recurso hídrico de la microcuenca del río Ciruelas*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional, Costa Rica]
- Rosales, A. (2015). *Leyenda CLC-CR para la generación de mapas de uso y cobertura de la tierra de Costa Rica*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P32-10829.pdf>
- Rosell, P. & García, B. (2008). Comportamiento hidrológico de la Microcuenca Alta del Arroyo Pigüé (Buenos Aires, Argentina): Balance Hídrico (1964-2007). *Investigaciones Geográficas*, (47), 159-174. https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/14625/1/IG_47_09.pdf
- Ruiz-Álvarez, O., Arteaga-Ramírez, R., Vázquez-Peña, M., Ontiveros-Capurata, R. & López-López, L. (2012). Balance hídrico y clasificación climática del estado de Tabasco, México. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 28(1), 1-14. <http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v28n1/v28n1a1.pdf>
- Tazi, H. (1999). Agua escasa, agua cara. Un recurso vital. *Correo de la UNESCO*, 17 - 21.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). (2007). *El agua, una responsabilidad compartida*. 2do. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Nueva York: Ediciones Unesco
- Thorntwaite, C.W. Mather, J.R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, *Publications in Climatology*, vol.VIII, n.1, p. 104, 1955
- Sibaja, M. (2013). *El crecimiento urbano y la producción hídrica en la microcuenca del río Porrosatí, provincia de Heredia, Costa Rica*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional, Costa Rica]
- Soil Survey Staff. (2015). *Illustrated Guide to Soil Taxonomy*. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-06/Illustrated_Guide_to_Soil_Taxonomy.pdf
- Solano, N. y M. Galván (2014) “La participación ciudadana en la ciudad de México: panorama, retos y perspectivas” en A. Anaya (comp.) *Nuevas avenidas de la democracia contemporánea*. México, Instituto de Investigaciones Jurídicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sokolov, A. & Chapman, T. (1981). *Métodos de cálculo del balance hídrico. Guía internacional de investigación y métodos*. <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001377/137771so.pdf>
- United Nations Children’s Fund y World Health Organization. (2019). *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017: Special focus on inequalities*. <https://data.unicef.org/resources/progress-drinking-water-sanitation-hygiene-2019/>

- Valverde, R. (2013). Disponibilidad, distribución, calidad y perspectivas del agua en Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 45(1), 5-12.
<http://www.ambientico.una.ac.cr/pdfs/ambientales/45.pdf>
- Vahrson, W. y Romero, M. (1984). Determinación de curvas de retención, densidad aparente, porosidad, distribución aproximada de los poros y agua disponible. *Avances en Geografía* 9, 125-136.
- Vidal-Abarca, M., Montes, C., Suárez, M. & Ramírez-Díaz, L. (1987). Caracterización morfométrica de la cuenca del río Segura: estudio cuantitativo de las formas de las subcuencas. *Papeles de Geografía (física)*, 12, 19-31.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/105412.pdf>
- Villalta Flórez-Estrada, J., Monge Pereira, C., Rodríguez Quesada, J., Fournier Vargas, A., Espinoza Espinoza, X., Hernández Rivera, M., Angulo Mora, J., Chavarría Ruiz, E., Pérez Gómez, A. & Porras Zúñiga, P. (2011). *Proyecto de Ley N° 17914 del 18/11/2010 Reglamento de las Asociaciones Administradora de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes*.
<http://www.feconcr.org/doc/agua/asada/oriASADA.pdf>
- Zúñiga, H. y Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (Produs). (s.f.). *Plan Regulador. Informe Hidrogeológico*.

X. Anexos

Anexo 1: Cuestionario

Instrumento aplicado a las comunidades y ASADAS correspondientes al área de estudio.

Número de cuestionario: _____

Lugar: _____ **Fecha:** _____ **Hora:** _____

Estimado/a: Me encuentro realizando el Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de Licenciada en Ciencias Geográficas con énfasis en Ordenamiento Territorial con la Universidad Nacional. Por lo que requiero de aplicar este cuestionario a las comunidades de Hacienda Vieja y de Cuatro Esquinas, Orotina. Esto con el fin de caracterizar la participación ciudadana en relación con la gestión del recurso hídrico y la gestión de dicho recurso por parte de los entes encargados. Esperando que dicha investigación sea de provecho para su comunidad. Sus respuestas serán trabajadas con absoluta confidencialidad.

A. DATOS GENERALES

1. **Edad:** _____ años
2. **Sexo:** 1. () Masculino 2. () Femenino
3. **Ocupación actual:** _____
4. **Tiempo de residir en su comunidad actual:** _____
5. **Tiene acceso a agua potable en su hogar** (si responde No, pase a la pregunta 7)
1. () Sí 2. () No
6. **¿Conoce la ASADA correspondiente que brinda agua a su comunidad?**
1. () Sí. ¿Cuál es?: 1. () Hacienda Vieja. 2. () Pital-Centeno. 2. () No
7. **¿Existe un involucramiento por parte de la Municipalidad de Orotina en cuanto a la gestión del recurso hídrico?** (Si responde No, omita el Apartado C, subapartado C.2.)
1. () Sí 2. () No 3. () ND

C. GESTIÓN QUE BRINDAN LAS ORGANIZACIONES E INSTITUCIONES

8. **La infraestructura hídrica (tubería, alcantarillado...) existente; ¿garantiza el acceso al agua potable en su vivienda?**
1. () Sí 2. () No
9. **Encierre en un círculo un número del 1 al 5 el cual considere que refleja el eficiente mantenimiento a la infraestructura hídrica existente para el acceso al agua.**
(Poca eficiencia) 1-----2-----3-----4-----5 (Alta eficiencia)
10. **Encierre en un círculo un número del 1 al 5 el cual considere que refleja su grado de satisfacción con respecto a la cantidad de agua que llega a su hogar.**
(Poca satisfacción) 1-----2-----3-----4-----5 (Alta satisfacción)
11. **Encierre en un círculo un número del 1 al 5 el cual considere que refleja su grado de satisfacción con respecto a la calidad de agua que llega a su hogar.**
(Poca satisfacción) 1-----2-----3-----4-----5 (Alta satisfacción)

C. 1. ASADAS

12. **Del 1 al 5 encierre en un círculo el número el cuál considera que refleja el interés por la gestión del agua por parte de la ASADA correspondiente.**
(Poco interés) 1-----2-----3-----4-----5 (Alto interés)

13. Durante el año; ¿cuenta con acceso al agua potable en su vivienda? (Si su respuesta es Sí, pase a la pregunta 17)
1. () Sí 2. () No

14. ¿Cuál es el periodo o periodos dónde no cuenta con acceso al agua potable?

