

Universidad Técnica Nacional

Sede Central

Ingeniería en Recurso Hídrico

Trabajo Final de Graduación para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería en  
Recurso Hídrico

*Propuesta para la gestión sostenible del recurso hídrico de la Reserva Forestal Grecia*

**Sustentantes:**

Katty Elena Campos Valerio

Joseph Antonio Acuña Cruz

2021

## Hoja de aprobación



Carrera de Ingeniería en Manejo del Recurso Hídrico  
Tribunal Evaluador

18

### Hoja de aprobación del Tribunal Evaluador

Este Trabajo Final de Graduación fue aprobado por el Tribunal Evaluador el día 14 de diciembre de 2021 a las 18:55 horas, como requisito para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería en Recurso Hídrico.

OSCAR VEGA LEANDRO  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por OSCAR VEGA LEANDRO (FIRMA)  
Fecha: 2021.12.16 08:25:55 -06'00'

Óscar Vega Leandro  
Director de Carrera

ROLANDO ALBERTO MARIN LEON  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por ROLANDO ALBERTO MARIN LEON (FIRMA)  
Fecha: 2021.12.16 08:09:09 -06'00'

Rolando Marín León  
Profesor Tutor del TFG

Ana Lorena Salmerón Alpízar  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por Ana Lorena Salmerón Alpízar  
Fecha: 2021.12.15 14:03:25 -06'00'

Ana Lorena Salmerón Alpízar  
Lectora del TFG

ANDRES GERARDO ARAYA ARAYA  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por ANDRÉS GERARDO ARAYA ARAYA (FIRMA)  
Fecha: 2021.12.15 15:36:03 -06'00'

Andrés Araya Araya  
Lector del TFG

JOSE RODOLFO RAMIREZ VILLALBA  
(FIRMA)

Firmado digitalmente por JOSE RODOLFO RAMIREZ VILLALBA (FIRMA)  
Fecha: 2021.12.15 12:33:09 -06'00'

Rodolfo Ramírez Villalba  
Representante del Sector Productivo

### **Dedicatorias**

A nuestros padres Víctor Manuel Campos Arce, Martha Eugenia Valerio Villalobos, Giselle Patricia Cruz Umaña y Rolando Antonio Acuña Vargas, quienes, desde siempre y con todo su amor, paciencia y esfuerzo, nos han ayudado a alcanzar nuestros sueños, siendo esta etapa uno de ellos. Les agradecemos por haber inculcado en nuestros corazones un espíritu soñador y de lucha que, de la mano de Dios, nos ha ayudado a salir adelante.

A nuestros hermanos y familiares, que, con cariño incondicional, nos han acompañado en nuestra etapa de estudio y crecimiento personal, y con sus consejos, nos dieron siempre el ánimo para continuar.

A todos los que nos tuvieron siempre en sus oraciones para que Dios tomara el control de nuestro estudio y de toda nuestra carrera universitaria.

Finalmente, un agradecimiento mutuo, porque, además de ser compañeros, tenemos un lazo sentimental que nos une y, de alguna u otra forma, este trabajo nos ayudó a tener mayor confianza y a estar juntos aún en los momentos difíciles.

## **Agradecimientos**

A Dios, primeramente, por la bendición de poder estudiar y culminar esta etapa de nuestras vidas, y también por la bendición de acompañarnos en tan sinuoso camino.

A todos los departamentos administrativos y técnicos de la Universidad Técnica Nacional, porque, desde el principio de nuestros estudios, estuvieron presentes y siempre anuentes a ayudarnos.

A nuestros profesores y a nuestro director de carrera Oscar Vega Leandro, por haber instado en nosotros un deseo grande de superación, y por ayudarnos a abrir puertas que, poco a poco, fueron forjando nuestro futuro profesional. Además, les agradecemos, con gran ahínco, el habernos transmitido todos los conocimientos que guardamos valiosamente y que, día tras día, aplicamos en nuestros trabajos y actividades.

A nuestros profesores Ana Lorena Salmerón Alpízar, Rolando Alberto Marín León, Andrés Araya Araya, Adrián Arce Arias, Johnny Vargas Navarro y Federico Solera Herrera, a quienes no tenemos palabras para agradecer todo su esfuerzo y dedicación para forjar los profesionales que somos en la actualidad y por ser más que nuestros mentores y siempre brindarnos su amistad.

## Tabla de contenidos

Hoja de aprobación.....	ii
Dedicatorias.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Tabla de contenidos.....	v
Índice de figuras .....	ix
Índice de tablas .....	xiii
Lista de abreviaturas .....	xviii
Resumen .....	xxi
Abstract .....	xxii
Introducción .....	1
Área de estudio.....	5
Delimitación del problema .....	9
Justificación.....	10
Alcances y dimensiones .....	12
Situación actual del conocimiento del tema.....	14
Objetivos .....	24
Objetivo general .....	24
Objetivos específicos.....	24
Marco teórico .....	25
Contexto mundial del recurso hídrico .....	25
Situación actual del recurso hídrico en Costa Rica .....	28
Legislación actual para la gestión integrada del recurso hídrico en Costa Rica.....	30
Administradores del recurso hídrico nacional .....	33
Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) .....	33
Ministerio de Salud (MS).....	35
Municipalidades .....	36
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) .....	37
Tipos de cuerpos de agua según la legislación costarricense .....	37
Manantial o naciente .....	39
Río o quebrada .....	40
Lago y laguna .....	41
Tipos de aforos para caudales de agua .....	41

Aforo volumétrico .....	42
Aforo con tubo de Pitot .....	43
Aforo con trazadores fluorescentes o colorantes.....	43
Aforo con flotadores.....	43
Aforo con molinete o correntómetro .....	44
Usos actuales del recurso hídrico en Costa Rica .....	45
Calidad del agua en Costa Rica .....	46
Parámetros para la determinación de la calidad del agua.....	48
Características físicas .....	49
Características químicas .....	50
Características biológicas .....	53
Categorización de las áreas silvestres protegidas en Costa Rica.....	54
Zonas vulnerables para la protección del recurso hídrico .....	58
Marco metodológico .....	61
Tipo de investigación .....	61
Hipótesis.....	63
Enfoque de la investigación.....	64
Proceso de tabulación y análisis de datos.....	65
Técnicas e instrumentos.....	66
Determinación de los cuerpos de agua .....	66
Aforos.....	67
Sistematización de la información .....	67
Delimitación de las áreas de protección .....	71
Determinación de la calidad del agua .....	72
Herramientas y equipo .....	75
Autores que respaldan la investigación .....	78
Obstáculos y dificultades.....	80
Cuadro de variables .....	81
Presentación y análisis de los resultados.....	82
Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de San Luis de Grecia.....	100
Resultados de aforos y ubicaciones.....	101
Resultados de los muestreos de calidad del agua.....	108
Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de San Miguel de Grecia.....	113

Resultados de aforos y ubicaciones.....	113
Resultados de los muestreos de calidad del agua.....	124
Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de Mastate	
130	
Resultados de aforos y ubicaciones.....	130
Resultados de los muestreos de calidad del agua.....	135
Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de Calle San	
José-Calle Rodríguez.....	138
Resultados de aforos y ubicaciones.....	138
Resultados de los muestreos de calidad del agua.....	146
Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de Carbonal	
150	
Resultados de aforos y ubicaciones.....	150
Resultados de los muestreos de calidad del agua.....	158
Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de Calle Liles	
163	
Resultados de aforos y ubicaciones.....	163
Resultados de los muestreos de calidad del agua.....	169
Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de Cajón de	
Bolívar de Grecia.....	172
Resultados de aforos y ubicaciones.....	172
Resultados de los muestreos de calidad del agua.....	178
Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de San Roque	
181	
Resultados de las ubicaciones.....	181
Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de San Juan	
de Grecia.....	185
Resultados de las ubicaciones.....	185
Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de Los	
Ángeles.....	188
Resultados de las ubicaciones.....	188
Hallazgos.....	191
Registro de aforos.....	191
Concesiones para aprovechamiento de agua.....	191
Ordenamiento territorial zona catastrada.....	192
Ordenamiento territorial usos del suelo.....	192

ASADA San Luis de Grecia.....	192
ASADA San Miguel de Grecia .....	194
ASADA El Mastate .....	195
ASADA Calle San José-Calle Rodríguez.....	197
ASADA Carbonal.....	198
ASADA Calle Liles .....	199
ASADA El Cajón de Bolívar de Grecia .....	200
ASADA San Roque de Grecia.....	201
ASADA San Juan de Grecia.....	201
ASADA Los Ángeles de Grecia.....	202
ASADA Vista de Atenas .....	202
ASADA San Isidro de Grecia y ASADA San Juan Norte de Poás .....	202
UNAGUAS.....	203
Conclusiones .....	204
Recomendaciones.....	208
Recomendaciones específicas.....	208
Registro de Aforos .....	208
Concesiones para Aprovechamiento de Aguas Superficiales .....	208
Ordenamiento territorial zona catastrada .....	210
Ordenamiento territorial usos del suelo .....	210
ASADA San Luis de Grecia.....	211
ASADA San Miguel de Grecia .....	213
ASADA El Mastate.....	216
ASADA Calle San José - Calle Rodríguez .....	217
ASADA Carbonal .....	219
ASADA Calle Liles.....	220
ASADA Cajón de Bolívar de Grecia .....	222
ASADA San Roque de Grecia .....	224
ASADA San Juan de Grecia .....	225
ASADA Los Ángeles de Grecia.....	226
ASADA Vista de Atenas.....	226
Recomendaciones generales.....	227
Ordenamiento territorial.....	227
Tierras privadas o convenios de servidumbres ecológicas.....	228

Pago por la prestación de servicios ambientales .....	230
Tarifa hídrica de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.....	231
Canon por Concepto de Aprovechamiento de Agua.....	233
Canon Ambiental por Vertido .....	234
Programa de Pequeñas Donaciones (PPD).....	239
Procesos de educación ambiental .....	241
Gestión sostenible del recurso hídrico .....	242
Gobernanza de áreas vulnerables .....	242
Financiamiento para la compra de terrenos y ejecución de proyectos .....	243
Divulgación de los resultados .....	246
Seguimiento y aplicación de la propuesta .....	248
i. Referencias bibliográficas .....	249
ii. Anexos.....	256

### Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del área de estudio. ....	7
Figura 2. Esquema conceptual de la gestión integrada del recurso hídrico. ....	17
Figura 3. Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica. ....	55
Figura 4. Visor del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE. ....	71
Figura 5. Portada del documento “Introducción al juego estándar de agua”. ....	73
Figura 6. Herramientas del kit de muestreo de la calidad del agua.....	74
Figura 7. Thermo Scientific Orion Star Serie A320.....	75
Figura 8. Mapa de ubicación geográfica de los aforos registrados en la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE ubicados dentro de la Reserva Forestal Grecia. ....	86
Figura 9. Mapa de ubicación geográfica de las concesiones registradas en la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del Minae ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia. ....	95
Figura 10. Estado de los expedientes según el SINIGIRH. ....	96
Figura 11. Mapa de ubicación geográfica de la zona de catastro y los terrenos del Estado ubicados dentro de la Reserva Forestal Grecia. ....	98
Figura 12. Mapa de ubicación geográfica de los usos de suelo ubicados dentro de la Reserva Forestal Grecia. ....	99
Figura 13. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en el SINIGIRH, y las fuentes encontradas en campo para la ASADA de San Luis de Grecia. ....	104

Figura 14. Mapa de ubicación geográfica de las áreas de protección de las nacientes captadas. ....	105
Figura 15. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de San Luis de Grecia, promedios (2018, 2019, y 2020) vrs. información obtenida en campo para la Fuente Sistema 1. ....	111
Figura 16. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de San Luis de Grecia, promedios (2018, 2019, y 2020) vrs. información obtenida en campo para la Fuente Sistema 2. ....	112
Figura 17. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en el SINIGIRH y las fuentes encontradas en campo para la ASADA de San Miguel de Grecia. ....	116
Figura 18. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996, en su artículo 33; la Ley de Aguas N° 276, en su artículo 31, Fuentes Suzo 1 y Suzo 2. ....	117
Figura 19. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996, en su artículo 33; la Ley de Aguas N° 276, en su artículo 31, Fuente Los Pedros. ....	118
Figura 20. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996, en su artículo 33; la Ley de Aguas N° 276, en su artículo 31, Fuentes La Cueva 1, La Cueva 2 y La Cueva 3. ....	119
Figura 21. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de San Miguel de Grecia, promedios (2018, 2019 y 2020) vrs información obtenida en campo para la fuente naciente Suzo 1 y 2. ....	127
Figura 22. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de San Miguel de Grecia, promedios (2018, 2019 y 2020) vrs información obtenida en campo para la Fuente Los Pedros. ....	128
Figura 23. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de San Miguel de Grecia, promedios (2018, 2019 y 2020) vrs información obtenida en campo para la Fuente La Cueva 1, 2 y 3. ....	129
Figura 24. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en la base de datos del SINIGIRH y las fuentes encontradas en campo. ....	132
Figura 25. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996, en su artículo 33, y la Ley de Aguas N° 276, en su artículo 31, Fuentes Prendas 1 y Prendas 2. ....	133
Figura 26. Resultados de la calidad del agua de la ASADA El Mastate, promedios (2020) vrs. información obtenida en campo para la fuente naciente Prendas 1 y 2. ....	137
Figura 27. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en la base de datos del SINIGIRH y las fuentes encontradas en campo. ....	141
Figura 28. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996, en su artículo 33, y la Ley de Aguas N° 276, en su artículo 31, Fuente Prendas, ASADA Calle San José - Calle Rodríguez. ....	142
Figura 29. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996, en su Artículo 33; la Ley de	

Aguas N° 276, en su Artículo 31, Fuente El Achiote, ASADA Calle San José - Calle Rodríguez. ....	143
Figura 30. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez Promedios (2020 y 2021) vrs. información obtenida en campo para la fuente naciente Prendas. ....	148
Figura 31. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez Promedios (2020 y 2021) vrs. información obtenida en campo para la fuente naciente El Achiote. ....	149
Figura 32. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en la base de datos del SINIGIRH, y las fuentes encontradas en campo. ....	152
Figura 33. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996, en su Artículo 33; la Ley de Aguas N° 276, en su Artículo 31, Fuentes El Río, La Roca y El Alto. ....	153
Figura 34. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de Carbonal, Promedios (2020 y 2021) vrs. información obtenida en campo para la fuente naciente El Río. ....	160
Figura 35. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de Carbonal de Grecia, Promedios (2020 y 2021) vrs. información obtenida en campo para la fuente naciente La Roca. ....	161
Figura 36. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de Carbonal de Grecia, Promedios (2020 y 2021) vrs. información obtenida en campo para la fuente naciente El Alto. ....	162
Figura 37. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en la base de datos del SINIGIRH, y las fuentes encontradas en campo. ....	166
Figura 38. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996, en su Artículo 33; y la Ley de Aguas N° 276, en su Artículo 31, para la ASADA de Calle Liles. ....	167
Figura 39. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de Calle Liles, Promedios (2020 Y 2021) vrs. información obtenida en campo para la fuente naciente Prendas. ....	171
Figura 40. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en la base de datos del SINIGIRH, y las fuentes encontradas en campo. ....	175
Figura 41. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996, en su Artículo 33; y la Ley de Aguas N° 276, en su Artículo 31, Fuentes La Forestal 1, La Forestal 2, La Forestal 3 y La Forestal 4. ....	176
Figura 42. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de Cajón de Bolívar de Grecia, Promedios 2020 vrs. información obtenida en campo para la fuente naciente La Forestal. ....	180
Figura 43. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en la base de datos del SINIGIRH, y las fuentes encontradas en campo para la ASADA de San Roque de Grecia. ....	184
Figura 44. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en la base de datos del SINIGIRH, y las fuentes encontradas en campo para la ASADA de San Juan de Grecia. ....	187