15. ¿Qué medidas toma la ASADA correspondiente para solventar dicha necesidad?

16. Encierre en un círculo un número del 1 al 5 el cual considere que refleja la eficiencia de dichas medidas que toma la ASADA correspondiente para solventar la necesidad de acceso al agua en los periodos dónde no hay acceso.
(Poca eficiencia) 1-----2-----3-----4-----5 (Alta eficiencia)

17. Encierre en un círculo un número del 1 al 5 el cual considere que refleja la eficiencia de la gestión que brinda la ASADA correspondiente para el acceso al agua potable en su comunidad.
(Poca eficiencia) 1-----2-----3-----4-----5 (Alta eficiencia)

18. Encierre en un círculo un número del 1 al 5 el cual considere que refleja el grado de satisfacción por usted en cuanto al trabajo de gestión del recurso hídrico que realiza la ASADA correspondiente.
(Poca satisfacción) 1-----2-----3-----4-----5 (Alta satisfacción)

C.2. MUNICIPALIDAD DE OROTINA

19. ¿Qué papel tiene la Municipalidad de Orotina en cuando a la gestión del recurso hídrico en su comunidad?

20. Si existen periodos de problemas al acceso al recurso hídrico, ¿qué medidas toma la Municipalidad de Orotina para solventar dicha necesidad?

21. Del 1 al 5 encierre en un círculo el número el cuál considera que refleja el interés por la gestión del agua por parte de la Municipalidad de Orotina.
(Poco interés) 1-----2-----3-----4-----5 (Alto interés)

22. Encierre en un círculo un número del 1 al 5 el cual considere que refleja la eficiencia de la gestión que brinda la Municipalidad de Orotina para el acceso al agua potable en su comunidad.
(Poca eficiencia) 1-----2-----3-----4-----5 (Alta eficiencia)

23. Encierre en un círculo un número del 1 al 5 el cual considere que refleja el grado de satisfacción por usted en cuanto al trabajo de gestión del recurso hídrico que realiza la Municipalidad de Orotina.
(Poca satisfacción) 1-----2-----3-----4-----5 (Alta satisfacción)

B: PARTICIPACIÓN CIUDADANA EN RELACIÓN CON LA EFICIENTE GESTIÓN DEL AGUA

B.1. SU PERSONA

24. **¿Considera usted que es importante y necesaria la participación ciudadana en la gestión del recurso hídrico?**

1. () Sí 2. () No

¿Por qué?

25. **Del 1 al 5 encierre en un círculo el número el cuál considera que refleja su interés por la gestión del agua.**

(Poco interés) 1-----2-----3-----4-----5 (Alto interés)

26. **¿Usted se ha involucrado o se involucra en la gestión del agua de su comunidad?** (Si responde No, pase a la pregunta 28)

1. () Sí

(Si fue en el pasado: ¿Hace cuánto tiempo? _____ ¿Por qué dejó de hacerlo? _____)

2. () No

27. **¿Qué actividades ha desempeñado o desempeña en relación con la gestión del agua?**

28. **Encierre en un círculo un número del 1 al 5 el cual considere que refleja que tan eficiente es la participación aportada por su persona en la contribución de una eficiente gestión del agua en su comunidad.**

(Poca eficiencia) 1-----2-----3-----4-----5 (Alta eficiencia)

29. **Si existen problemas que impidan el eficiente acceso al agua ¿usted busca hallar la manera de resolverlo?**

1. () Sí 2. () No

B. 2. GRUPO FAMILIAR

30. **Del 1 al 5 encierre en un círculo el número el cuál considera que refleja el interés de su grupo familiar residente en su comunidad por la gestión del agua.**

(Poco interés) 1-----2-----3-----4-----5 (Alto interés)

31. **¿Dentro de su grupo familiar que reside en su comunidad ha observado u observa un involucramiento participativo en relación con la gestión del agua?** (Si responde No, pase a la pregunta 33)

1. () Sí

(Si fue en el pasado: ¿Hace cuánto tiempo? _____ ¿Por qué dejó de hacerlo? _____)

2. () No

32. **¿Cuál es la participación del miembro o miembros de su familia residentes en su comunidad que se involucran en la gestión del agua?**

33. Encierre en un círculo un número del 1 al 5 el cual considere que refleja que tan eficiente es la participación aportada por su grupo familiar en cuanto a una eficiente gestión del agua en su comunidad.

(Poca eficiencia) 1-----2-----3-----4-----5 (Alta eficiencia)

B. 3. GRUPO DE VECINOS/AS

34. Del 1 al 5 encierre en un círculo el número el cuál considera usted que refleja el interés de su grupo de vecinos/as por la gestión del agua.

(Poco interés) 1-----2-----3-----4-----5 (Alto interés)

35. ¿Dentro de su grupo de vecinos/as ha observado un involucramiento participativo en relación con la gestión del agua? (Si responde No, pase a la pregunta 41)

1. () Sí

(Si fue en el pasado: ¿Hace cuánto tiempo? _____ ¿Por qué dejó de hacerlo? _____)

2. () No

36. ¿Cuál es la participación del grupo de vecinos/as que participan en la gestión del agua?

37. Si existen problemas que impidan el eficiente acceso al agua ¿sus vecinos/as buscan hallar la manera de resolverlo?

1. () Sí 2. () No

38. ¿La Municipalidad de Orotina y/o las ASADAS de Hacienda Vieja y de Pital-Centeno han realizado alguna actividad en relación con la gestión del recurso hídrico? (Si la respuesta es negativa pase a la pregunta 47)

1. () Sí ¿Cuál/Cuáles?

2. () No

39. ¿Usted ha participado en dicha actividad?

1. () Sí 2. () No

40. ¿Algún/os miembro/os de su grupo familiar ha/n participado en dicha actividad?

1. () Sí 2. () No

41. ¿Alguna de sus amistades han participado de dicha actividad?

1. () Sí 2. () No

42. ¿Alguno/a de sus vecinos/as han participado de dicha actividad?

1. () Sí 2. () No

43. En los centros educativos de su comunidad ¿se incentiva la participación de los y las estudiantes en relación con la gestión eficiente del recurso hídrico?

1. () Sí 2. () No 3. () ND

44. ¿Considera que el incentivar dicha gestión eficiente en los centros educativos es necesaria e importante?

1. () Sí 2. () No

¿Por qué?

¡Muchas gracias por su colaboración!

Anexo 2: Pesos de las muestras de suelo del Perfil 1 y del Perfil 2

Tabla 19: Pesos de las muestras del P1

Muestra	Peso de los cilindros (g)	Peso húmedo saturado (g)	CC (g)	PMP (g)	Peso seco (g)	Colocada en:	
						15 bares para medir (PMP)	5 bares para medir (CC)
P _{1h12}	91,03	245,09	218,10		186,72		X
P _{1h13}	89,83	246,09		222,28	193,63	X	
P _{1h14}	92,34	247,74		219,48	191,28	X	
P _{1h21}	92,19	246,10	217,03		188,70		X
P _{1h24}	89,11	239,66		211,26	183,69	X	
P _{1h31}	88,29	241,56	217,26		187,30		X
P _{1h32}	89,17	239,99		202,92	180,29	X	
P _{1h33}	92,39	243,08	218,85		187,33		X

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo en el laboratorio, enero, 2023.

Tabla 20: Pesos de las muestras del P2

Muestra	Peso de los cilindros (g)	Peso húmedo saturado (g)	CC (g)	PMP (g)	Peso seco (g)	Colocada en:	
						15 bares para medir (PMP)	5 bares para medir (CC)
P _{2h12}	88,45	241,41	211,00		185,54		X
P _{2h13}	92,84	258,79		226,78	207,52	X	
P _{2h21}	91,20	245,86		216,41	187,32	X	
P _{2h22}	90,58	244,92		214,02	188,02	X	
P _{2h23}	92,46	251,54	230,88		195,14		X
P _{2h31}	90,13	247,05	225,33		186,97		X
P _{2h32}	91,52	252,50		219,35	192,31	X	
P _{2h41}	89,58	236,03	203,49		173,64		X
P _{2h42}	91,55	256,91	230,56		202,71		X
P _{2h43}	92,03	244,73		207,62	183,09	X	
P _{2h51}	91,15	250,95	231,18		195,93		X
P _{2h52}	91,30	252,87	228,95		195,49		X
P _{2h53}	86,65	238,34		215,29	183,93	X	

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo en el laboratorio, enero, 2023.

Anexo 3: Índice de escasez

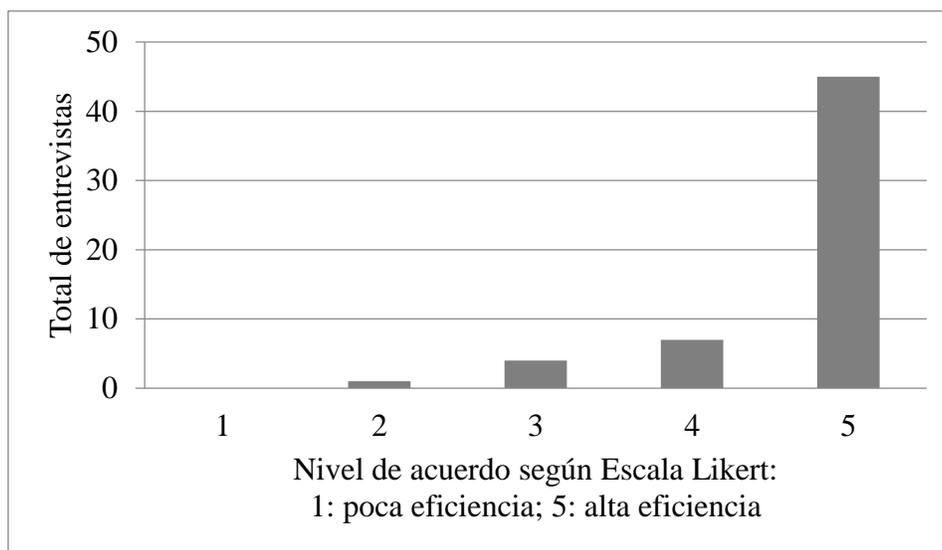
Tabla 21: Resultados del índice de escasez para el área en estudio

Zona climática	Unidad geomorfológica	Uso de suelo	Ie (%)
I	Sedimentaria	Bosque	23,33
I	Sedimentaria	Pastos	28,57
I	Volcánica	Bosques	27,45
I	Volcánica	Pastos	28,57
II	Sedimentaria	Bosques	25,70
II	Sedimentaria	Pasto	28,57
II	Volcánica	Bosque	27,47
II	Volcánica	Pastos	28,57
III	Volcánica	Bosque	27,23

Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo y de laboratorio, 2022-2023, IDEAM, 2004 y Hernando, Ruíz y Solís, 2012.

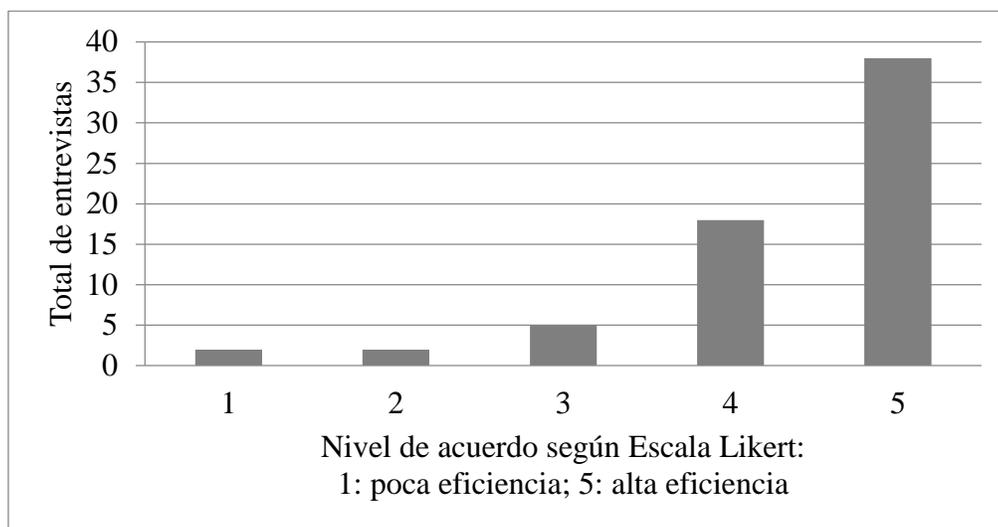
Anexo 4: Resultados de las encuestas en relación al mantenimiento a la infraestructura hídrica