Figura 45. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en la base de datos del SINIGIRH, y las fuentes encontradas en campo para la ASADA de Los Ángeles. ....	190
Figura 46. Fotografía tomada durante las reuniones de coordinación con el tutor del proyecto. ....	256
Figura 47. Fotografía tomada durante las reuniones de coordinación con el tutor del proyecto. ....	257
Figura 48. Hoja de recolección de datos de campo.....	258
Figura 49. Hoja de recolección de datos de campo.....	259
Figura 50. Hoja de recolección de datos de campo.....	260
Figura 51. Hoja de recolección de datos de campo.....	261
Figura 52. Hoja de recolección de datos de campo.....	262
Figura 53. Hoja de recolección de datos de campo.....	263
Figura 54. Hoja de recolección de datos de campo.....	264
Figura 55. Hoja de recolección de datos de campo.....	265
Figura 56. Visita realizada a la ASADA de Calle Liles.....	266
Figura 57. Visita realizada a la ASADA de Calle Liles.....	266
Figura 58. Visita realizada a la ASADA de Calle San José-Calle Rodríguez. ....	267
Figura 59. Visita realizada a la ASADA de Calle San José-Calle Rodríguez. ....	267
Figura 60. Visita realizada a la ASADA de Calle San José-Calle Rodríguez. ....	268
Figura 61. Visita realizada a la ASADA de Carbonal.....	268
Figura 62. Visita realizada a la ASADA de Carbonal.....	269
Figura 63. Visita realizada a la ASADA de Carbonal.....	269
Figura 64. Visita realizada a la ASADA de Carbonal.....	270
Figura 65. Visita realizada a la ASADA de Carbonal.....	270
Figura 66. Visita realizada a la ASADA de Carbonal.....	271
Figura 67. Visita realizada a la ASADA de Carbonal.....	271
Figura 68. Visita realizada a la ASADA de Carbonal.....	272
Figura 69. Visita realizada a la ASADA El Mastate.....	272
Figura 70. Visita realizada a la ASADA de El Mastate. ....	273
Figura 71. Visita realizada a la ASADA de San Luis. ....	273
Figura 72. Visita realizada a la ASADA de San Luis. ....	274
Figura 73. Visita realizada a la ASADA de San Luis. ....	274
Figura 74. Visita realizada a la ASADA de San Luis. ....	275
Figura 75. Visita realizada a la ASADA de San Luis. ....	275
Figura 76. Visita realizada a la ASADA de San Luis. ....	276

Figura 77. Visita realizada a la ASADA de San Miguel.....	276
Figura 78. Visita realizada a la ASADA de San Miguel.....	277
Figura 79. Visita realizada a la ASADA de San Miguel.....	277
Figura 80. Visita realizada a la ASADA de San Miguel.....	278
Figura 81. Visita realizada a la ASADA de San Miguel.....	278
Figura 82. Visita realizada a la ASADA de San Miguel.....	279
Figura 83. Visita realizada a la ASADA de San Roque.....	279
Figura 84. Visita realizada a la ASADA de San Roque.....	280
Figura 85. Visita realizada a la ASADA de El Cajón. ....	280
Figura 86. Visita realizada a la ASADA de El Cajón. ....	281
Figura 87. Visita realizada a la ASADA de El Cajón. ....	281
Figura 88. Visita realizada a la ASADA de Los Ángeles. ....	282
Figura 89. Visita realizada a la ASADA de Los Ángeles. ....	282
Figura 90. Visita realizada a la ASADA de Los Ángeles. ....	283
Figura 91. Visita realizada a la ASADA de Los Ángeles. ....	283
Figura 92. Visita realizada a la ASADA de San Juan de Grecia. ....	284
Figura 93. Visita realizada a la ASADA de Los Ángeles. ....	284
Figura 94. Visita realizada a la ASADA de Los Ángeles. ....	285
Figura 95. Visita realizada a la ASADA de Los Ángeles. ....	285
Figura 96. Carta de aval del MINAE para la elaboración del proyecto. ....	286
Figura 97. Carta de aval del MINAE para la elaboración del proyecto. ....	287
Figura 98. Carta de aval del MINAE para la elaboración del proyecto. ....	288
Figura 99. Carta de aval del MINAE para la elaboración del proyecto. ....	289
Figura 100. Carta de aval del MINAE para la elaboración del proyecto. ....	290

### Índice de tablas

Tabla 1. Disponibilidad de agua per cápita por país .....	28
Tabla 2. ASADAS que realizan aprovechamientos dentro de la Reserva Forestal Grecia.....	69
Tabla 3. Cuadro de variables conceptual, operacional e instrumental .....	81

Tabla 4. Registro de aforos realizados en fuentes ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia, obtenidos de la base de datos de la Dirección de Agua, SINIGIRH.....	82
Tabla 5. Registro de concesiones consultado en la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua..	87
Tabla 6. Registro de aforos y ubicaciones obtenidos en campo para las fuentes de la ASADA de San Luis de Grecia ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia .....	101
Tabla 7. Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE para la ASADA de San Luis de Grecia.....	102
Tabla 8. Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA durante los años 2019, 2020 y 2021, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época seca del año 2021 para la Fuente Sistema 1 .....	106
Tabla 9. Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA durante los años 2019, 2020 y 2021, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época seca del año 2021 para la Fuente Sistema 2 .....	107
Tabla 10. Registro del análisis de calidad del agua realizado en campo para las fuentes de la ASADA de San Luis de Grecia.....	109
Tabla 11. Resultados promedio de los análisis de calidad realizados en los años 2018, 2019 y 2020 por la ASADA de San Luis de Grecia mediante laboratorio acreditado.....	110
Tabla 12. Registro de aforos y ubicaciones obtenidas en campo para las fuentes de la ASADA de San Miguel de Grecia ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia.....	114
Tabla 13. Registro de aforos y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE para la ASADA de San Miguel de Grecia, en las fuentes ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia.....	115
Tabla 14. Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA durante los años 2018, 2019 y 2020, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época lluviosa del año 2021 para la fuente naciente Suzo 1 y 2 .....	120
Tabla 15. Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA durante los años 2018, 2019 y 2020, con el aforo realizado durante la investigación para la fuente naciente Los Pedros .....	121

Tabla 16. Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA durante los años 2018, 2019 y 2020, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época lluviosa del año 2021 para la fuente naciente La Cueva 1, 2 y 3 .....	123
Tabla 17. Registro de análisis de calidad del agua realizado en campo para las fuentes de la ASADA de San Miguel de Grecia .....	125
Tabla 18. Resultados promedio de los análisis de calidad realizados en el año 2019 por la ASADA de San Miguel de Grecia mediante laboratorio acreditado .....	125
Tabla 19. Registro de aforos y ubicaciones obtenidos en campo para las fuentes de la ASADA El Mastate ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia .....	131
Tabla 20. Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del Minaedel MINAE para la ASADA El Mastate.....	131
Tabla 21. Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA durante los años 2018, 2019 y 2020 con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época seca del año 2021 .....	134
Tabla 22. Registro del análisis de calidad del agua realizado en campo para las fuentes de la ASADA El Mastate .....	136
Tabla 23. Resultados promedio de los análisis de calidad realizados en el año 2020 por la ASADA El Mastate mediante laboratorio acreditado .....	136
Tabla 24. Registro de aforos y ubicaciones obtenidos en campo para las fuentes de la ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia.....	139
Tabla 25. Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del Minaedel MINAE para la ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez .....	139
Tabla 26. Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA durante los años 2018, 2019 y 2020, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época seca del año 2021 para la fuente naciente Prendas .....	144
Tabla 27. Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA durante los años 2018, 2019 y 2020, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época seca del año 2021 para la fuente naciente El Achiote.....	145
Tabla 28. Registro del análisis de calidad del agua realizado en campo para las fuentes de la ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez.....	147

Tabla 29. Resultados promedio de los análisis de calidad realizados en los años 2018, 2019 y 2020 por la ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez mediante laboratorio acreditado.....	147
Tabla 30. Registro de aforos y ubicaciones obtenidos en campo para las fuentes de la ASADA de Carbonal ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia .....	151
Tabla 31. Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE para la ASADA de Carbonal .....	151
Tabla 32. Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA durante los años 2019, 2020 Y 2021 con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época lluviosa del año 2021 para la fuente naciente El Río .....	154
Tabla 33. Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA durante los años 2019, 2020 y 2021, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época lluviosa del año 2021 para la fuente naciente La Roca .....	156
Tabla 34. Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA durante los años 2019, 2020 y 2021, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época lluviosa del año 2021 para la fuente naciente El Alto.....	157
Tabla 35. Registro del análisis de calidad del agua realizado en campo para las fuentes de la ASADA de Carbonal.....	159
Tabla 36. Resultados promedio de los análisis de calidad realizados en los años 2020 y 2021 por la ASADA de Carbonal mediante laboratorio acreditado.....	159
Tabla 37. Registro de aforos y ubicaciones obtenidos en campo para las fuentes de la ASADA de Calle Liles ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia .....	164
Tabla 38. Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE para la ASADA de Calle Liles.....	164
Tabla 39. Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA durante los años 2018, 2019 y 2020, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época seca del año 2021 para la fuente naciente Prendas .....	168
Tabla 40. Registro del análisis de calidad del agua realizado en campo para las fuentes de la ASADA de Calle Liles.....	170
Tabla 41. Resultados promedio de los análisis de calidad realizados en los años 2020 y 2021 por la ASADA de Calle Liles mediante laboratorio acreditado .....	170

Tabla 42. Registro de aforos y ubicaciones obtenidos en campo para las fuentes de la ASADA de Cajón de Bolívar de Grecia ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia.....	173
Tabla 43. Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE para la ASADA de Cajón de Bolívar de Grecia .....	173
Tabla 44. Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA durante los años 2018, 2019 y 2020, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época lluviosa del año 2021 para la fuente naciente La Forestal .....	177
Tabla 45. Registro del análisis de calidad del agua realizado en campo para las fuentes de la ASADA de Cajón de Bolívar de Grecia.....	179
Tabla 46. Resultados promedio de los análisis de calidad realizados en los años 2020 y 2021 por la ASADA de Cajón de Bolívar de Grecia mediante laboratorio acreditado.....	179
Tabla 47. Registro de ubicaciones obtenidas en campo para las fuentes de la ASADA de San Roque .....	182
Tabla 48. Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del Minaedel MINAE para la ASADA de San Roque de Grecia .....	183
Tabla 49. Registro de ubicación obtenida en campo para la fuente de la ASADA de San Juan de Grecia .....	185
Tabla 50. Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del Minaedel MINAE para la ASADA de San Juan de Grecia .....	186
Tabla 51. Registro de Ubicación obtenida en campo para las fuentes de la ASADA de Los Ángeles .....	188
Tabla 52. Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE para la ASADA de Los Ángeles.....	189

### Lista de abreviaturas

---

<b>AP</b>	Áreas de protección
<b>ARESEP</b>	Autoridad Reguladora de Servicios Públicos
<b>ASADAS</b>	Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes
<b>ASP</b>	Áreas Silvestres Protegidas
<b>AYA</b>	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
<b>CAV</b>	Canon Ambiental por Vertidos
<b>CONAGEBIO</b>	Comisión Nacional para la Gestión de la Biodiversidad
<b>COMCURE</b>	Comisión para el Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Reventazón
<b>CNE</b>	Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias
<b>DA</b>	Dirección de Agua
<b>ENGIRH</b>	Estrategia Nacional para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
<b>FONAFIFO</b>	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
<b>GAM</b>	Gran Área Metropolitana
<b>GIRH</b>	Gestión Integrada del Recurso Hídrico
<b>GPS</b>	Sistema de Posicionamiento Global
<b>GWP</b>	Asociación Mundial del Agua
<b>ICT</b>	Instituto Costarricense de Turismo

---

---

<b>IFAM</b>	Instituto de Fomento y Asesoría Municipal
<b>IGN</b>	Instituto Geográfico Nacional
<b>IMN</b>	Instituto Meteorológico Nacional
<b>INDER</b>	Instituto del Desarrollo Rural
<b>INEC</b>	Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica
<b>INVU</b>	Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo
<b>MINAE</b>	Ministerio de Ambiente y Energía
<b>MINSA</b>	Ministerio de Salud
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>ORAC</b>	Oficina Regional de Acueductos Comunes
<b>PNGIRH</b>	Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos
<b>RFG</b>	Reserva Forestal Grecia
<b>SENARA</b>	Sistema Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento
<b>SETENA</b>	Secretaría Técnica Nacional Ambiental
<b>SIG</b>	Sistemas de Información Geográfica
<b>SINAC</b>	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
<b>SINIGIRH</b>	Sistema Nacional de Información para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico
<b>SITADA</b>	Sistema Integrado de Trámite y Atención de Denuncias Ambientales
<b>SNIT</b>	Sistema Nacional de Información Territorial
<b>TAA</b>	Tribunal Ambiental Administrativo
<b>TEC</b>	Tecnológico de Costa Rica
<b>UNAGUAS</b>	Unión de Asociaciones Griegas Unidas por el Ambiente y la Salud

---

---

**UTN**

Universidad Técnica Nacional

---

## Resumen

La siguiente investigación es una propuesta para la gestión sostenible de los recursos hídricos superficiales que nacen dentro los límites territoriales de la Reserva Forestal Grecia (RFG). Para el desarrollo de la investigación, se planteó una metodología con enfoque cuantitativo de alcance descriptivo, donde su objetivo principal es la determinación de caudales, el monitoreo de la calidad de las aguas, la georreferenciación de las fuentes de aguas superficiales, el levantamiento de imágenes aéreas, la determinación de tipos de uso de suelo, usos del agua, y el análisis base de la información catastral. Se contó con la participación de 10 usuarios directos, los cuales corresponden a ASADAS de los cantones de Grecia y Poás, lo que permite visualizar un amplio panorama de las condiciones actuales de sus aprovechamientos, y enlista una serie de hallazgos y problemáticas que impactan el manejo eficiente del recurso, lo cual incentiva a través de varias herramientas, la búsqueda de soluciones a corto, mediano y a largo plazo. Con la definición del uso racional del agua y la proyección hacia la gestión sostenible, se logra determinar la importancia para el aseguramiento del recurso hídrico en cantidad y calidad adecuadas para las presentes y futuras generaciones. Finalmente, se concluye que la RFG es una zona de gran importancia para el recurso hídrico, cuyos caudales sostienen procesos biológicos esenciales y representan la base de actividades de producción, pero, sobre todo, de bienestar, salud y desarrollo para las poblaciones humanas aledañas.

*Palabras clave:* RFG, recurso hídrico, ASADAS.

### **Abstract**

*The main intention of the research is to make a proposal for the sustainable management of surface water resources that arise within the territorial limits of the Grecia Forest Reserve (RFG). For the development of the research, a methodology with a quantitative approach of descriptive scope was proposed, where its main objective was the determination of flows, the monitoring of water quality, the georeferencing of surface water sources, the survey of images areas, the determination of types of land use and water uses, and the basic analysis of cadastral information. Ten direct users participated, which correspond to ASADAS of the cantons of Grecia and Poás, which allows a broad panorama of the current conditions of their exploitation to be visualized, and lists a series of findings and problems that impact management. efficient resource, which encourages through various tools, the search for solutions in the short and long term. With the definition of the rational use of water and the projection towards sustainable management, it is possible to determine the importance for the assurance of the water resource in adequate quantity and quality for present and future generations. Finally, it is concluded that the RFG is an area of great importance for water resources, whose flows support essential biological processes and represent the basis of production activities, but, above all, of well-being, health and development for the surrounding human populations.*

*Keywords: RFG, hydric resource, ASADAS.*

## **Introducción**

Las gestiones o propuestas para el manejo asertivo del recurso hídrico de una cuenca, microcuenca o sector específico provienen del conocimiento obtenido a lo largo del tiempo para determinar afectaciones, beneficios, usos, actividades y, en sí, un diagnóstico general con respecto a las características del medio. Muchas veces, el entorno se encuentra rodeado de actividades no compatibles con la naturaleza del recurso.

La relevancia socioeconómica, así como la inserción de nuevas herramientas para el adecuado manejo integrado del recurso hídrico, son igualmente factores importantes para el desarrollo de la investigación. Esto debe conducir a asegurar el recurso en cantidad y calidad adecuadas mediante la implementación de una estrategia que lleve a un uso sostenible del agua. Para lograr este uso sostenible, se espera la participación ciudadana activa, la cual permita un uso equitativo y donde se asignen responsabilidades compartidas entre las instituciones, entidades y personas involucradas y beneficiadas.

A partir de lo anterior, se pretende reducir la presión al recurso y obtener una conservación adecuada en el tiempo, que conlleve a una mayor protección y recuperación de las zonas vulnerables de recarga acuífera con cobertura boscosa, reducción de la erosión o deslave, mejora de la infiltración, mayor producción hídrica, bienestar social, económico, además de algunos otros factores relacionados con el desarrollo sostenible.