Figura 12: Percepción del mantenimiento a la infraestructura hídrica en la comunidad de Hacienda Vieja



Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

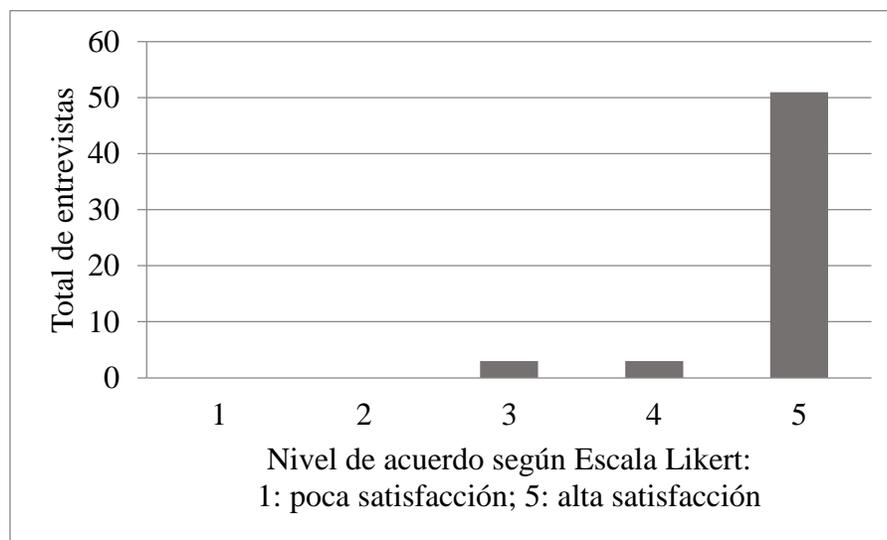
Figura 13: Percepción del mantenimiento a la infraestructura hídrica en la comunidad de Cuatro Esquinas



Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

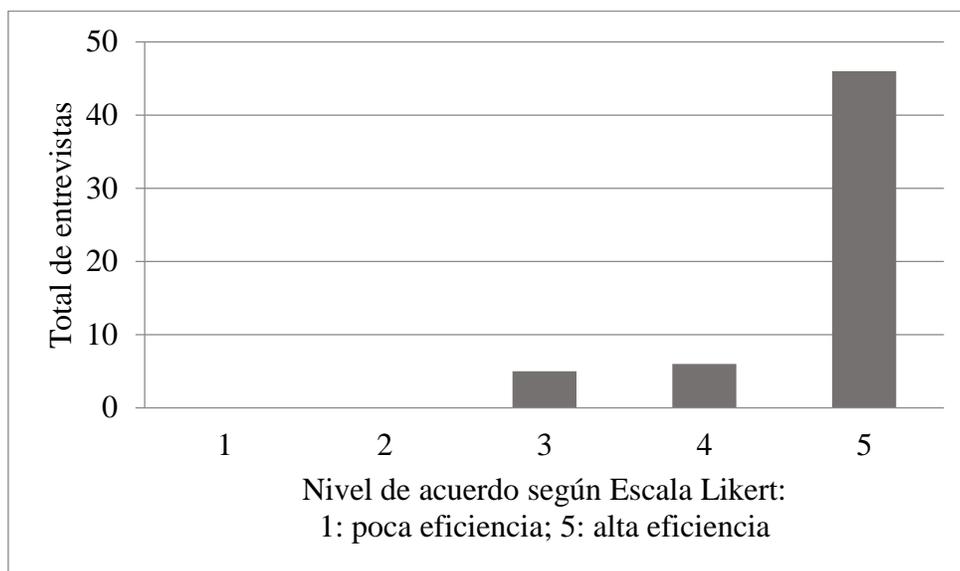
Anexo 5: Satisfacción en cuanto a la cantidad de agua y su potabilización

Figura 14: Grado de satisfacción en relación con la cantidad de agua que llega a las viviendas en la comunidad de Hacienda Vieja



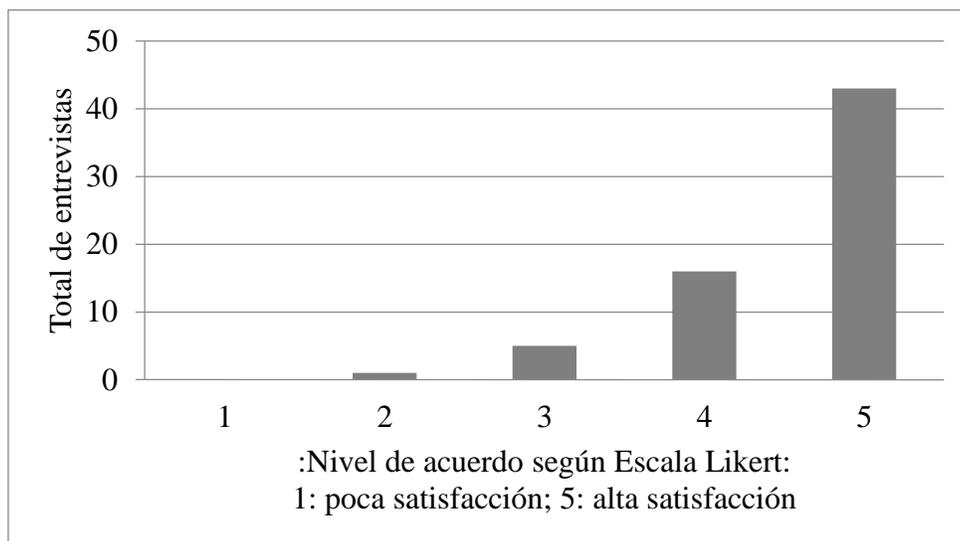
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 15: Grado de eficiencia de la gestión que brinda la ASADA de Hacienda Vieja en relación con proporcionar agua potable a la comunidad



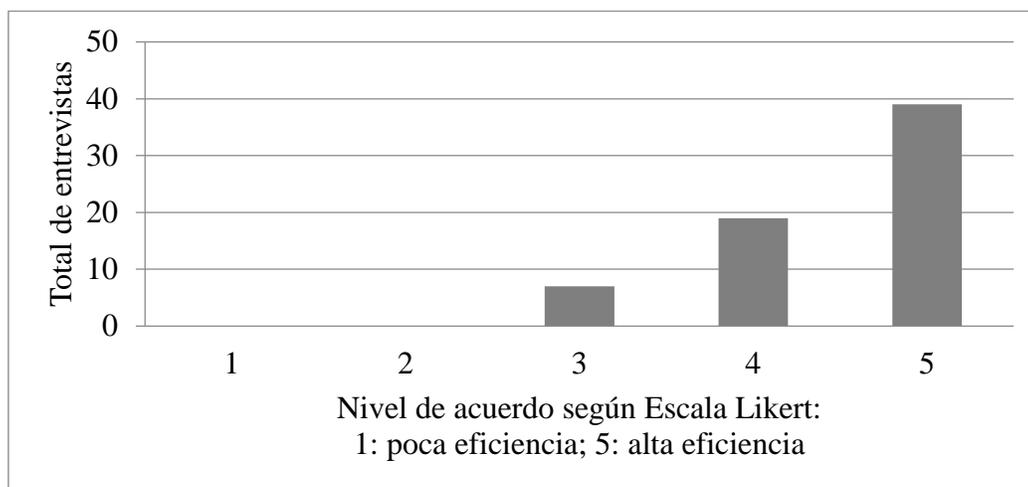
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 16: Grado de satisfacción en relación con la cantidad de agua que llega a las viviendas en la comunidad de Cuatro Esquinas



Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 17: Grado de eficiencia de la gestión que brinda la ASADA de Pital-Centeno en relación con proporcionar agua potable a la comunidad



Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

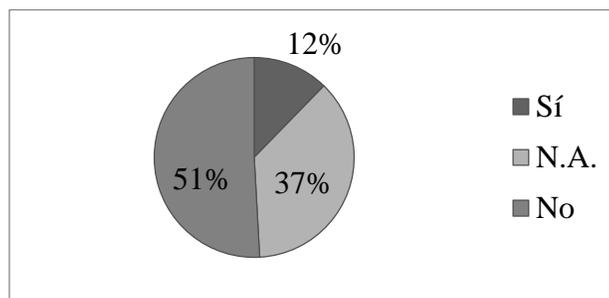
Anexo 6: Participación ciudadana en las comunidades de Hacienda Vieja y Cuatro Esquinas

Tabla 22: Percepción sobre la importancia y necesidad de la participación ciudadana ante el recurso hídrico

ASADA	No (%)	Sí (%)
Hacienda Vieja	5,26	94,74
Pital-Centeno	0	100

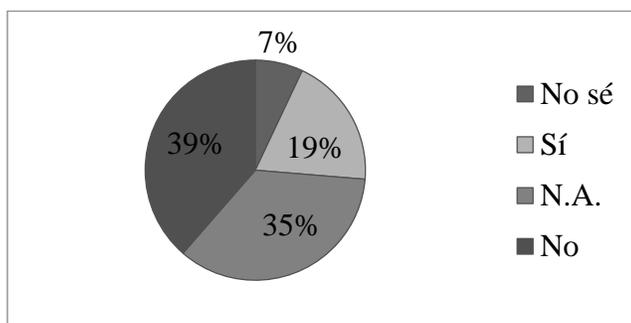
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 18: Participación individual en las actividades desarrolladas entre la Municipalidad de Orotina y la ASADA de Hacienda Vieja



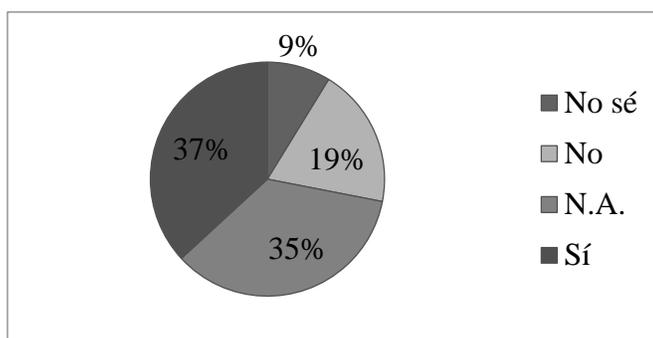
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 19: Participación del grupo familiar en las actividades desarrolladas entre la Municipalidad de Orotina y la ASADA de Hacienda Vieja



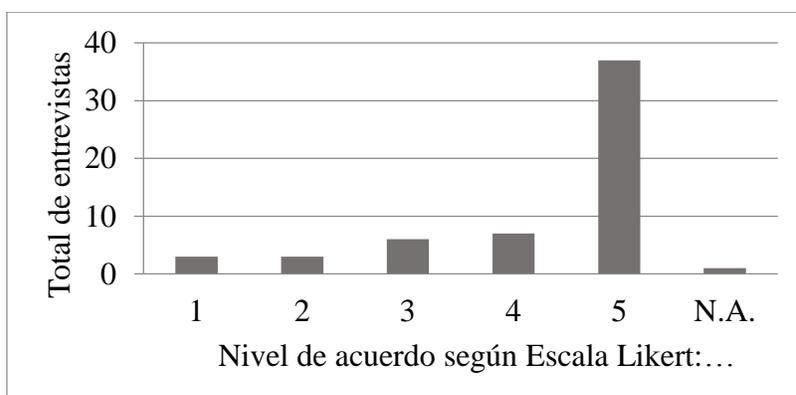
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 20: Participación de los vecinos en las actividades desarrolladas entre la Municipalidad de Orotina y la ASADA de Hacienda Vieja



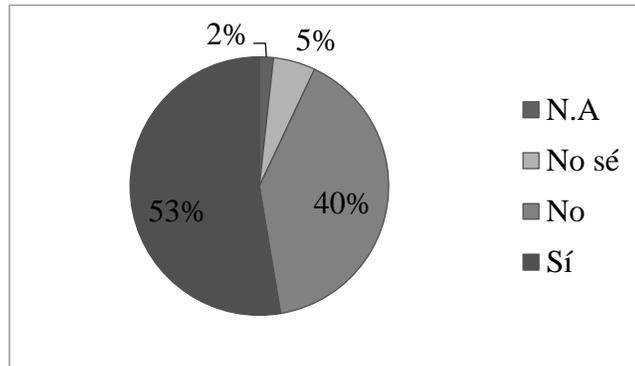
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 21: Interés percibido por la población ante el grupo familiar en cuanto a la contribución a la gestión del recurso hídrico en la comunidad de Hacienda Vieja