En Costa Rica, la Ley de Aguas N° 276 vigente en la actualidad y creada en el año 1942 es una de las principales herramientas con que cuenta el país en materia de gestión y administración del recurso hídrico. Sin embargo, según Global Water Partnership, en nuestro país, existen más de 120 leyes y decretos vinculados a la toma de decisiones en materia hídrica (GWP, 2011).

Esta ley, si bien es la que actualmente rige el recurso hídrico del país, cuenta con un amplio antecedente en la búsqueda de su reformulación o por lo menos de algunos de sus artículos, los cuales, a pesar del gran esfuerzo realizado, y después de más de 14 años intentando presentar varias versiones, no se ha logrado concretar nada. En este punto, hasta la fecha, el MINAE y, principalmente, la Dirección de Agua, han enfocado gran parte de sus esfuerzos para poder actualizar esta ley, la cual, podría decirse, se encuentra casi obsoleta.

No obstante, Costa Rica es un país que actualmente avanza en la creación y transformación de las herramientas legales para establecer una gestión integrada de los recursos hídricos, enfocada bajo un único liderazgo y organización e involucrando la participación ciudadana para un desarrollo sostenible. En ese sentido, la Dirección de Agua del MINAE, de la mano de varias instituciones, ha creado la Política Hídrica Nacional y otros instrumentos como el Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos que permiten, de alguna manera, llenar los vacíos que se encuentran en la Ley de Aguas (MINAET, 2009).

Por otra parte, el 5 de junio de 2020, mediante la Ley N° 9849, la Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica adicionó al artículo 50 de la Constitución Política, el siguiente párrafo:

Toda persona tiene el derecho humano, básico e irrenunciable de acceso al agua potable, como bien esencial para la vida. El agua es un bien de la nación, indispensable para proteger tal derecho humano.

Su uso, protección, sostenibilidad, conservación y explotación se regirá por lo que establezca la ley que se creará para estos efectos y tendrá prioridad el abastecimiento de agua potable para consumo de las personas y las poblaciones (Ley N° 9849, 2020, result. I).

En acompañamiento a las funciones que debe cumplir el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), como principal administrador del área de estudio, según el artículo 22 sección II de la Ley de la Biodiversidad N° 7788, sobre la protección y conservación del uso de cuencas hidrográficas y sistemas hídricos, se plantea esta investigación como punto inicial del trabajo en conjunto que deben ejecutar los actores estratégicos y las entidades gubernamentales, como los acueductos comunales o las ASADAS (Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunales), los concesionarios privados y la población, con el fin de garantizar una gestión sostenible del recurso hídrico (Ley de Biodiversidad, 2019).

De esta forma, se busca un acercamiento con las Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios de Carbonal, Los Ángeles, El Cajón, San Roque, San Juan, San Miguel, San Isidro, San Luis, Calle Rodríguez y Calle San José, como principales operadores comunitarios del servicio de agua potable y saneamiento en la zona.

Además, se analiza la información recopilada durante años por parte de los administradores del recurso hídrico local (ASADAS) y por los usuarios privados, y que se considera de vital importancia para obtener datos científicos cuantificables, los cuales sirvan para determinar la manera más eficiente del uso sostenible de tan preciado recurso.

Por otro lado, se plantea la aplicación de un método de muestreo tipo conglomerado para la elección de los participantes y el estudio de los cuerpos de aguas superficiales. Los resultados generados por este método servirán como base para desarrollar comparaciones entre los aprovechamientos realizados y los registros existentes en las bases de datos de las instituciones competentes; con base en ello, es posible proyectar una propuesta de gestión sostenible para el recurso hídrico.

Posteriormente, al establecer datos y resultados, tanto de los estudios de caudal, como de su calidad y ubicación, se podrá fijar una línea de contingencia para reducir la sobreexplotación del recurso y la afectación a los ecosistemas, lo cual propiciaría, igualmente, la planificación estratégica para el manejo sostenible del recurso.

En el mismo sentido, se considera que los sistemas de información geográfica, en conjunto con el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), la información satelital de Bing Maps e información de campo, representan un complemento fundamental como metodología para la definición de las zonas vulnerables a proteger, las cuales, además, están reguladas por ley como áreas de protección.

Finalmente, al involucrar de manera directa a los actores que cumplen una función trascendental en la administración y distribución del recurso, se espera sensibilizarlos a proteger y conservar el recurso, de tal forma que se asegure el recurso en cantidad y calidad adecuadas para las nuevas y futuras generaciones.

### **Área de estudio**

Esta investigación se focaliza específicamente en el recurso hídrico superficial generado y protegido dentro de la Reserva Forestal Grecia (RFG), su importancia y gestión sostenible para las comunidades colindantes y las microcuencas que, de ahí, se conforman.

El área de estudio se extiende desde el río Sarchí al oeste, hasta el río Prendas al este; al sur, colinda con los cantones de Poás, Grecia y Sarchí, y al norte con el Parque Nacional Volcán Poás; finalmente, al noroeste, colinda con la Zona Protectora Río Toro. En forma adicional, a continuación, se detalla información trascendental:

Cuenta con una elevación máxima de 2 550 m.s.n.m., registra una temperatura mínima de 8 °C y máxima de 16 °C, así como una precipitación promedio de 3 222 mm. La Reserva Forestal Grecia fue establecida mediante la Ley No. 5463 del 25 de enero de 1974 con una extensión de 2611 hectáreas, con el fin de conservar la zona donde se originan las fuentes de agua que abastecen la población de Grecia y otros cantones de la región y reducir el impacto. En 1979, el Estado adquiere una finca de cuarenta hectáreas dentro de la Reserva Forestal, a la cual se le denominó Bosque del Niño, debido a que ocho hectáreas fueron reforestadas con pino, ciprés y eucalipto por parte de los niños de las comunidades vecinas el 9 de setiembre de 1979, fecha que coincidió con la celebración del Año Internacional del Niño. La mayor parte de la reserva son fincas de propiedad privada, muchas de las cuales eran pastizales que hoy se encuentran cubiertas de bosque secundario. En algunas de estas propiedades, incluyendo el Bosque del Niño, se hicieron plantaciones de pino y ciprés que nunca han sido aprovechadas (SINAC, 2020).

En lo referente al recurso hídrico generado dentro de los límites de la RFG, éste fue uno de los principales objetivos o elementos focales de manejo que influye en su creación, ya que, de acuerdo con lo descrito anteriormente, sus 2 611 hectáreas albergan más de 50 fuentes de agua. Algunas de las cuales, desde hace ya muchos años y antes de su fundación, fueron utilizadas para abastecer los usos fundamentales de la población.

Dada esta situación y con el fin de desarrollar la propuesta, se efectúa la elección seleccionada de algunas de las nacientes aprovechadas dentro de los límites de la RFG, para lo cual se realiza un análisis de las condiciones de las fuentes en cuanto a sus áreas de protección, cantidad y calidad.

Cabe resaltar que no se incluyen, dentro de este estudio, los cuerpos de agua de carácter intermitente, debido a que no se cuenta con un registro que permita verificar su aprovechamiento, ubicación, caudales o calidad.

En la figura 1, se muestra el mapa de ubicación geográfica de los límites territoriales de la Reserva Forestal Grecia (RFG), donde, además, se ilustran algunos de los cuerpos de agua superficiales que conforman los sistemas hídricos, red de caminos y curvas de nivel cada 20 metros, según información base del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.

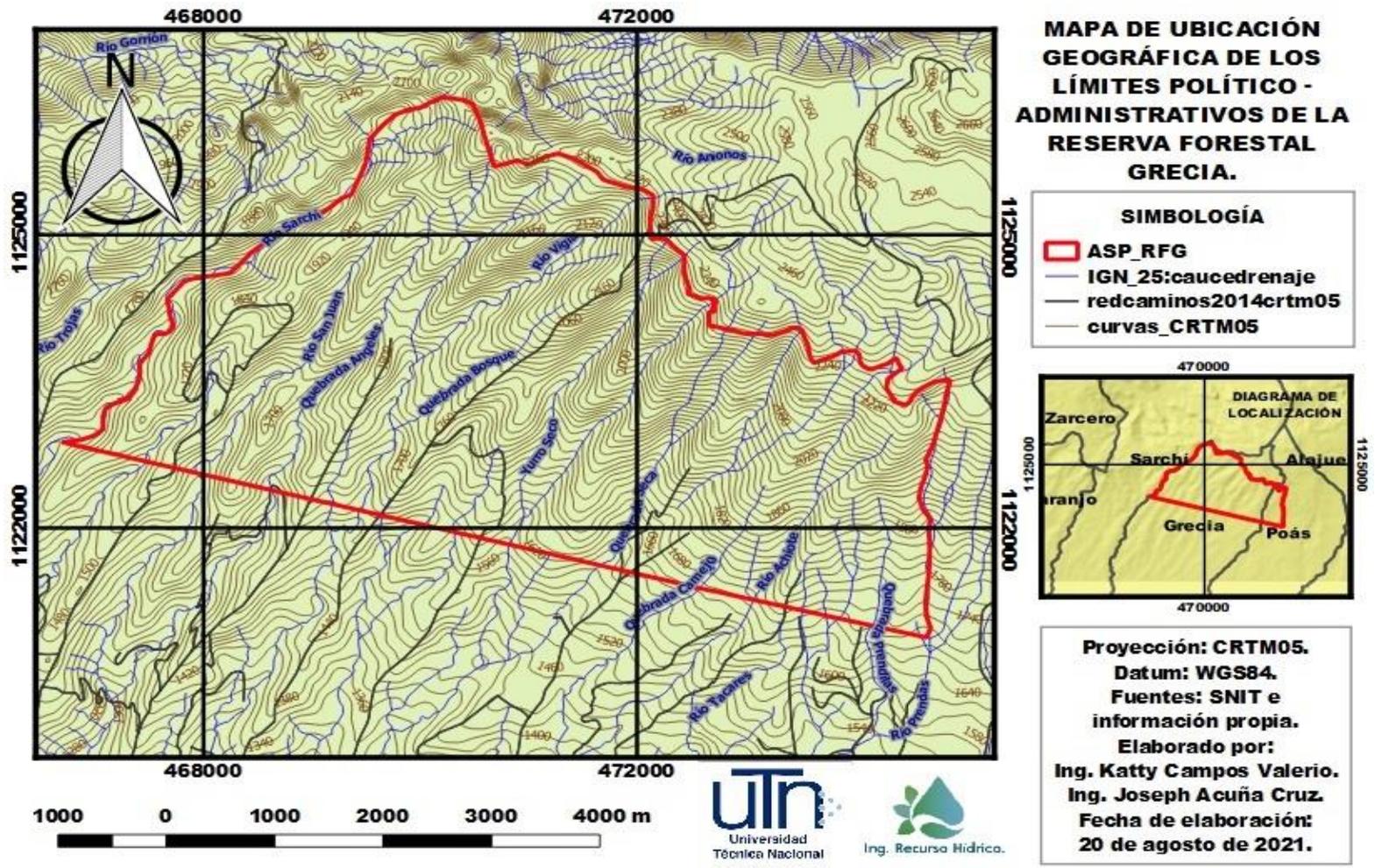


Figura 1. Mapa de ubicación geográfica del área de estudio

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras a partir del SNIT

La intención principal de la investigación se dirige hacia una gestión sostenible de los recursos hídricos nacidos dentro los límites territoriales de la reserva, así como la determinación de las zonas de mayor importancia para la recarga acuífera, de manera que permita estructurar una propuesta que garantice la conservación del recurso.

De esta forma, se pretende que, mediante la acción de diferentes actores estratégicos, se realice un uso sostenible de los servicios ecosistémicos generados por el recurso hídrico de la RFG, lo cual propiciaría que, a mediano y largo plazo, se fortalezca la participación ciudadana para el desarrollo de proyectos y el necesario cambio de cultura mediante la educación ambiental participativa.

Por tal razón, al considerarse esta zona como una de las de mayor importancia en materia de recurso hídrico, principalmente para el desarrollo de los cantones de Poás, Grecia y Sarchí, todos de la provincia de Alajuela, según el plan general de manejo de la Reserva Forestal Grecia 2016-2023, la propuesta está enfocada en la gestión sostenible del agua, la cual es aplicable, igualmente, para el manejo de cuencas hidrográficas.

### **Delimitación del problema**

Como es bien conocido, Costa Rica, por su localización geográfica y gran variedad climática, se ubica entre los países con mayor riqueza en recurso hídrico de Centroamérica. “Se estima que Costa Rica dispone de poco más de 110 000 millones de m<sup>3</sup> de agua” (Universidad Nacional, 2013).

No obstante, el desarrollo de actividades económicas y los escasos esfuerzos del Estado para mejorar la planificación hídrica generan un alto impacto en la cantidad y calidad del recurso, lo cual provoca aspectos como desabastecimiento, desperdicio y vulnerabilidad en las áreas de recarga de los cuerpos de agua. Aunado a ello, la falta de información y, en sí, el uso irracional del recurso por parte de la población, sobre todo para actividades productivas, principalmente de índole agrícola, dificultan la creación de planes de acción y proyectos para la toma de decisiones en la gestión adecuada del recurso hídrico.

Del mismo modo, el cambio climático es un factor fundamental en el deterioro del recurso, debido a que es un fenómeno que ha presentado consecuencias negativas sobre las comunidades y en todo el ciclo hidrológico (National Geographic España, 2021). Por lo tanto, esta investigación pretende desarrollar una propuesta que propicie herramientas que mitiguen las acciones negativas que afectan directamente el recurso, además de fomentar la aplicación de técnicas y herramientas que restauren el daño causado.

En ese sentido, y a sabiendas de la importancia que tiene el recurso hídrico para el sostén de los ecosistemas y las actividades humanas en la región, se puede asumir que algunos de los factores que pueden influir en el manejo inadecuado del recurso son el desconocimiento, el uso irracional, la falta de protección boscosa, la contaminación por actividades antropogénicas, inoperancia, falta de aplicación de la normativa y falta de seguimiento institucional (AQUAE Fundación , 2021).

## **Justificación**

El motivo para el desarrollo de esta investigación es, principalmente, la importancia del recurso hídrico para las comunidades beneficiadas por sus servicios ecosistémicos generados en la RFG y, sobre todo, el agua. De esta manera, mediante su uso sostenible, se espera obtener una mejora ambiental en el área silvestre protegida, las microcuencas que la conforman y, a su vez, un sector importante de la cuenca del río Grande de Tárcoles.

Las relevancias socioeconómicas, así como la inserción de nuevas herramientas para el adecuado manejo integrado del recurso hídrico, representan, además, uno de los factores claves del porque desarrollar la siguiente investigación. Esto debe conducir a asegurar el recurso en cantidad y calidad adecuada mediante la implementación de una estrategia que lleve a un uso sostenible del agua. Para lograr este uso sostenible, se espera la participación ciudadana activa, la cual permita un uso equitativo y donde se asignen responsabilidades compartidas entre las instituciones, entidades, personas involucradas y beneficiadas.

Con base en lo anterior, se pretende reducir la presión al recurso y obtener una conservación del territorio, que lleve a una mayor protección y recuperación de las zonas vulnerables de recarga acuífera con cobertura boscosa, reducción de la erosión o deslave, mejora de la infiltración, mayor producción hídrica, bienestar social, económico y otros factores relacionados con el desarrollo sostenible.

En ese sentido, se espera aumentar el conocimiento con que cuentan los actores estratégicos sobre el estado actual del recurso hídrico, de manera que logren comprender, ampliamente, la cantidad de agua que se puede aprovechar de manera sostenible. Para ello, se utilizan estudios más exhaustivos y sin que se ocasione menoscabo de la capacidad hídrica.

Del mismo modo, se espera desplegar esfuerzos que lleven hacia un ordenamiento territorial adecuado que genere información de apoyo para la gestión por cuencas hidrográficas manejadas por el SINAC, así como para las ASADAS en su gestión como oferentes del servicio de agua potable y para las comisiones de cuenca, que se hace necesario impulsar en la zona y en el país.