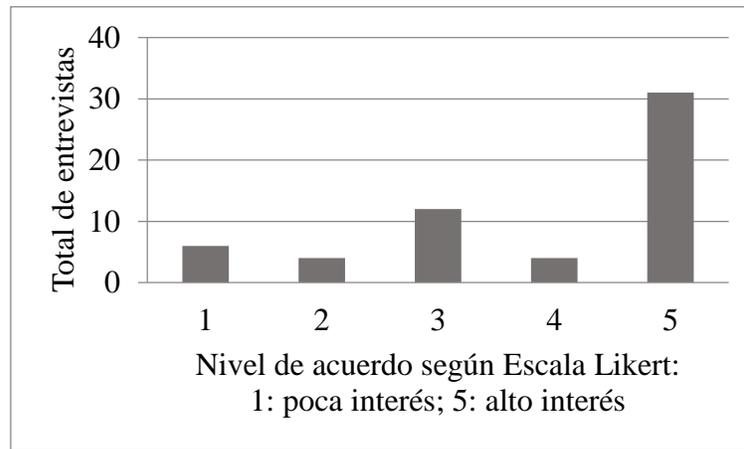
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 22: Involucramiento del grupo familiar ante la gestión del recurso hídrico en la comunidad de Hacienda Vieja



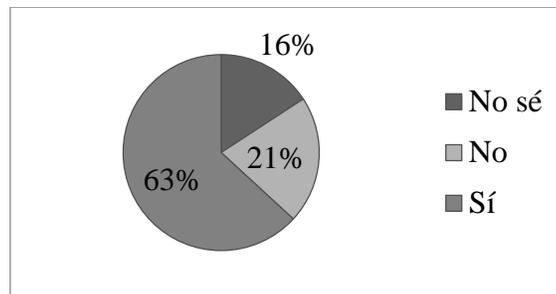
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 23: Interés percibido por la población ante su grupo de vecinos/as en cuanto a su contribución a la gestión del recurso hídrico en la comunidad de Hacienda Vieja



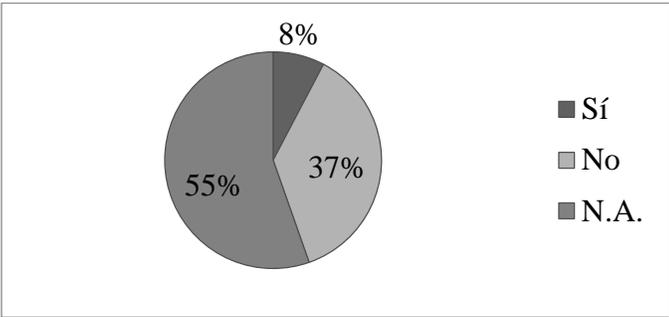
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 24: Involucramiento del grupo de vecinos/as en la gestión del recurso hídrico en la comunidad de Hacienda Vieja



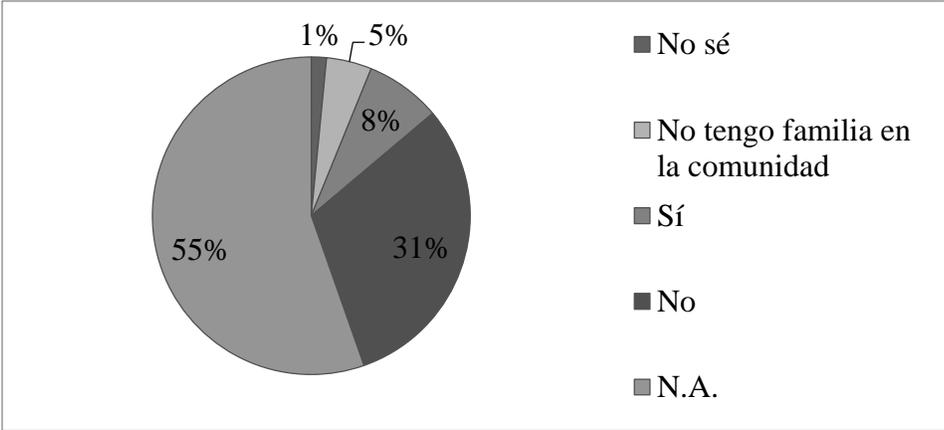
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 25: Participación individual en las actividades desarrolladas entre la Municipalidad de Orotina y la ASADA Pital-Centeno



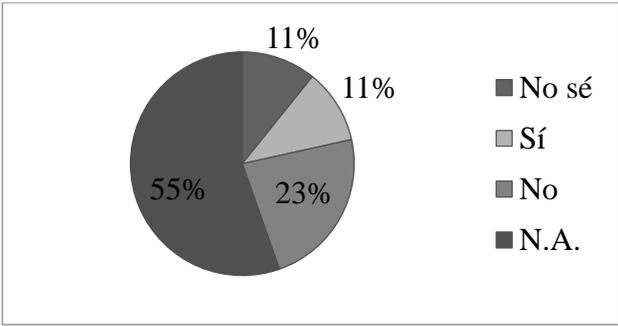
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 26: Participación del grupo familiar en las actividades desarrolladas entre la Municipalidad de Orotina y la ASADA Pital-Centeno



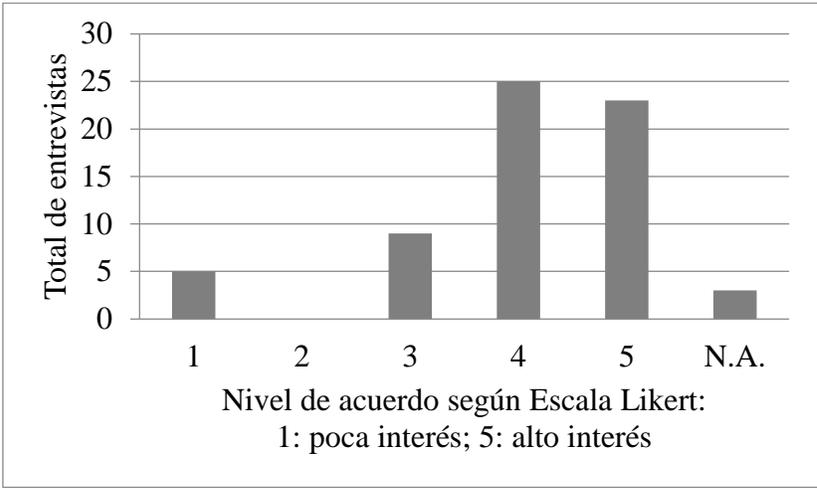
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 27: Participación de los vecinos/as en las actividades desarrolladas entre la Municipalidad de Orotina y la ASADA Pital-Centeno



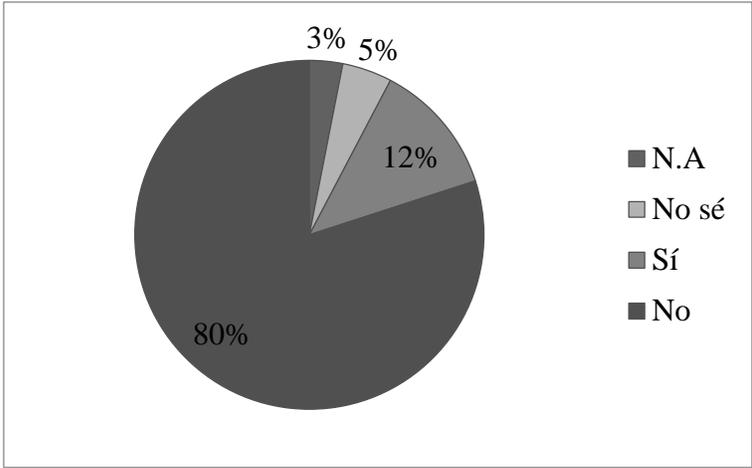
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 28: Interés percibido por la población ante el grupo familiar en cuanto a la contribución a la gestión del recurso hídrico en la comunidad de Cuatro Esquinas



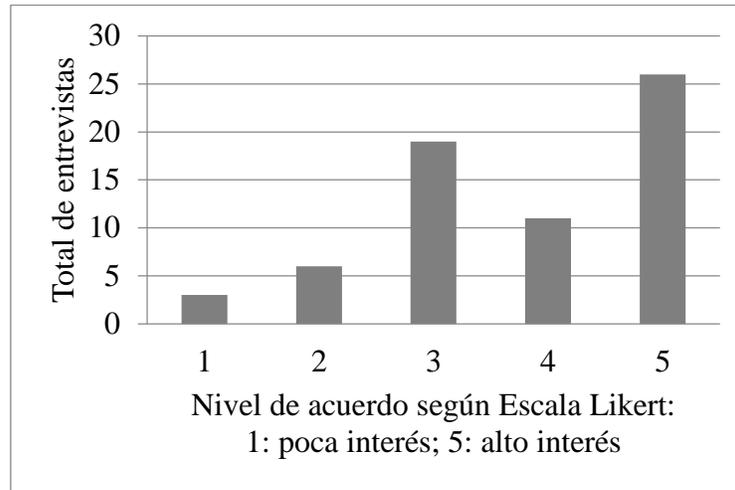
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 29: Involucramiento del grupo familiar en la gestión del recurso hídrico en la comunidad de Cuatro Esquinas



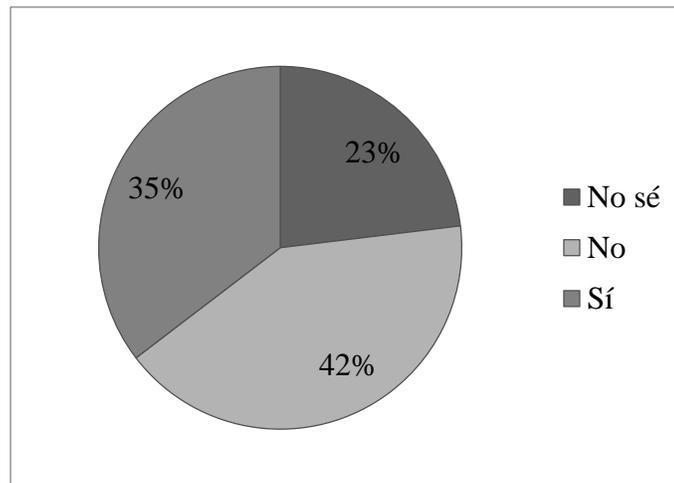
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 30: Interés percibido por la población ante su grupo de vecinos/as en cuanto a su contribución a la gestión del recurso hídrico en la comunidad de Cuatro Esquinas



Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

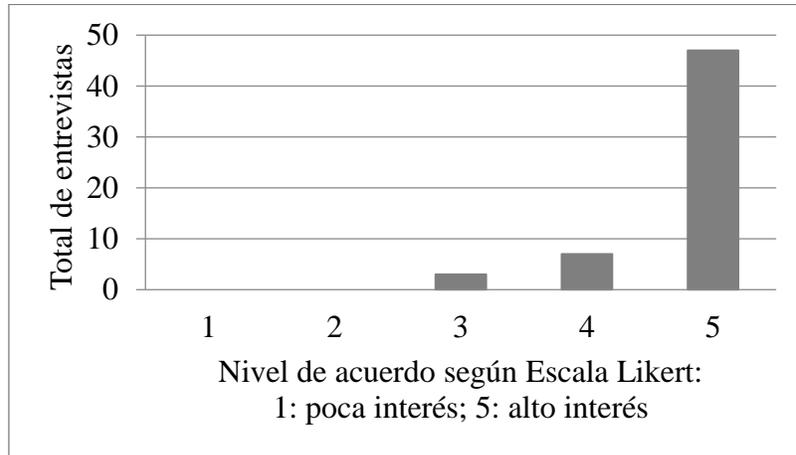
Figura 31: Involucramiento del grupo de vecinos/as en la gestión del recurso hídrico en la comunidad de Cuatro Esquinas



Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

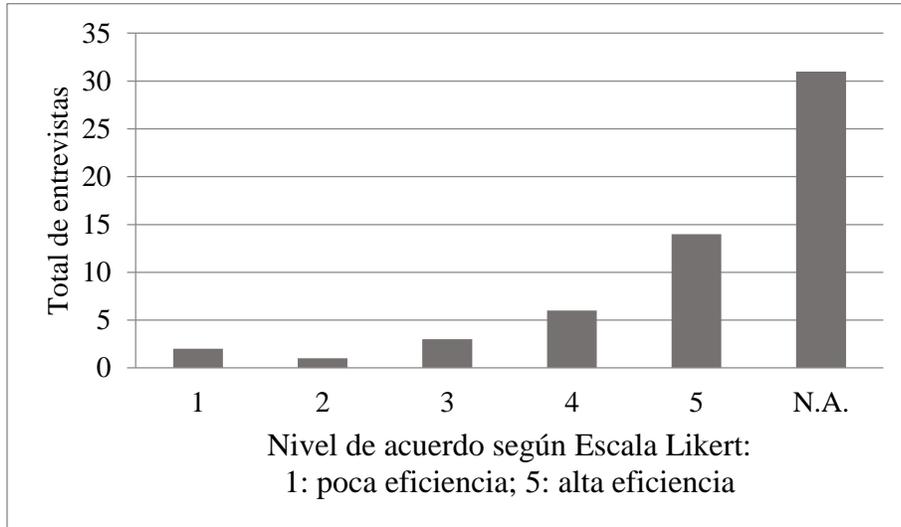
Anexo 7: Percepción de las comunidades en cuanto a la gestión por parte de las ASADAS