Cabe mencionar que, con la información obtenida de las ASADAS sobre la cantidad de agua que se aprovecha en las fuentes superficiales de abastecimiento, ubicación geográfica y su calidad, se podrá crear una base de datos para recolectar y analizar información sobre las características básicas, producción hídrica, comportamiento en diversas épocas y otros elementos fundamentales para la toma de decisiones estratégicas que delimiten un uso responsable y equitativo del recurso. Asimismo, todo esto retroalimentará los conocimientos adquiridos en el desarrollo de la investigación y podrá ser un aporte para futuras investigaciones enfocadas en el recurso hídrico del área de estudio seleccionada.

### **Alcances y dimensiones**

La propuesta tendrá un enfoque regional sectorizado específicamente en la Reserva Forestal Grecia, donde, mediante el esfuerzo conjunto, se pretende impulsar una estrategia para alcanzar la gestión sostenible de los sistemas hídricos en las microcuencas de influencia.

En el análisis de las necesidades, se determina que, cada vez, es más necesaria la aplicación de metodologías que favorezcan la conservación y administración del recurso hídrico, debido a que la escasa organización, fiscalización y administración causa un impacto directo sobre el mismo recurso, así como sobre la población y sus diferentes actividades socioeconómicas.

En este caso, los alcances del proyecto pretenden abarcar la población beneficiada con los servicios ecosistémicos hídricos generados dentro de las 2 611 hectáreas de terreno que comprende la Reserva Forestal Grecia e, indirectamente, los ecosistemas y microcuencas que conforman el área de estudio.

Para la elaboración de la propuesta, se cuenta con la participación de los actores principales, las ASADAS y los concesionarios privados, los cuales, en su mayoría, se encuentran inscritos ante el AyA y la Dirección de Agua del MINAE, y quienes además fungen como administradores directos en cuanto a distribución y manejo del recurso hídrico. Igualmente, se toman en cuenta el involucramiento del Sistema Nacional de Áreas de Conservación, específicamente del Área de Conservación Central.

Según se observa en el visor de mapas del Sistema Nacional de Información para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (SINIGIRH) de la Dirección de Agua del MINAE, actualmente, dentro de los límites de la RFG, se cuenta con un registro de trece ASADAS y veintiséis concesionarios privados, con poco más de cincuenta fuentes concesionadas, los cuales comparten

los beneficios que les brinda el recurso hídrico que se genera y que protege en la RFG. (Dirección de Agua, MINAE, 2020).

Para el desarrollo del proyecto, se estima una duración de doce meses, los cuales están comprendidos de enero a diciembre del 2021. Esta estimación del tiempo está basada en la forma como se debe recolectar la información de campo y la diversidad de métodos por aplicar para el desarrollo concreto del documento; asimismo, según los tiempos establecidos por la academia en el desarrollo de estas actividades.

Finalmente, este proyecto es un plan piloto que busca la gestión sostenible del recurso hídrico aprovechado que se genera o se produce dentro de los límites de la Reserva Forestal Grecia, resaltando la diversidad de variables ambientales, sociales y económicas para la obtención de los resultados y conclusiones. A su vez, esto generará una posible guía para futuras investigaciones.

### **Situación actual del conocimiento del tema**

Para determinar los elementos de interés de este estudio, se establece primero que el manejo sostenible de los recursos hídricos forma parte fundamental de la investigación al considerarse como el tema focal por estudiar y desarrollar.

Las variantes consideradas tienen que ver con temas como calidad del agua, caudal, servicios ecosistémicos y conservación de áreas de protección de los cuerpos de aguas superficiales. Todo ello va enfocado al manejo integrado de cuencas hidrográficas para el beneficio en cuanto a estudio y recuperación de una de las principales cuencas del país, como la cuenca del río Grande de Tárcoles. En ese sentido, es importante tener en cuenta lo siguiente:

La Sala Constitucional también ha señalado problemas en la gestión de cuencas, incluyendo sus áreas de protección. En el Voto N° 2007-05894 de las 11 horas cincuenta y ocho minutos del 27 de abril de 2007, concluyó que la administración del recurso hídrico en la cuenca del río Tárcoles “se caracteriza por una dispersión y fragmentación de competencias entre las instituciones, evidenciándose funciones unilaterales, localistas con escasez de recursos para el control y monitoreo en donde las instituciones de gobierno, las asociaciones comunales, la academia, el sector privado y las organizaciones no gubernamentales, entre otros, así como los municipios de los cantones de Vázquez de Coronado, Moravia, La Unión, Curridabat, Montes de Oca, Goicoechea, Tibás, Aserri, San José, Escazú, Santa Ana, Mora, Desamparados, Alajuelita, San Isidro de Heredia, San Rafael de Heredia, Santa Bárbara, Flores, Barva, Santo Domingo, Belén, Heredia, San Pablo, Alajuela, Poás, Grecia, Valverde Vega, Palmares, San Ramón, Naranjo, Atenas, Orotina, San Mateo, Turrubares, Esparza, Garabito, Mora y Puriscal realizan esfuerzos aislados de protección y mejoramiento de la cuenca”. (MINAE, 2020)

Por otra parte, los cantones de Poás, Grecia y Valverde Vega (Sarchí) presentan problemas en la gestión de cuencas, y a pesar de los esfuerzos aislados, no son suficientes ante la presión ejercida a los servicios ecosistémicos y las áreas vulnerables de producción hídrica. Lo anterior es mencionado por Mario Enrique Arias Salguero, considerando que estas zonas contienen una amplia capacidad hídrica, tanto de producción como de recarga para acuíferos de gran importancia a nivel nacional (Arias, 2007).

Por tal razón, esta investigación pretende poner en acción un modelo de gestión sostenible del recurso hídrico, tanto dentro del área silvestre protegida Reserva Forestal Grecia, como en las comunidades aledañas beneficiadas de los servicios ecosistémicos que este recurso genera. En este caso, la participación sectorial de la academia (que para este caso se representa mediante este proyecto), el SINAC, las ASADAS y los propietarios privados permitirá conocer la capacidad hídrica con la que, actualmente, se cuenta. A partir de ello, se propician esfuerzos para realizar un uso racional y definir posibles actividades que busquen financiamiento para la protección del recurso hídrico.

El desarrollo de este documento inicia con un diagnóstico sobre aspectos como ubicación geográfica, cantidad y calidad del recurso hídrico generado dentro de los límites de la Reserva Forestal Grecia, y que es aprovechado en diversos usos de la población.

El documento titulado “Plan general de manejo de la Reserva Forestal Grecia 2016-2023” elaborado por Vega y Vargas (2016), propone un modelo de gestión y los mecanismos de administración de la biodiversidad y los recursos naturales de la Reserva Forestal Grecia, de manera que se garantiza la continuidad de los ecosistemas, los procesos ecológicos y los servicios ecosistémicos asociados a éstos, entre ellos el recurso hídrico.

De esta manera, el documento nombrado anteriormente es una herramienta que proporciona las pautas a seguir en la gestión de los recursos naturales del área silvestre protegida, mostrando a detalle los elementos focales de manejo y su vinculación con el desarrollo, la economía y la participación ciudadana para la toma de decisiones estratégicas (Vega y Vargas, 2016).

La obra realizada por Martínez y Villalejo (2018), la cual es titulada “La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos”, tiene una estrecha relación con el desarrollo de esta investigación.

La gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) constituye el paradigma actual de la gestión del agua a nivel mundial, haciéndose explícito en políticas nacionales para la gestión del agua a nivel global. La gestión integrada del recurso hídrico busca orientar el desarrollo de políticas públicas en materia de recursos hídricos a través de una conciliación entre el desarrollo económico y social, y la protección de los ecosistemas.

Este concepto se materializó a través de la definición del ciclo para la gestión integrada del recurso hídrico, que implica un proceso de mejoramiento continuo (ver figura 2), en la cual la formulación de la política parte de un diagnóstico del estado y gestión del recurso, y que será actualizado con el fin de que sirva de soporte técnico para medir los avances de la misma (Martínez y Villalejo, 2018).

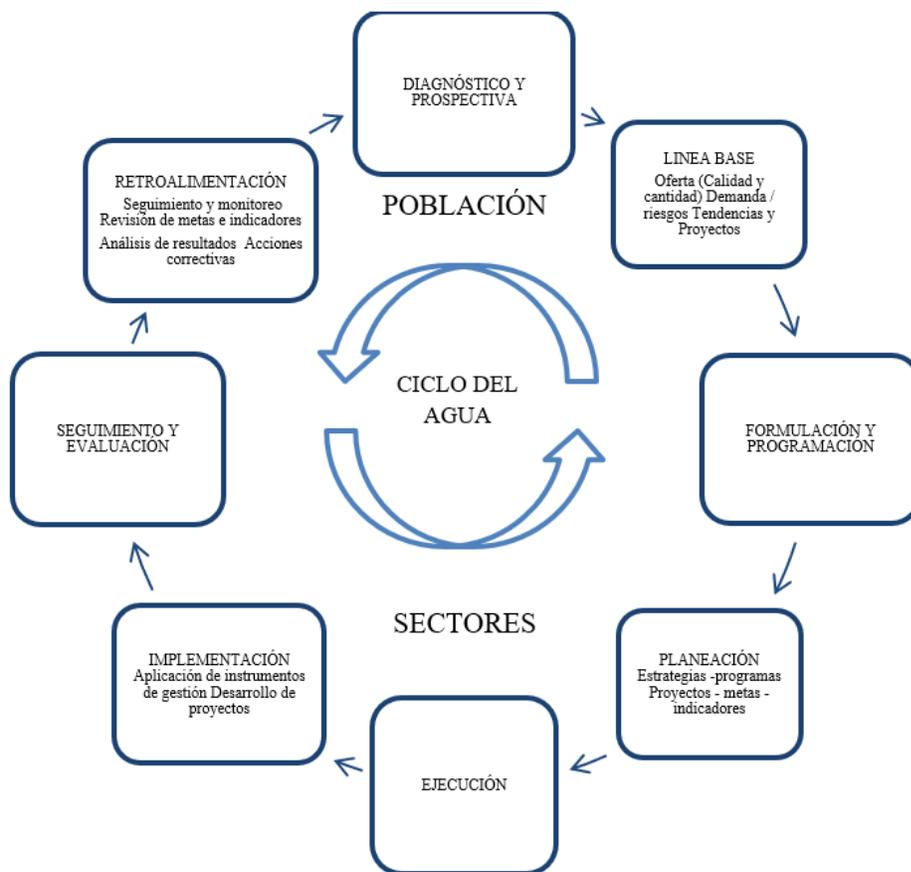


Figura 2. Esquema conceptual de la gestión integrada del recurso hídrico

Fuente: Martínez y Villalejo, 2018

Por tanto, partiendo del ideal de planteamiento de mejora para la gestión sostenible del recurso hídrico, esta investigación pretende ser una herramienta para la implementación de los elementos de la GIRH.

Una de las conclusiones del documento citado anteriormente, que se adecua a la extensión de esta propuesta, es la siguientes:

La GIRH intenta asegurar la coordinación del desarrollo y la administración del agua, de la tierra y otros recursos relacionados, maximizando el bienestar económico y social sin comprometer la sustentabilidad de los sistemas medioambientales vitales. La

adopción y aplicación de la GIRH en el mundo entero requiere modificar la manera como la comunidad internacional de recursos de agua ha conducido su accionar, particularmente la manera como se realizan las inversiones. Para producir efectos de esta naturaleza y campo, se requieren nuevas formas de dirigir los aspectos conceptuales, regionales y globales y las agendas para la implementación de acciones. (Martínez y Villalejo, 2018)

A partir de estas conclusiones y con el apoyo de los actores que trabajan en el contexto de esta investigación, se busca la promoción de proyectos para la conservación de las áreas de protección, uso racional del recurso y disminución de la presión y contaminación actual con el fin de proyectar no solo un manejo estratégico del agua a nivel de área de estudio, sino a nivel de las cuencas hidrográficas.

Por otra parte, el trabajo de grado para obtener el título de especialista en Recursos Hídricos, nombrado “Identificación de áreas estratégicas para la conservación del recurso hídrico a partir de SIG en la cuenca del río Combeima”, describe, como parte de sus objetivos, lo siguiente:

La metodología utilizada para la realización de esta identificación de áreas estratégicas para la conservación del recurso hídrico corresponde a un esquema ordenado y sistemático, que parte con la recopilación de la información, la identificación y caracterización del área de estudio, y que concluye con la definición y consecuente selección del núcleo más favorables para la conservación del recurso hídrico.

A continuación, se enunciará esta metodología:

- Recopilación de información secundaria y cartográfica del sector en estudio, plan de ordenamiento territorial de Ibagué, plan de manejo y ordenamiento de la cuenca del río

Coello en medio digital, modelo de elevación digital del Centro Internacional de Agricultura Tropical, entre otros estudios.

- Construcción del mapa de pendientes de la cuenca del río Combeima, a partir del modelo de elevación digital del Centro Internacional de Agricultura Tropical, mediante la utilización de la herramienta Arc GIS.
- Análisis de los atributos de las coberturas de suelo.
- Realización de la superposición de capas de cobertura y pendiente con el fin de establecer una primera priorización mediante la utilización de la herramienta ARCGIS.
- Análisis de mapa de rendimientos hídricos con sus respectivos atributos con el fin de identificar las microcuencas con alto rendimiento.
- Análisis a las microcuencas que tienen una mayor capacidad de regulación hídrica, teniendo en cuenta aquellas que se encuentran en zonas de páramo, que abastezcan o nazcan de lagunas y/o humedales.
- Realización de la superposición de capas de cobertura-pendiente y rendimiento hídrico con el fin de establecer una segunda priorización mediante la utilización de la herramienta Arc GIS.
- Identificación de los núcleos priorizados especializando aquellas áreas donde se presentan el mayor número de variables y que puedan integrar el núcleo prioritario para la conservación del recurso hídrico.
- Identificación de las áreas estratégicas para la conservación del recurso hídrico por presentar las mejores características medioambientales, conectividad ambiental con zonas de parques naturales y tener el mayor número de inversiones de entidades territoriales o ambientales en pro de la conservación.

- Elaboración de conclusiones teniendo en cuenta los resultados obtenidos (Muñoz, 2015).

A pesar de que dicha investigación se desarrolla en Colombia, se considera un enfoque fundamental para este estudio, y se liga directamente al desarrollo del trabajo y de la propuesta llevada a cabo en la RFG. Sin embargo, cabe indicar que existen limitaciones debido a que Costa Rica no cuenta con los mismos esfuerzos realizados para el recurso hídrico como el caso de Colombia, el cual es un país pionero en las gestiones por cuenca, estudios especializados y establecimiento de leyes.

Lo anterior determina la importancia de aplicar la gestión sostenible del recurso hídrico mediante metodologías amplias, completas y que, de alguna forma, involucren todos los factores que deben desarrollarse para obtener resultados de calidad y enfocados al uso sostenible del recurso.

Según lo indicado en las conclusiones y recomendaciones del documento antes mencionado, se establece lo siguiente:

Las entidades ambientales y gubernamentales han realizado inversiones de manera adecuada, ya que están comprando predios en zonas de páramo y en zonas de amortiguación hídrica, como en los núcleos anteriormente enunciados, con el fin de conservar el recurso hídrico de la fuente de abastecimiento más importante del Municipio de Ibagué (Muñoz, 2015).

Lo enunciado en ese documento refleja la importancia de determinar o delimitar las áreas de protección para la recarga acuífera, donde se incentive, con resultados cuantificables, el que los actores desarrollen proyectos para la protección y conservación, mediante las leyes, reglamentos, herramientas, políticas y lineamientos legales oficializados.

En ese sentido, a mediano y largo plazo, se busca incentivar la ejecución de proyectos de compra de terrenos para la protección del agua y que esto se realice mediante el involucramiento de los actores que manejan los servicios ecosistémicos generados en el área de estudio.

Finalmente, una referencia fundamental para esa investigación es el “Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (PNGIRH)”, el cual es considerado de gran importancia y similitud con el proyecto que se pretende desarrollar. De ese importante documento estratégico en nuestro país, se menciona que:

Se ha gestado con el fin de garantizar la cantidad y calidad hídrica para las actuales y futuras generaciones, lo cual es una de las grandes preocupaciones de la sociedad en el momento actual. Este plan permite cumplir con el deber de asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas naturales que proveen y proveerán la cantidad y calidad de agua necesaria para compartirla en forma equitativa procurando su ahorro.

El agua es una responsabilidad compartida de todos los actores sociales y el Estado no puede permitir la ingobernabilidad de un recurso tan importante y vital para el desarrollo. Es básico para la gestión integrada del agua y su sostenibilidad, el fortalecimiento de su gobernanza en todos los niveles, lo que implica mayor corresponsabilidad de la sociedad (Ministerio de Ambiente y Energía, 2018).

El PNGIRH también resalta algunas de las debilidades por las cuales el manejo adecuado del recurso es complejo y no se ha logrado fortalecer en Costa Rica, así como varias soluciones que pueden ser aplicadas en esta investigación y que se detallan a continuación:

En nuestro país, la situación conflictiva en relación con la gestión del agua es producto de la falta de claridad de competencias entre las instituciones del Estado, las municipalidades

y el sector privado con roles institucionales poco claros, confusos y hasta contradictorios. Una legislación marco que data de 1942 agrava el problema al estar basada en paradigmas superados en la actualidad.

Para evitar esos conflictos, es necesario orientar las prioridades del gobierno y las prácticas de la sociedad hacia un enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos, disponiendo de políticas e instituciones que trabajen bajo una perspectiva ecológica, social, económica y de futuro. No será posible armonizar unas demandas sostenibles y la protección del medio ambiente sin una apropiada gestión del agua, tanto en calidad, como en cantidad.

Para lograr la disminución de esos conflictos, se necesita una estrecha colaboración entre administraciones del agua y medioambientales. Ambas administraciones deben estar implicadas en todos los procesos comunes de adaptación al cambio climático, y eso ha de incluir previsiones en los procesos de planificación hidrológica; de lo contrario, pueden generarse amenazas sobre el ámbito de la seguridad hídrica en un futuro cercano.

Lo anterior permite encarar una gestión comprensiva y eficiente del recurso, que considere la interdependencia de sus usos y las necesidades y roles de los diferentes actores sociales, pero tomando previsiones para que éstos garanticen la sustentabilidad de las generaciones futuras; éste es el objetivo central de la planificación hídrica (Ministerio de Ambiente y Energía, 2018).

Tal como se estipula, con el PNGIRH, se pretende una planificación hídrica que lleve como objetivo:

...poner en marcha un enfoque integrado en la gestión del agua, que busque la protección del recurso y los ecosistemas afines, garantice el aprovechamiento del recurso a todos los

sectores productivos, reduzca la contaminación urbana y disminuya los riesgos de salud pública (Ministerio de Ambiente y Energía, 2018).

Dentro de ese enfoque, se considera, como factor fundamental, dar responsabilidad compartida a los actores estratégicos, asegurar el agua en cantidad y calidad adecuada, así como la propuesta de proyectos de inversión de compra de terrenos para la protección y conservación de los ecosistemas, mediante una diversidad de herramientas de financiamiento enfocadas al ambiente disponibles en nuestro país.

## Objetivos

### Objetivo general

Elaborar una propuesta para la gestión sostenible del recurso hídrico superficial de la Reserva Forestal Grecia mediante la determinación de caudales, calidad de las aguas y áreas de protección, que permita un desarrollo social y económico en armonía con el ambiente.

### Objetivos específicos

- Caracterizar los cuerpos de aguas superficiales para la estimación de la capacidad hídrica, ubicación geográfica y su calidad, mediante la aplicación de técnicas específicas *in situ*.
- Analizar la información brindada por las ASADAS y la Dirección de Agua del MINAE, mediante técnicas variables que permitan la determinación de la cantidad de agua aprovechada y los servicios ofrecidos por el recurso hídrico en aras de su gestión sostenible.
- Establecer las áreas de protección de los cuerpos de aguas superficiales seleccionados aplicando la normativa vigente para determinar su importancia, que se garantice su protección, aprovechamiento, mantenimiento y recuperación, mediante la aplicación de sistemas de información geográfica y otros instrumentos de planificación estratégica.

## **Marco teórico**

### **Contexto mundial del recurso hídrico**

Como es bien sabido, el recurso hídrico se encuentra bajo una presión constante por su vulnerabilidad a nivel mundial. Aunado a esta situación, se encuentra el crecimiento poblacional, que, día tras día, aumenta con rapidez, por lo cual, de seguir con las prácticas actuales, muy pronto acabaremos con el agua disponible (BBC News, 2015).

La FAO en unas de sus investigaciones determina la cantidad de agua destinada actualmente para usos agropecuarios, enunciando lo siguiente.

El recurso hídrico es un gran desafío; la extracción de agua para la agricultura representa el 70% del total de extracciones de este recurso.

Se estima que más del 40% de la población rural del mundo vive en cuencas de ríos que carecen de agua. En algunas de estas zonas, entre el 80 y el 90 % del agua se utiliza con fines agrícolas (FAO, 2011).

Por otra parte, el cambio climático llega a empeorar la situación actual, ya que altera directamente los ciclos hidrológicos y la disponibilidad de agua para las diversas necesidades del ser humano.

Para hacer frente a esta situación, los países deberán mejorar la eficiencia con la cual gestionan sus recursos hídricos, así como también establecer propuestas para una correcta administración y distribución.

Con el fin de fortalecer la seguridad hídrica en el campo de la escasez, los diferentes gobiernos deberán invertir en el fortalecimiento de políticas y planes regulatorios que permitan incentivar el manejo y disponibilidad del recurso. De igual manera, implementar una gestión de información e infraestructura permitirá manejar las zonas de mayor vulnerabilidad para evitar la pérdida o contaminación del recurso.

La Organización Mundial de las Naciones Unidas establece, en su informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos del 2019, que:

El uso del agua ha venido aumentando un 1% anual en todo el mundo desde los años 80 del siglo pasado, impulsado por una combinación de aumento de la población, desarrollo socioeconómico y cambio en los modelos de consumo. La demanda mundial de agua se espera que siga aumentando a un ritmo parecido hasta 2050, lo que representa un incremento del 20 al 30% por encima del nivel actual de uso del agua, debido, principalmente, al aumento de la demanda en los sectores industrial y doméstico. Más de 2.000 millones de personas viven en países que sufren una fuerte escasez de agua, y aproximadamente, 4.000 millones de personas padecen una grave escasez de agua durante al menos un mes al año. Los niveles de escasez seguirán aumentando a medida que crezca la demanda de agua y se intensifiquen los efectos del cambio climático (ONU, 2019).

De acuerdo con lo descrito con anterioridad, se concluye que una gran cantidad de la población mundial no tiene acceso al agua potable y segura para consumo humano; asimismo, más de la mitad utiliza agua de fuentes con condiciones de saneamiento poco recomendadas.

Asimismo, se resalta que se debe accionar ya sobre una mejor gestión del recurso hídrico debido a la demanda y escasez que aumentan año tras año, pues solo así se logrará reducir la sobreexplotación del agua y mantenerla en años futuros.

## Situación actual del recurso hídrico en Costa Rica

Costa Rica es un país con una capacidad de producción hídrica abundante y rica en diversidad con gran cantidad de fuentes, tanto superficiales, como subterráneas.

Al tener un clima tropical y al estar estrechamente cercana al mar, posee la ventaja de ser un territorio con precipitaciones abundantes, lo cual facilita y permite tener un ciclo hidrológico vasto y con una recarga continua de sus fuentes.

Según el estudio realizado por Global Water Partnership, actualmente, el territorio costarricense cuenta con una dotación de unos 111 kilómetros cúbicos anuales de agua generada por sus 34 cuencas hidrográficas (GWP, 2011).

La precipitación se estima entre los 1.300 y 7.500 milímetros anuales, siendo éste un país que tiene una disponibilidad per cápita superior a los 31.300 metros cúbicos por persona por año, pero con la tasa de extracción hídrica per cápita más elevada de Centroamérica (Barrantes, 2015).

Tabla 1

*Disponibilidad de agua per cápita por país*

<b>País</b>	<b>Metro cubico persona por año</b>
Costa Rica	31.300
Estados Unidos	9.000
México	3.500
Israel	97

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

No obstante, a pesar de ser uno de los países con mayor disponibilidad hídrica, la falta de seguimiento a la normativa vigente para subsanar los problemas de la materia es real. Considerando que existen más de 275 leyes y reglamentos relacionados con el agua, la falta de seguimiento o acompañamiento por parte de las entidades gubernamentales deja un gran vacío en la ejecución y administración del recurso para lograr un manejo eficiente.

Actualmente, a pesar de que se cuenta con una gran cantidad de reglamentos leyes y decretos que involucran al recurso hídrico, se tiene, como respaldo legal estrictamente ligado al manejo integrado del recurso hídrico, una ley que entró en vigor desde el año 1942, la Ley de Aguas N° 276, la cual es una ley obsoleta y que desvaloriza el recurso en muchos de sus apartados.

Esta ley contempla factores y valores muy antiguos que no dan un valor justo al recurso generado, y que debe ser protegido y valorizado en forma adecuada por todos los servicios ecosistémicos que el recurso hídrico brinda a la población.

“A la fecha, se cuenta con una propuesta de ley en materia de recurso hídrico, la cual lleva más de 20 años a la espera de ser aprobada” (Calderón, 2015).

## **Legislación actual para la gestión integrada del recurso hídrico en Costa Rica**

Desde el año 1968, en la Carta Europea del Agua realizada en Estrasburgo, se categorizó el agua como un patrimonio común de la humanidad, el cual debe ser valorizado por todos en el contexto de protección y conservación, y da inicio a un legado de legislaciones enfocadas en el correcto uso del agua.

A nivel internacional, surgieron varios documentos que han forjado bases importantes en la legislación del recurso hídrico como tal, las cuales forman parte fundamental en el desarrollo de una cultura sostenible y consiente para las presentes y futuras generaciones. Algunos ejemplos de estos instrumentos son: la Declaración de Dublín sobre Agua y Desarrollo Sostenible (creada en 1992), la Declaración de París (creada en 1998) y la Declaración de Estocolmo sobre el Medio Humano (creada en 1972).

En Costa Rica, existe una gran cantidad de leyes y reglamentos que enfocan sus artículos en la protección, manejo y conservación de los recursos hídricos nacionales y sus áreas de protección. Entre ellos, se pueden encontrar los siguientes:

- Constitución Política de Costa Rica
- Ley de Aguas N° 276 del 27 de agosto de 1942
- Ley Forestal N° 7575 del 13 de febrero de 1996
- Ley Orgánica del Ambiente N° 7554 del 4 de octubre de 1995
- Ley de la Biodiversidad N° 7788 del 30 de abril de 1998
- Ley General de la Salud N° 5395 del 30 de octubre de 1973
- Ley de Conservación de la Vida Silvestre N° 7317 del 30 de octubre de 1992

- Ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados N° 2726 del 14 de abril de 1961
- Ley General de Agua Potable N° 1634 del 18 de setiembre de 1953
- Ley de Uso, Manejo y Conservación del Suelo N° 7779 del 30 de abril de 1998
- Reglamento de aprobación de sistemas de tratamiento de aguas residuales del N° 39887-S-MINAE del 18 de abril de 2016
- Reglamento para la calidad del agua potable N° 38924-S del 12 de enero del 2015
- Reglamento de vertido y reúso de aguas residuales N° 33601-S-MINAE del 9 de agosto del 2006
- Reglamento para las actividades de aviación agrícola N° 31520-MS-MAG-MINAE-MOPT-MGPSP del 16 de octubre del 2003
- Reglamento sobre granjas avícolas N° 31088-S del 31 de marzo del 2003
- Reglamento sobre granjas porcinas N° 32312 del 11 de octubre del 2004
- Reglamento sobre registro, uso y control de plaguicidas agrícolas y coadyuvantes N° 24337-MAG-S del 27 de abril de 1995
- Reglamento sobre manejo de basuras N° 19049-S del 20 de junio de 1989
- Reglamento sobre rellenos sanitarios N° 273778 del 14 de noviembre del 2014.
- Reglamento para el manejo y disposición final de lodos y biosólidos N° 39316-S del 10 de agosto del 2015
- Reglamento para el control nacional de fraccionamientos y urbanizaciones N° 3391 del 13 de diciembre de 1982
- Canon ambiental por vertidos N° 34431 del 4 de marzo del 2008

- Canon por concepto de aprovechamiento de aguas N° 35097-MINAE del 23 de febrero del 2019
- Reglamento de las Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunes N° 42582-S-MINAE.

Sin embargo, a pesar de que Costa Rica cuenta con un sinnúmero de reglamentos y leyes, la más utilizada en materia de recurso hídrico es la Ley de Aguas N° 276, en la cual en cada uno de sus artículos específica y dicta regulaciones que permiten el aprovechamiento eficiente del recurso, sin causar perjuicio o afectación al mismo. No obstante, no todo en esta ley es bueno, a pesar de que representa una herramienta que permite la administración del recurso, no ha sido actualizada desde el año 1942, más de 70 años rigiendo el recurso hídrico con una ley que a la fecha se considera obsoleta (Calderón, 2015).

## **Administradores del recurso hídrico nacional**

Actualmente, la administración del recurso hídrico recae sobre varias instituciones, tanto locales, como gubernamentales. La administración compartida genera un amplio rango de aplicación de la legislación que, en cierta forma, se considera positivo. Sin embargo, esta administración ha sido aplicada de manera desarticulada, la cual podría ser una de las causas principales para no tener éxito en el cumplimiento del marco regulatorio establecido en la normativa.

A continuación, se mencionan algunas de estas instituciones y su responsabilidad de administración, regulación y aplicación de la normativa en materia de recurso hídrico (MINAE, MS, AYA, 2016).

### **Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)**

El Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica es el ministerio encargado de establecer reglamentos, leyes y políticas de carácter ambiental en materia de protección y uso sostenible de los recursos naturales. Está constituido por una estructura articulada que se encarga de la administración específica de cada uno de los sectores ambientales del país.

- El Despacho del ministro.
  - La Dirección Financiero-Contable.
  - La Dirección de Recursos Humanos.
- El Viceministerio de Ambiente.
  - La Dirección de Cambio Climático.
- El Viceministerio de Energía.
  - La Dirección de Energía.

- La Dirección de Transporte y Comercialización de Combustibles.
- La Dirección de Hidrocarburos.
- La Dirección de Geología y Minas.
- El Viceministerio de Aguas y Mares.
  - La Dirección de Aguas.
  - La Dirección Marino Costera.
- El Viceministerio de Gestión Ambiental.
  - La Dirección de Gestión de Calidad Ambiental.

Además, cuenta con los siguientes órganos dependientes:

- El Instituto Meteorológico Nacional (IMN).
- El Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC).
- La Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA).
- El Tribunal Ambiental Administrativo (TAA).
- El Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO).
- La Comisión Nacional para la Gestión de la Biodiversidad (CONAGEBIO).
- La Comisión de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Alta del Río Reventazón (COMCURE).
- La Junta Directiva del Parque Recreativo Nacional Playas de Manuel Antonio.
- La Dirección del Parque Marino del Pacífico (Ministerio de Ambiente y Energía, 2021).

De forma tanto directa, como indirecta, el MINAE es el ministerio rector con mayor potestad en materia de protección al recurso hídrico nacional. En ese sentido, es el principal encargado de velar por el cumplimiento de la legislación con potestad de realizar notificaciones y denuncias legales a quienes incumplan las leyes y reglamentos. Asimismo, junto con el TAA, ejecutan penas y sanciones por desacato e incumplimiento a la ley (Aguilar, Jiménez y Cruz, 2001).

### **Ministerio de Salud (MS)**

El Ministerio de Salud es una institución gubernamental encargada, entre muchas otras situaciones, de la política nacional de la salud, la cual está facultada para garantizar el bienestar en materia de salud de toda la población. Es el encargado de velar por el acatamiento de las normas de prevención y mitigación, tanto ordinarias, como extraordinarias que resguarden la salud de la población.

Entre sus funciones, a través de Ley Orgánica del Ambiente, se establece que debe velar por el cumplimiento del uso y disposición de las aguas residuales domésticas que atenten contra la salud de la población. Asimismo, debe hacer cumplir el reglamento de ubicación de sistemas de tratamiento generadores de aguas residuales, tanto ordinarias, como especiales y su disposición final, ya sea para reúso o para vertido (Ministerio de Salud , 2021).

Este ministerio está compuesto por una serie de dependencias encargadas de velar porque la población se desarrolle en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, y libre de agentes que atenten contra la salud humana:

La Dirección General de Salud.

- La Dirección de Regulación de Productos de Interés Sanitario.