Figura 32: Grado de interés reflejado en relación con la gestión del recurso hídrico por parte de la ASADA de Hacienda Vieja



Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 33: Eficiencia de las medidas tomadas por la ASADA de Hacienda Vieja cuando hay periodos escasez al agua



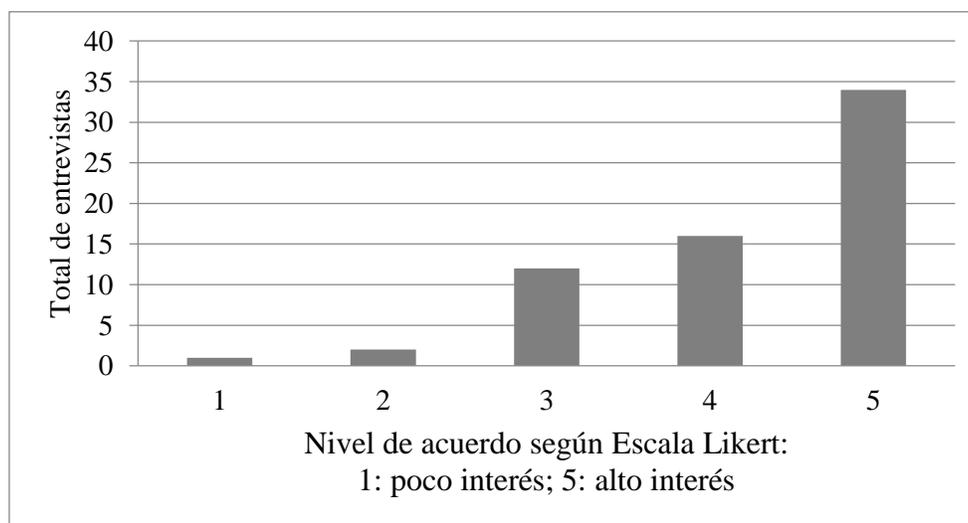
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 34: Grado de satisfacción por la comunidad de Hacienda Vieja según el trabajo de gestión al recurso hídrico dado por la ASADA



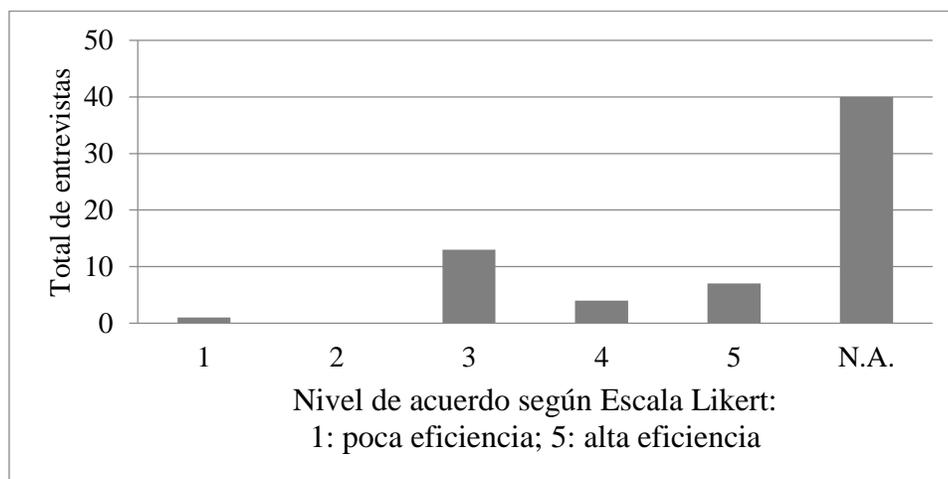
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 35: Percepción de la comunidad de Cuatro Esquinas sobre el grado de interés por la gestión del agua por parte de la ASADA Pital-Centeno



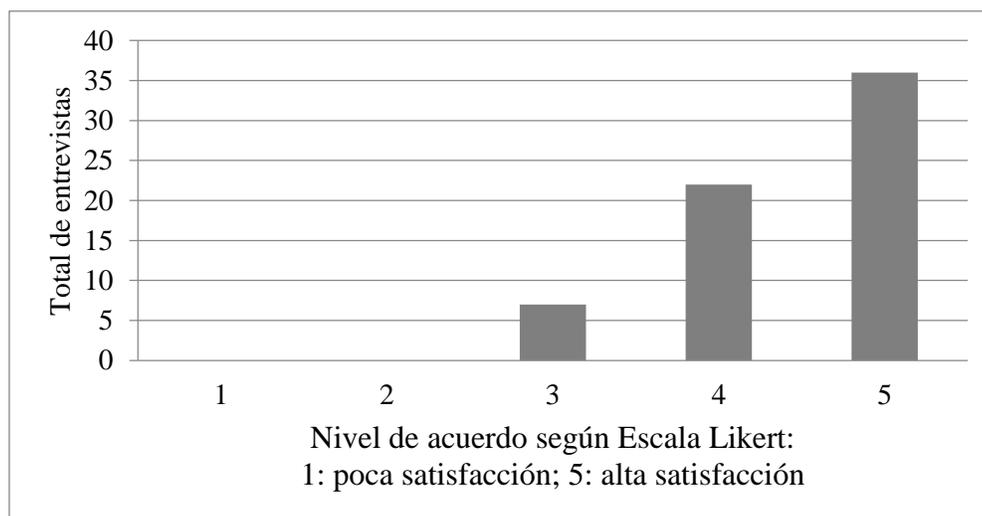
Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 36: Eficiencia de las medidas tomadas por la ASADA Pital-Centeno cuando ha habido periodos de escasez al agua



Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.

Figura 37: Grado de satisfacción por la comunidad de Pital-Centeno según el trabajo de gestión al recurso hídrico dado por la ASADA



Fuente: Elaboración propia a partir de trabajo de campo, 22, 23, 29 y 30 de enero, 2022.