- Departamento de Normalización y Control.
- Departamento de Registros.
- La Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental.
  - Departamento de Protección Radiológica.
  - Departamento de Salud Ambiental.
- La Dirección de Investigación y Tecnología en Salud.
  - Departamento de Investigaciones en Salud.
  - Departamento de Tecnologías en Salud.
- La Dirección de Vigilancia de la Salud.
  - Departamento de Indicadores de Salud.
  - Departamento de Epidemiología.
- La Dirección de Servicios de Salud.
  - Departamento de Armonización de los Servicios de Salud.
  - Departamento de Recursos Humanos en Salud.
  - Departamento de Economía de la Salud.
- La Dirección Administrativa Financiera.
  - Departamento de Desarrollo Humano.
  - Departamento de Finanzas, Bienes y Servicios (Ministerio de Salud, 2021).

### **Municipalidades**

Las municipalidades, a través del mandato legal de velar por los intereses del cantón, deben velar por el Derecho Constitucional a mantener un ambiente sano y ecológicamente equilibrado para garantizar el desarrollo de la población de su cantón (Constitución Política, 1949).

Lo anterior claramente establece que deben promover el desarrollo sostenible, y que tienen la función y potestad de velar por la protección de los recursos naturales, entre los cuales se incluye el recurso hídrico y todo el ciclo hidrológico.

Un buen ejemplo de esto es la aplicación de la Ley Forestal, de la Ley de Aguas y de la Ley de construcciones, las cuales establecen lineamientos para las construcciones y los desarrollos poblacionales en las márgenes de ríos, quebradas, arroyos y nacientes. Estas acciones pueden condicionar el otorgamiento de permisos de construcción y patentes de funcionamiento.

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

El AyA es considerado una de las instituciones encargadas de velar por la administración, distribución y uso eficiente del agua potable para consumo poblacional. La ley otorga a esta institución la potestad de fijar, aplicar, establecer y dirigir normas para administrar el suministro de agua potable a nivel nacional (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2021). Además, debe velar, tanto por el abastecimiento de agua potable, como por la recolección y evacuación de aguas residuales, la ubicación de alcantarillados sanitarios y otras disposiciones que lo etiquetan como el principal encargado del agua para uso poblacional.

### **Tipos de cuerpos de agua según la legislación costarricense**

Según lo establece la Ley de Aguas, los cauces que discurren por la nación costarricense y que son considerados de dominio público, deben ser administrados por el Ministerio de Ambiente y Energía a través de la Dirección de Agua del MINAE (Ley de Aguas, 1942). En el artículo 1° de esta ley, se establece cada uno de los tipos y características que distinguen a estas aguas.

Artículo 1°.

Son aguas del dominio público:

I.- Las de los mares territoriales en la extensión y términos que fija el derecho internacional;

II.- Las de las lagunas y esteros de las playas que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar;

III.- Las de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes;

IV.- Las de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, arroyos o manantiales desde el punto en que broten las primeras aguas permanentes hasta su desembocadura en el mar o lagos, lagunas o esteros;

V.- Las de las corrientes constantes o intermitentes cuyo cauce, en toda su extensión o parte de ella, sirva de límite al territorio nacional, debiendo sujetarse el dominio de esas corrientes a lo que se haya establecido en tratados internacionales celebrados con los países limítrofes y, a falta de ellos, o en cuanto a lo no previsto, a lo dispuesto por esta ley;

VI.- Las de toda corriente que directa o indirectamente afluyan a las enumeradas en la fracción V;

VII.- Las que se extraigan de las minas, con la limitación señalada en el artículo 10;

VIII.- Las de los manantiales que broten en las playas, zonas marítimas, cauces, vasos o riberas de propiedad nacional y, en general, todas las que nazcan en terrenos de dominio público;

IX.- Las subterráneas cuyo alumbramiento no se haga por medio de pozos; y

X.- Las aguas pluviales que discurren por barrancos o ramblas cuyos cauces sean de dominio público (Ley de Aguas, 1942).

Existen otros tipos de fuentes de agua, cuyo origen es meramente antrópico o que han surgido por accidentes topográficos que facilitan el escurrimiento y el drenaje de agua. Éstos no se consideran de dominio público y no requieren una protección en sus márgenes. Algunos de ellos son: canales de riego, canales pluviales, canales de escorrentía, entre otros.

Dadas estas circunstancias, el Ministerio de Ambiente y Energía, a través de la Dirección de Agua, es el ente encargado de realizar estudios e inspecciones de campo para determinar el origen de las fuentes a nivel nacional, y es la única entidad con la potestad de dictaminar cuerpos de agua, y a través de la plataforma SINIGIRH, compartir esta información con los municipios, las instituciones gubernamentales y la población en general.

Actualmente, en el territorio costarricense, existen muchos cuerpos de agua establecidos por ley. A continuación, se detallan sus características más relevantes. (Dirección de Agua, 2017)

### **Manantial o naciente**

Un manantial o naciente de agua es un flujo natural de agua procedente de las aguas subterráneas, que pueden aparecer en tierra, cursos de agua, lagunas o lagos. Los manantiales pueden ser permanentes o intermitentes.

El origen del agua de manantial es el agua de lluvia que se infiltra en un punto y emerge del interior en otro punto de menor altitud. Es decir, el manantial se origina en el momento que el nivel freático se corta con la superficie (Iagua, 2021).

El afloramiento de nacientes se puede comportar en forma puntual o dispersa. Para considerar a dicho afloramiento como permanente, debe contener caudal durante todo el año.

La otra característica importante es su permanencia en el tiempo. Según lo define el manual técnico elaborado en el 2004 por el Departamento de Agua, las nacientes se pueden comportar de la siguiente forma: **Flujo permanente:** corriente de agua que, dentro del año hidrológico, escurre en su cauce en forma continua, permanente y natural, sin aportes artificiales. **Flujo intermitente:** corriente de agua que, dentro del año hidrológico, escurre en su cauce en forma continua durante algunos meses y se seca en otros de forma natural, comportamiento cíclico año a año. Técnicamente o legalmente, no está definida la periodicidad o duración de la permanencia o no del flujo para limitar o definir a que un cuerpo de agua sea intermitente o no (Dirección de Agua, MINAE, 2020).

### **Río o quebrada**

Son corrientes naturales y superficiales de agua. La diferenciación entre quebrada y río está asociada al hecho de que, por lo general, la quebrada tiene un cauce o sección transversal más angosta y con menor caudal. Este tipo de cuerpos de agua suele originarse por uno o varios manantiales o por la unión de otras corrientes de agua, pero también las hay que se originan en aportes de caudal base o caudales laterales del mismo cauce. Éstos últimos, de manera similar, son clasificados como cauce del dominio público, pero sin un manantial asociado. La quebrada se define como el curso de agua que corre por una hendidura de una montaña o terreno. También, se puede definir como el flujo de agua permanente o intermitente que corre por las quiebras de las sierras o de la tierra llana.

Sea por regionalismos o por el uso de lenguaje coloquial, se le denomina también: riachuelo, arroyo, yurro, mientras, en la zona del Caribe, por el anglicismo crique.

Otra característica es que el flujo que origina los ríos y las quebradas puede comportarse de manera permanente o intermitente en el tiempo (Dirección de Agua, MINAE, 2020).

## **Lago y laguna**

Los lagos son cuerpos de agua naturales, generalmente dulces, que se alimentan por la acción de ríos o riachuelos, escorrentía de precipitaciones y, en algunos casos, por filtración ascendente de aguas subterráneas, que se concentran o retienen en cuencas o depresiones del terreno, sin conexión con el mar u océano. En algunos casos, se dice que el agua de los lagos no queda estancada del todo, ya que sigue estando sometida a los efectos de infiltración en el suelo, evaporación o, incluso, extracción de agua consecuencia de actividades humanas, aunque estos fenómenos se suelen producir de manera más lenta (Pérez, 2021).

## **Tipos de aforos para caudales de agua**

Se conoce como caudal a la cantidad de fluido o líquido que circula a través de una sección o canal, ya sea una tubería, acueducto o cuerpo de agua, en una unidad de tiempo conocida y medible.

El caudal de una fuente puede disminuir o aumentar dependiendo de la época del año, por ejemplo, cuando inicia la época de las lluvias, éstas alimentan los cauces y, por ende, el caudal normal de la fuente aumenta significativamente. Los cuerpos de agua también aumentan su caudal por condiciones antrópicas, como el vertido de aguas tratadas provenientes de sistemas de tratamiento o por el vertido descontrolado de aguas grises y pluviales provenientes de viviendas y otras actividades.

Conocer la cantidad de caudal y la variación que éste puede tener en un cauce o canal es indispensable para la elaboración de estudios hidrológicos que permiten una amplia valoración de las condiciones del cauce y su comportamiento. Asimismo, permite estimar la capacidad hídrica a

lo largo del tiempo para garantizar el abastecimiento de la población y los servicios ecosistémicos que éste pueda brindar.

Las mediciones de caudal pueden ser realizadas de varias formas, algunas muy técnicas y tecnológicas, y otras empíricas con una aplicación más sencilla. Asimismo, pueden ser realizadas de dos formas: permanentes u ocasionales. En las permanentes, se instala una herramienta de medición fija en un sector del cauce, mientras que las ocasionales son realizadas en cualquier punto del cauce o canal con herramientas móviles y fáciles de transportar.

Es importante que, en el momento de seleccionar el área de aforo, se tomen en cuenta los parámetros recomendados para cada uno de estos métodos, dado que esto garantizará una mayor efectividad en los resultados.

Los cálculos de caudal vienen dados, principalmente, de la ecuación de continuidad  $Q=V*A$ , donde V representa la velocidad en la sección y A el área por donde pasa el fluido (Iagua, 2021).

Algunos de los métodos más utilizados en el cálculo de caudales son los siguientes:

### **Aforo volumétrico**

Este método es uno de los más sencillos para calcular pequeños caudales. Consiste en derivar toda el agua de la fuente hacia un canal o tubería para que éste sea descargado en un recipiente de medidas conocidas, tomando el tiempo que tarda en llenarse por completo este recipiente mediante un cronómetro.

La capacidad del recipiente dependerá de la cantidad de agua que tenga la fuente y que, mediante la observación, podamos elegir. La fórmula utilizada para determinar el valor del caudal es  $Q=V/t$ , donde t es el tiempo que tarda en llenarse el recipiente y V es el volumen de dicho recipiente.

Es recomendable realizar la medición un mínimo de cinco veces para obtener un resultado más preciso.

### **Aforo con tubo de Pitot**

Este método es utilizado mayormente en fuentes con caudales a presión, es decir, flujos que pasan a través de tuberías. Este método permite la medición de la velocidad de la corriente en distintas profundidades y secciones, el cual, al multiplicarse por el área de ella, brinda el caudal de la misma (Universidad de Alicante, 2011).

### **Aforo con trazadores fluorescentes o colorantes**

Éste es uno de los métodos menos usuales, pero, al igual que los otros, tiene una gran efectividad en sus resultados. Corresponde, principalmente, al uso de colorantes para medir el caudal en corrientes de agua. Para ello, se debe seleccionar un área donde el flujo sea constante y uniforme. En ese sentido, la idea es colocar el colorante en la parte superior por donde fluye el caudal aguas arriba y medir el tiempo que tarda en llegar la coloración a la sección final del sitio elegido.

Al conocer la distancia existente entre los dos puntos, se puede calcular, mediante el área de la sección y la velocidad, el caudal que pasa por la sección. Los colorantes utilizados en este método son la fluoresceína, el permanganato de potasio, el pontancil brillante y la rodamina b.

### **Aforo con flotadores**

Este método es uno de los más sencillos y prácticos de realizar, sin embargo, arrastra un margen de error en sus resultados que lo hacen ser menos utilizado. Principalmente, se utiliza para determinar caudales de canales o ríos pequeños donde sus márgenes sean regulares y no existan obstrucciones, ya que, al igual que otros métodos, utiliza la ecuación de continuidad:  $Q=V*A$ .

Dicho método consiste en seleccionar un tramo del cauce o canal, medir sus dimensiones y profundidad del agua. Cuando se tengan estas medidas, se debe utilizar un cuerpo flotante como una bola pequeña de poliestireno expandido (estereofón) o algo con la capacidad de no hundirse en el agua. Este cuerpo flotante debe colocarse en la sección inicial y central del tramo. Cuando se coloca en este punto debe iniciar la medición del tiempo y, una vez que pase por la sección final, debe pararse el cronómetro y anotar este tiempo. Esto nos permitirá conocer la velocidad y el área para, igualmente, con la ecuación de continuidad, conocer el caudal.

### **Aforo con molinete o correntómetro**

Éste es uno de los métodos que garantizan una mayor precisión para la obtención de caudales. El molinete o correntómetro puede ser utilizado, tanto en canales pequeños, como en ríos grandes de mayor caudal. Consiste en una turbina conectada a un medidor digital que envía datos de velocidad a un sistema computarizado. El método consiste en seleccionar una sección horizontal del cauce y dividirlo en medidas uniformes. Posteriormente, en cada una de estas medidas, se coloca la turbina y, mediante el contador, se lleva un registro de las velocidades.

“Estas velocidades son ingresadas a un sistema computarizado que triangula los resultados mediante el cálculo de áreas y finalmente genera el dato del caudal” (Romero, 2019).

## Usos actuales del recurso hídrico en Costa Rica

Actualmente, el crecimiento poblacional y el desarrollo económico han establecido patrones específicos del uso del agua, basándose en características espaciales, temporales, de calidad y cantidad:

Según indica el Plan Nacional de los Recursos Hídricos, las extracciones anuales totales para los distintos sectores de uso se estimaron para el año 2006 en 24.5 km<sup>3</sup>. Las extracciones de agua para generación hidroeléctrica representaban el 80.0% del total, seguido por la agricultura con un 16%. El uso para consumo humano, turismo, industria y agroindustria representaban menos del 4% de la extracción total, mientras que el uso de agua para generación térmica y usos comerciales es prácticamente nulo. A pesar de ser la generación hidroeléctrica el principal usuario del agua, la misma no representa un uso consuntivo, siendo el riego agrícola el mayor usuario de los usos consuntivos con un 66% de las extracciones consuntivas, equivalente a cerca de 3.2 km<sup>3</sup>, seguido por el uso agropecuario (18%) y el uso de agua para consumo humano (9%) (Ministerio de Ambiente y Energía, 2008).

En Costa Rica, las extracciones de agua se concentran principalmente en el Gran Área Metropolitana, pues, en esta zona, se concentra una gran cantidad de industrias y asentamientos humanos.

## **Calidad del agua en Costa Rica**

Costa Rica, por su ubicación geográfica y cobertura boscosa, cuenta con una enorme cantidad de fuentes productoras de agua, entre ellas, las nacientes o manantiales, las cuales son aprovechadas para abastecer las necesidades de la población, o bien, el desarrollo industrial y socioeconómico.

Gran cantidad de estas aguas presenta calidades excelentes que permiten su consumo posterior con un mínimo tratamiento de potabilización, lo cual es un indicativo de que nuestros acuíferos poseen una condición ideal para las actividades humanas.

En la actualidad, las ASADAS y administradores del recurso hídrico para uso poblacional utilizan métodos de potabilización basados en eliminar la turbidez y los coliformes, para lo cual utilizan desarenadores y dispositivos para cloración, aunque existen casos muy aislados donde los métodos de potabilización deben ser sofisticados.

El crecimiento exponencial de la población y la expansión agrícola, pecuaria, urbanística e industrial provocan una gran cantidad de lixiviados que, en su mayoría, son vertidos en estos cuerpos de agua. En general, Costa Rica cuenta con una gran cantidad de ríos contaminados por vertidos de aguas residuales, los cuales afectan su calidad y características de forma considerable (Umaña, 2018).

Estudios realizados por Reynolds y Fraile del Laboratorio de Hidrología Ambiental de la Universidad Nacional (2002) han determinado que el aumento constante en las concentraciones de nitratos, que, en muchos sitios ya alcanzan o superan las concentraciones máximas recomendadas por las instituciones de salud, sugiere que otros contaminantes, aún no evaluados de manera sistemática, y tanto o más perjudiciales para la salud humana que los nitratos, probablemente, están en camino o se encuentran ya en las

aguas. A las fuentes de contaminación señaladas se unen los desechos sólidos (Solano, 2011).

Actualmente, la población costarricense cuenta con una cultura ambiental escasa. Por este motivo, gran cantidad de ríos, quebradas, nacientes y fuentes de agua subterráneas se ven afectadas por la contaminación con residuos de toda índole (MINAE, SINAC, JICA, 2017).

El alto impacto de la contaminación en las fuentes de agua superficiales genera una alta demanda en la explotación de los recursos subterráneos, los cuales se encuentran más propensos a perder su calidad. Aunado a ello, la relativa superficialidad de los acuíferos y sus características geológicas hacen que sean los más vulnerables a sufrir algún tipo de contaminación (Murillo, 2010).

La ubicación y administración efectiva de las áreas de protección de zonas de infiltración y de cuerpos de agua son una herramienta eficiente que permite prevenir la contaminación, tanto de las fuentes superficiales, como de las subterráneas (MINAE, 2020).

## **Parámetros para la determinación de la calidad del agua**

En la actualidad, el tema referente al agua y su calidad para diversos usos preocupa a la población, y es que si bien es cierto se cuenta con una riqueza hídrica abundante, la realidad apunta que muchas fuentes se encuentran contaminadas y no aptas para consumo humano (AYA, 2018).

Según la ONU (2019), “2.400 millones de personas no tienen garantizado el acceso al saneamiento y unos 760 millones de personas carecen de acceso al agua potable”.

Las características que ayudan a verificar la calidad del agua son: químicas, físicas, biológicas, bacteriológicas y radiológicas. Con ellas, se pueden conocer, en forma específica, los parámetros que se encuentran presentes en el agua.

Es importante reconocer que la calidad del agua puede verse afectada por distintos factores. Algunos de ellos son de origen natural y otros, la mayoría, en forma artificial o antropogénica:

- Naturales: principalmente ligados a la geología del terreno, por la adición de minerales y elementos químicos presentes en el medio.
- Artificiales o antropogénicas: éstos tienen una estrecha relación con la intervención humana; el desarrollo industrial y poblacional genera una gran cantidad de residuos, aguas residuales y lixiviados, los cuales, de una u otra forma, contaminan las fuentes de agua.

Teniendo en cuenta que las condiciones que atentan contra la buena calidad de aguas provienen, principalmente, de acciones antropogénicas, se considera que debe existir un abordaje urgente de la situación.

El conocer cómo se determina la calidad del agua de nuestras fuentes permite realizar una gestión más eficiente, debido a que, al estar al tanto de la calidad y los parámetros específicos con

que debe contar el agua para poder ser utilizada, se puede conocer también si es apta para consumo humano, o bien, para el desarrollo de industrias, la agricultura, entre otros (World Health Organization, 2011).

### **Características físicas**

Algunas de las características del agua pueden ser determinadas en forma física, dado que son perceptibles por los sentidos (vista, gusto y olfato), por tanto, son conocidas también como organolépticas. Estas características son las siguientes:

- **Color:** esta característica del agua puede estar ligada a la turbidez o presentarse independiente de ella. Aún no es posible establecer las estructuras químicas fundamentales responsables del color y se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etc. Se considera que el color natural del agua puede originarse por las siguientes causas: la descomposición de la materia; la materia orgánica del suelo; la presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos. En la formación del color en el agua, intervienen, entre otros factores, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos coloreados.
- **Olor y sabor:** se encuentran estrechamente relacionados con la aceptabilidad que los humanos puedan percibir del agua al ser consumida. Se considera que la falta de olor es un indicio de la que la misma no cuenta con contaminantes descompuestos, o de igual forma, cuando no existe la presencia de azufre u otros compuestos químicos perjudiciales para la salud.
- **Temperatura:** es considerado uno de los parámetros más importantes, ya que, al aumentar la temperatura del agua, aumenta la proliferación de algas y otros organismos

patógenos que modifican considerablemente la calidad del agua. Para medir la temperatura, puede utilizarse un termómetro de mercurio, o bien, el tacto.

- pH: se considera que el pH influye directamente en algunos fenómenos como la corrosión y las incrustaciones en las tuberías y redes de distribución. Aunque no se han podido demostrar afectaciones en la salud humana, por el aumento o disminución de pH, sí puede interferir en varios procesos de la desinfección al no ser compatibles con coagulantes y otros químicos utilizados para la homogenización del agua.
- Turbidez: este parámetro es originado por partículas coloidales o en suspensión. Se da, principalmente, por el abatimiento de las aguas con el fondo del suelo, lo cual genera en el agua una apariencia turbia y afecta su transparencia.

Para realizar la medición de la turbidez, se utiliza una herramienta llamada turbidímetro o nefelómetro. Este resultado, en conjunto con el test de jarras, nos ayudará a determinar la cantidad de coagulante que se debe utilizar para eliminar la turbidez del agua y que ésta sea aceptable para el consumo (Pradillo, 2016).

### **Características químicas**

Existe gran cantidad de compuestos químicos que pueden estar disueltos en el agua, los cuales pueden ser de origen natural o industrial y podrán causar efectos dañinos o beneficios para la salud humana.

Algunos de ellos son los siguientes:

- Aluminio: es un componente natural del agua, debido principalmente a que forma parte de la estructura de las arcillas. Puede estar presente en sus formas solubles o en sistemas coloidales responsables de la turbidez del agua. El problema mayor lo constituyen las

aguas que presentan concentraciones altas de aluminio, las cuales confieren al agua un pH bajo.

- Mercurio: se considera al mercurio un contaminante no deseable del agua, ya que es un metal pesado muy tóxico para el hombre. En el agua, se encuentra, principalmente, en forma inorgánica, que puede pasar a compuestos orgánicos por acción de los microorganismos presentes en los sedimentos. De éstos, puede trasladarse al plancton, a las algas y, sucesivamente, a los organismos de niveles tróficos superiores como peces, aves rapaces e incluso al hombre.
- Plomo: prácticamente no existe en las aguas naturales superficiales, pudiendo detectarse su presencia en algunas aguas subterráneas. Su presencia en aguas superficiales generalmente es consecuencia de vertidos industriales. En instalaciones antiguas, la mayor fuente de plomo en el agua de bebida proviene de las tuberías de abastecimiento y de las uniones de plomo. Si el agua es ácida, puede liberar gran cantidad de plomo de las tuberías, principalmente, en aquellas en las que el líquido permanece estancado por largo tiempo.
- Hierro: por lo general, no produce trastornos en la salud en las proporciones en que se le encuentra en las aguas naturales. La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbidez y el color del agua. Tiene gran influencia en el ciclo de los fosfatos, lo cual hace que su importancia sea muy grande desde el punto de vista biológico.
- Fluoruro: elemento esencial para la nutrición del hombre. Su presencia en el agua de consumo a concentraciones adecuadas combate la formación de caries dental, principalmente, en los niños. Sin embargo, si la concentración de fluoruro en el agua es

alta, podría generar “fluorosis” y dañar la estructura ósea, los efectos tóxicos ocurren con concentraciones excesivamente altas.

- Cobre: en el agua potable, puede existir debido a la corrosión de las cañerías de viviendas, la erosión de depósitos naturales y el percolado de conservantes de madera, también, por el sulfato de cobre que se aplica para controlar las algas en plantas de potabilización. En concentraciones muy altas, la presencia de cobre proporciona un sabor muy desagradable al agua.
- Cloruro: en el agua potable, su presencia se debe al agregado de cloro en las estaciones de tratamiento como desinfectante. El cloruro, en forma de ion  $\text{Cl}^-$ , es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua, sin embargo, en altas concentraciones, puede tener un sabor salado fácilmente detectable si el anión está asociado a los cationes sodio o potasio, pero el sabor no es apreciable si la sal disuelta es cloruro de calcio o magnesio, ya que, en estos casos, el sabor salado no se aprecia. A partir de ciertas concentraciones, los cloruros pueden ejercer una acción corrosiva y erosionante, en especial a pH bajo.
- Sulfatos: son un componente natural de las aguas superficiales y, en general, no se encuentran en concentraciones que puedan afectar a su calidad y pueden provenir de la oxidación de los sulfuros existentes en el agua. Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua. Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor amargo al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo, cuando se encuentra presente el magnesio. Cuando el sulfato se encuentra en concentraciones excesivas, le confiere propiedades corrosivas.
- Nitritos y nitratos: las concentraciones altas de nitratos, generalmente, se encuentran en el agua en zonas rurales por la descomposición de la materia orgánica y los fertilizantes utilizados. Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el

nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos. Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua. El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato (Pradillo, 2016).

### **Características biológicas**

Todas las aguas poseen elementos biológicos, desde muy pequeños como microorganismos, hasta grandes como peces. El origen de las características biológicas puede ser natural o artificial. Muchos de éstos se dan por el vertido de sustancias industriales y orgánicas al cauce de los ríos.

La biodiversidad que se encuentra en el agua indica la poca probabilidad de que ésta se encuentre contaminada, y lo que se puede determinar mediante el estudio de macroinvertebrados bentónicos. Algunos de estos microorganismos son los siguientes:

- **Algas:** contienen fundamentalmente clorofila necesaria para las actividades fotosintéticas, por lo tanto, necesitan la luz solar para vivir y reproducirse. La mayor concentración se da en los lagos, lagunas, embalses, remansos de agua y, con menor abundancia, en las corrientes de agua superficiales. Las algas, a menudo, tienen pigmentos que pueden colorear el agua.
- **Bacterias:** las bacterias presentes en el agua son de géneros muy numerosos, pero las patógenas para el hombre son las bacterias coliformes y los estreptococos, que se utilizan como índice de contaminación fecal.
- **Hongos, mohos y levaduras:** pertenecen al grupo de bacterias, pero no contienen clorofila y en general son incoloras. Todos estos organismos son heterótrofos y en consecuencia dependen de la materia orgánica para su nutrición (Pradillo, 2016).

## **Categorización de las áreas silvestres protegidas en Costa Rica**

En Costa Rica, las áreas silvestres protegidas se definen como un espacio geográfico previamente definido y declarado oficialmente en una categoría de vital importancia natural, cultural y socioeconómica para la protección y conservación ambiental.

La Ley de la Biodiversidad indica que:

Al SINAC, le corresponde, entre otros, el diseño actualización, el seguimiento, la evaluación y la sistematización de políticas, planes, programas, proyectos, procedimientos, manuales, de aplicación nacional para su implementación en las áreas silvestres protegidas terrestres y marinas bajo su administración en el ámbito nacional (Ley de Biodiversidad, 2019).

En esta ley, se han establecido varias categorías de manejo, entre las cuales se encuentran:

- Reservas forestales
- Zonas protectoras
- Parques nacionales
- Reservas biológicas
- Refugios nacionales de vida silvestre
- Refugios nacionales de vida silvestre de propiedad estatal
- Refugios nacionales de vida silvestre de propiedad privada
- Refugios nacionales de vida silvestre de propiedad mixta
- Humedales
- Monumentos naturales
- Reservas marinas

- Áreas marinas de manejo

En el siguiente mapa, se observan las áreas que se encuentran categorizadas dentro del territorio costarricense:



Figura 3. Mapa de ubicación de las áreas silvestres protegidas de Costa Rica

Fuente: SINAC

- Parques nacionales: área con rasgos de carácter singular de interés nacional o internacional. El área debe incluir muestras representativas de ecosistemas de significación nacional, mostrar poca evidencia de la actividad humana, ofrecer

importantes atractivos para los visitantes y tener capacidad para un uso recreativo y educativo en forma controlada.

- Reservas biológicas: área esencialmente inalterada, que contiene ecosistemas, rasgos o especies de flora y fauna, en extremo vulnerables, en la cual los procesos ecológicos han podido seguir su curso natural con un mínimo de interferencia humana.
- Monumentos nacionales: área que posee un recurso cultural, sea histórico o arqueológico sobresaliente, de importancia nacional e internacional debido a sus características únicas o de especial interés. Su extensión depende del tamaño del recurso que se desea conservar y cuánto terreno adyacente se necesite para asegurar su protección y el manejo adecuados.
- Refugios de vida silvestre: es un área que, por sus condiciones geográficas, de ecosistemas especiales y de variada o exclusiva biodiversidad, requiere adoptar acciones de manejo. Existen en el país tres tipos de refugios de vida silvestre:
  - Refugios nacionales (estatales), aquellos en los cuales las áreas declaradas como tales pertenecen, en su totalidad, al Estado.
  - Refugios mixtos: aquellos en los cuales las áreas declaradas como tales pertenecen en parte al Estado y otras son de propiedad particular.
  - Refugios privados: aquellos en los cuales las áreas declaradas como tales pertenecen en su totalidad a particulares. En los dos primeros, estatales y mixtos, es común la coexistencia de comunidades inmersas dentro del área declarada.
- Reservas forestales: terrenos, en su mayoría, de aptitud forestal, apropiados para la producción de madera, en los cuales se ejecuten acciones de manejo con criterios de sostenibilidad.

- Zonas protectoras: área formada por bosques y terrenos de aptitud forestal, donde el objetivo principal sea la protección del suelo, la regulación del régimen hidrológico y la conservación del ambiente y de las cuencas hidrográficas.
- Humedales: ecosistema con dependencia de regímenes acuáticos, naturales o artificiales, permanentes o temporales, lénticos o lóticos, dulces, salobres o salados, incluyendo las extensiones marinas hasta el límite posterior de fanerógamas marinas o arrecifes de coral o, en su ausencia, hasta seis metros de profundidad en marea baja.
- Corredor biológico: extensión territorial, generalmente, de propiedad privada, cuya función principal es interconectar áreas silvestres protegidas para posibilitar tanto la migración como la dispersión de especies de flora y fauna silvestres y en esta forma asegurar la conservación de las mismas. Las características del corredor (ubicación, dimensión, actividades de manejo agroforestales, ganaderas u otras) se determinan luego de la identificación de las especies que se espera que lo utilicen (SINAC, 2020).

### **Zonas vulnerables para la protección del recurso hídrico**

Las áreas de protección se encuentran reguladas por la normativa de la Ley Forestal N° 7575 y la Ley de Aguas N° 276, las cuales tienen una idea ambiciosa para la protección del recurso hídrico y los ecosistemas asociados a éste. Principalmente, se busca la protección y conservación del recurso, sin dejar de lado que pretende evitar la contaminación.

En Costa Rica, como en gran cantidad de países centroamericanos, existe un gran irrespeto a la legislación en materia ambiental (BID, 2018). Si bien es cierto se cuenta con herramientas legales para la correcta administración, esto no garantiza que la población aplique una cultura ideal que respete a cabalidad cada uno de sus artículos, al contrario, siendo recurrentes las trasgresiones a la ley.

En ese sentido, queda claro que el desarrollo urbanístico y el crecimiento poblacional poco planificado generan una gran cantidad de presión ambiental, la cual ejerce una fuerte presión en las áreas de protección de los cursos de agua. Es importante que esta situación fije un precedente en la urgencia para que el Estado costarricense y la población en general adopten una cultura ambiental de protección, de lo contrario, en unos años, no se podrá disponer de todos los servicios ecosistémicos que el ambiente nos brinda.

Por ello, a través de la legislación, se fijan áreas del territorio que deben ser protegidas y deben contar con un área de resguardo que no permite desarrollar ninguna actividad. Éstas se encuentran previamente establecidas y son reguladas por las municipalidades y el Ministerio de Ambiente y Energía.

Algunas de los artículos y medidas relacionadas son las siguientes:

En el artículo número 33 de la Ley Forestal 7575, se definen como áreas de protección las que se caractericen de la siguiente manera:

- Las áreas que bordeen nacientes permanentes previamente dictaminadas por la Dirección de Agua del MINAE, definidas en un radio de cien metros medidos de modo horizontal.
- Una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana, medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano, y de cincuenta metros horizontales, si el terreno es quebrado.
- Una zona de cincuenta metros medida horizontalmente en las riberas de los lagos y embalses naturales y en los lagos o embalses artificiales construidos por el Estado y sus Instituciones. Se exceptúan los lagos y embalses artificiales privados.
- Las áreas de recarga y los acuíferos de los manantiales, cuyos límites serán determinados por el Ministerio de Ambiente y Energía (Ley Forestal, 1996).

En la misma ley, en su artículo 34, se indica la prohibición para talar en áreas protegidas:

- Se prohíbe la corta o eliminación de árboles en las áreas de protección descritas en el artículo anterior, excepto en proyectos declarados por el Poder Ejecutivo como de conveniencia nacional.
- Los alineamientos que deban tramitarse en relación con estas áreas, serán realizados por el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo.

Esta área aumenta cuando la fuente se encuentra inscrita o concesionada para uso poblacional, tal como lo dispone la Ley de Aguas N° 276 de 1942, en su artículo 31, donde para los usos de abastecimiento humano poblacional, se deberá resguardar un área de 200 metros de radio desde el punto de afloramiento del cuerpo de agua (Ley de Aguas, 1942).

Además, en el artículo 149 de la Ley de Aguas, se prohíbe por completo la tala de árboles, tanto en bosques nacionales, como en los particulares, en lo referente a los árboles situados a menos de sesenta metros de las nacientes cuando se encuentren en terrenos con pendientes, o a menos de cincuenta metros, en terrenos planos (Ley de Aguas, 1942).

Actualmente, Costa Rica cuenta con un sistema para el monitoreo y visualización de las fuentes de agua de dominio público, hablese de ríos, quebradas, arroyos, nacientes y otros. Este sistema es el SINIGIRH, el cual es un visor de mapas abierto al público y se pueden verificar las características principales de todas las fuentes, sus ubicaciones, caudales, concesiones y otros (Dirección de Agua, MINAE, 2020). Esta información es de vital importancia para la delimitación de las áreas de protección y las zonas de recarga con mayor vulnerabilidad.

## Marco metodológico

### Tipo de investigación

Siguiendo lo indicado en el documento “Metodologías de la investigación I”, se considera que existen estudios tipo exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Partiendo de las consideraciones de la propuesta, se toma como referencia que:

La investigación cuantitativa implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados. Es concluyente en su propósito, ya que trata de cuantificar el problema y entender qué tan generalizado está mediante la búsqueda de resultados proyectables a una población mayor (Sistema Internacional de Investigación, 2020).

La investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice.

Los estudios de tipo descriptivo miden, de manera más bien independiente, los conceptos o variables a los que se refieren y se centran en medir con la mayor precisión posible (Sautu, 2015).

De esa manera, el presente estudio corresponde a un proyecto de tipo cuantitativo descriptivo, puesto que se enfoca principalmente en la recolección de datos y registros con el fin de medir, en forma cuantificable, la cantidad de agua de cada una de las fuentes en estudio, la determinación de los usos, así como establecer las áreas de protección hídrica y la participación de los involucrados

en el manejo y administración del recurso. Además, tiene la posibilidad de poder analizar los datos para generar gráficos, mapas y resultados comparativos.

**Hipótesis**

La caracterización de las fuentes de agua, la identificación de las zonas vulnerables, así como el riesgo de una posible escasez por la falta de una administración eficiente del recurso hacen necesaria la elaboración de herramientas que faciliten un manejo sostenible del recurso hídrico.

## **Enfoque de la investigación**

Dado que se busca comprobar la hipótesis previamente establecida, como también los objetivos elegidos para la investigación, el presente trabajo será elaborado bajo el planteamiento metodológico de tipo experimental, debido a la intervención que tienen las personas investigadoras para la obtención de los datos.

Entre las principales descripciones de enfoque experimental, se encuentra que:

La investigación experimental consiste en la manipulación de una variable experimental no comprobada, en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular.

Se trata de un experimento porque, precisamente, el investigador provoca una situación para introducir determinadas variables de estudio manipuladas por él para controlar el aumento o disminución de esa variable, y su efecto en las conductas observadas. El investigador maneja deliberadamente la variable experimental y luego observa lo que sucede en situaciones controladas (Van Daalen y Meyer, 2006).

El documento será de tipo mixto, combinando el análisis prospectivo y el retrospectivo, ya que, según lo planificado, los datos se obtendrán por parte de las personas investigadoras mediante la toma de datos, además de utilizarse la información de las bases de datos de las instituciones o usuarios.

Según la cantidad de pruebas de campo realizadas a cada una de las fuentes, esta investigación establece la variable transversal, pues no es necesaria la medición continua de datos sobre el mismo punto y en diversas ocasiones.

### **Proceso de tabulación y análisis de datos**

Este proyecto, al clasificarse dentro del concepto cuantitativo, requiere la elaboración de cuadros y tablas de datos descriptivos, los cuales sirvan para la toma de decisiones y el análisis de resultados. Por ello y para la elaboración de los productos, se utilizan hojas de cálculo del paquete de Microsoft Excel, las cuales, por su versatilidad de usos y herramientas, permiten obtener resultados de excelente calidad compatibles con lo requerido en esta investigación.

La sistematización de la información consiste, de manera principal, en la extracción de los datos de mayor importancia. Para la elección de estos datos, se debe leer con detenimiento, comprender las ideas e interpretar el argumento del proyecto. Para ello, durante el desarrollo de esta investigación, se utilizan insumos como esquemas, bosquejos, diagramas de flujo, bases de datos y listas.

Para la visualización de los resultados del proyecto, se realizan mapas de fuente propia y elaborados en sistemas de información geográfica (SIG), propiamente, la herramienta Quantum GIS, versión 2.18.28.

## **Técnicas e instrumentos**

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos en esta investigación, se busca realizar un análisis y comprensión de los datos obtenidos durante el proceso, utilizando herramientas tecnológicas que permitan generar un producto o instrumento para la toma de decisiones estratégicas, en aras del manejo sostenible del recurso hídrico.

La elección de los principales instrumentos y técnicas por utilizar para el desarrollo del proyecto son uno de los aspectos de mayor importancia, ya que, de ello, dependen el éxito y la eficiencia de los resultados esperados. Por esto, se parte tomando como referencia las herramientas y técnicas de los proyectos que respaldan esta investigación, y que, de alguna manera, tuvieron resultados satisfactorios.

### **Determinación de los cuerpos de agua**

Para la determinación de los cuerpos de agua, se realizan observaciones de la información cartográfica a escala 1: 50 000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN), las bases de datos de la Dirección de Agua del visor de mapas público del SINIGIRH, el Atlas 2014 del Tecnológico de Costa Rica (ITCR), el registro de los cuerpos de agua generado por la oficina regional SINAC Grecia, el registro de las fuentes aprovechadas por las ASADAS y la información recabada en campo mediante el levantamiento geográfico con el sistema de posicionamiento global, marca Garmin, modelo GPSmap 62s.

De esta manera, se determina que los cuerpos de aguas superficiales que se estudiarán a lo largo de esta investigación son, principalmente, las nacientes que se encuentran dentro de la RFG y que, en la actualidad, están siendo aprovechadas para consumo poblacional, doméstico y agropecuario por las ASADAS y los concesionarios privados.

Al mismo tiempo, estas fuentes de agua son afluentes de los seis ríos (Sarchí, San Juan, Vigía, Chagüite, Achiote y Prendas) y siete quebradas (Lajas, Ángeles, Monte, Yurro Seco, Seca, Camejo y Prenditas) que se originan dentro de los límites de la RFG y son afluentes a la cuenca del río Grande de Tárcoles.

La información dictaminada por el IGN en su base cartográfica y la Dirección de Agua del MINAE en la plataforma del SINIGIRH, sobre el carácter permanente o intermitente de los cuerpos de agua es una de las características tomadas en consideración para el estudio de estas fuentes. Lo anterior es así, dado que las fuentes de carácter intermitente no cuentan con un registro formal para sustentar los requerimientos de la investigación, dejándose éstas de lado para estudiar únicamente las de carácter permanente.

### **Aforos**

Las técnicas de aforo se basan principalmente en conocer la cantidad de agua existente en un cuerpo de agua, donde se estiman el volumen y el tiempo específicos, obteniendo el caudal productor en cada fuente en estudio. Los métodos más utilizados son el aforo correntómetro o con molinete y aforo volumétrico; para el desarrollo de este proyecto, se utiliza el aforo volumétrico en la mayoría de los muestreos por realizar.

### **Sistematización de la información**

La sistematización de la información de los parámetros de caudales aprovechados, caudales totales y, por ende, el cálculo de los caudales remanentes de cada uno de los cuerpos de agua se realiza con los datos brindados por las ASADAS, la Dirección de Agua del MINAE y la obtenida en campo a lo largo de las giras realizadas.

Para obtener la información de los registros de aforos y la calidad de las aguas con que cuentan las ASADAS, se realiza un acercamiento con cada uno de sus representantes mediante reuniones presenciales y virtuales. Durante los acercamientos, se busca la autorización para utilizar los datos obtenidos a lo largo del tiempo, con el fin de utilizarlos como insumo para el cálculo y reconocimiento de los caudales totales aprovechados y su calidad.

Además, se solicita información al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, específicamente al Laboratorio Nacional de Aguas y a la Oficina Regional de Acueductos Comunes (ORAC) Metropolitana.

Se cuenta con la participación de diez ASADAS, donde siete de las cuales realizan aprovechamientos de las diversas fuentes de aguas superficiales ubicadas dentro de la RFG. Por lo tanto, estas entidades comunitarias se establecen como actores estratégicos dentro de la propuesta para el manejo sostenible del recurso hídrico. En el cuadro 1, se detallan los nombres e información de contacto de cada una de las ASADAS involucradas en el proyecto.

Tabla 2

*ASADAS que realizan aprovechamientos dentro de la Reserva Forestal Grecia*

<b>Nombre de la ASADA</b>	<b>Contacto / Correo electrónico</b>
ASADA Carbonal	acueductodecarbonal@gmail.com
ASADA Los Ángeles	acueductolosangeles@hotmail.com
ASADA El Cajón	asadacajongrecia@gmail.com
ASADA San Roque	info@acueductosanroque.com
ASADA San Juan	asadasanjuangrecia@gmail.com
ASADA San Miguel	acueductodesanmiguel@hotmail.com
ASADA San Isidro	asadasanisidro1@gmail.com
ASADA San Luis	asadasanluisgrecia@gmail.com
ASADA Calle San José - Calle Rodríguez	acueductocsj.crz@hotmail.com
ASADA Vista de Atenas de Alajuela	-
ASADA Mastate	asadaelmastate@hotmail.com
ASADA San Juan Norte de Poás	acueductosanjuannorte@gmail.com
ASADA Calle Liles	asada.cliles@gmail.com

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

La información oficial del registro de la Dirección de Agua del MINAE se obtiene del visor de mapas público del SINIGIRH, donde se detalla información sobre concesiones, dictámenes y aforos.

Este visor recopila datos de gran importancia para el desarrollo del proyecto, ya que muestra la cantidad de aprovechamientos y sus usos, algunos aforos realizados a lo largo del tiempo, así como cantidad y ubicación de los cuerpos de aguas superficiales.

Para hacer uso de esta herramienta, se debe ingresar a la página principal de la Dirección de Agua del MINAE ([www.da.go.cr](http://www.da.go.cr)), en la pestaña SINIGIRH y, seguidamente, dar clic sobre visor de mapas público.

El Sistema Nacional de Información para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (SINIGIRH) nace como idea durante la elaboración del Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH). En el documento, se establece la línea de acción denominada Desarrollo de Capacidades, en la cual se visualiza la implementación de un sistema que consolide la información generada en materia de agua y la ponga a disposición de los usuarios.

Tiene como objetivo integrar la información del sector hídrico para compartir datos, visualizar la componente espacial y realizar análisis multidimensionales relativos a la gestión integrada del recurso hídrico en Costa Rica, con acceso oportuno, trazable y expedito a los usuarios de organismos públicos y privados, comunidades y público en general.

El SINIGIRH es considerado como la plataforma oficial para integrar la información relativa a la gestión integrada del recurso hídrico. Implementando tecnología de punta, les permite a las instituciones intercambiar y acceder a información de manera expedita, facilitando la toma de decisiones e identificar los vacíos de información. También, evita duplicar esfuerzos e invertir recurso en temas que ya fueron desarrollados.

Los usuarios podrán consultar información mediante el uso de mapas interactivos, o bien, descargando informes o investigaciones realizadas en algún punto específico, todo esto sin tener que desplazarse a las instituciones que generaron la información (Dirección de Agua, MINAE, 2020).

El visor de mapas público cuenta con herramientas fáciles de manipular, lo cual proporciona un uso práctico que puede realizar cualquier usuario que desee consultar información correspondiente al manejo del recurso hídrico del país sin requerir mayor conocimiento. En la figura 4, se visualiza la pantalla principal de esta herramienta.

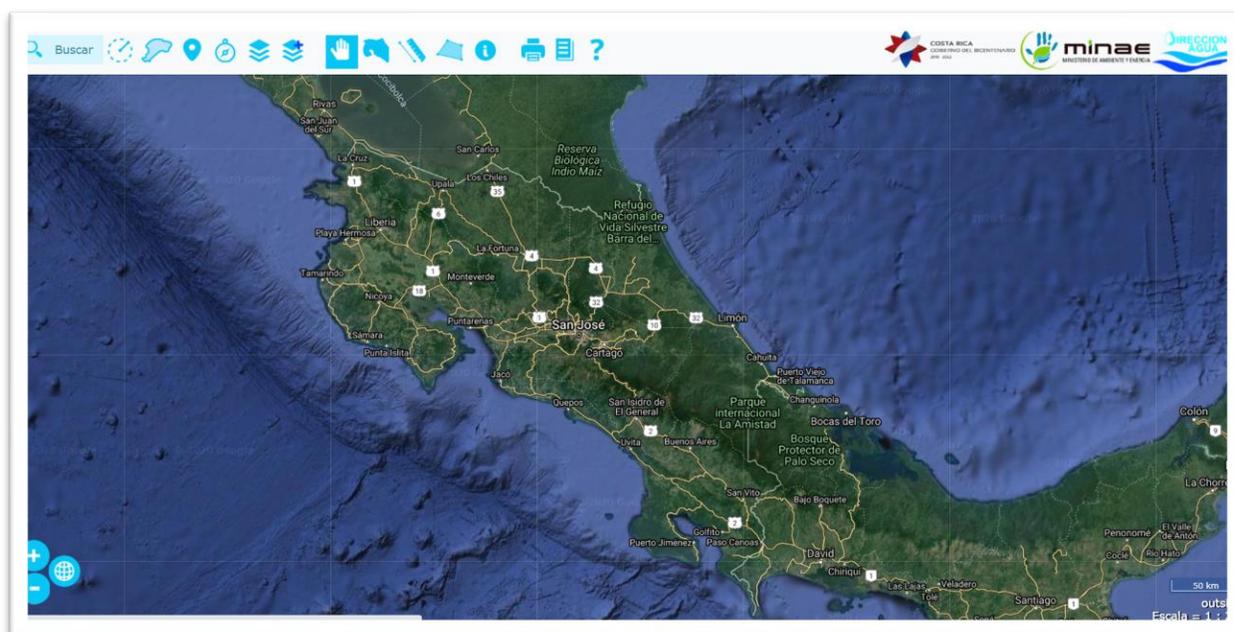


Figura 4. Visor del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE

Fuente: Dirección de Agua MINAE

### **Delimitación de las áreas de protección**

Este apartado busca establecer las áreas de protección de los cuerpos de aguas superficiales mediante la aplicación del *software* libre Quantum GIS 2.18.28, en la cual se ilustre la delimitación

espacial de las áreas frágiles de recarga acuífera con el fin de garantizar su operación, mantenimiento y recuperación adecuada.

Para establecer las principales áreas de protección, se utiliza la ubicación de las fuentes estudiadas en este proyecto, utilizando la información de inscripción registrada en el SINIGIRH, la información facilitada por las ASADAS, el archivo *shape* de la oficina subregional del SINAC – Grecia, la legislación vigente y la información obtenida en campo.

### **Determinación de la calidad del agua**

Este apartado busca establecer la calidad del agua de cada una de las fuentes seleccionadas. Para realizar este proceso, se utiliza la guía y el *kit* de “Introducción al juego estándar del agua La Motte Eart Force 5848”, el cual detalla el paso a paso de cada uno de los procesos para obtener el resultado de los parámetros por estudiar (La Motte, 2021).

Este *kit* realiza pruebas de coliformes, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), nitratos, fosfatos, temperatura, turbidez y pH.

El *kit* incluye:

- Manual valioso y completo.
- Conjunto de 9 módulos de factor de prueba.
- Método TesTab seguro y económico.
- Cada módulo contiene instrucciones en diagrama de fácil lectura, una tabla de colores, una tarjeta *flash* de factor de prueba y todos los aparatos necesarios y TestTabs no peligrosos para realizar 100 pruebas en su *kit* completo (44 pruebas para bacterias coliformes, ilimitadas para macro invertebrados bentónicos y turbidez).

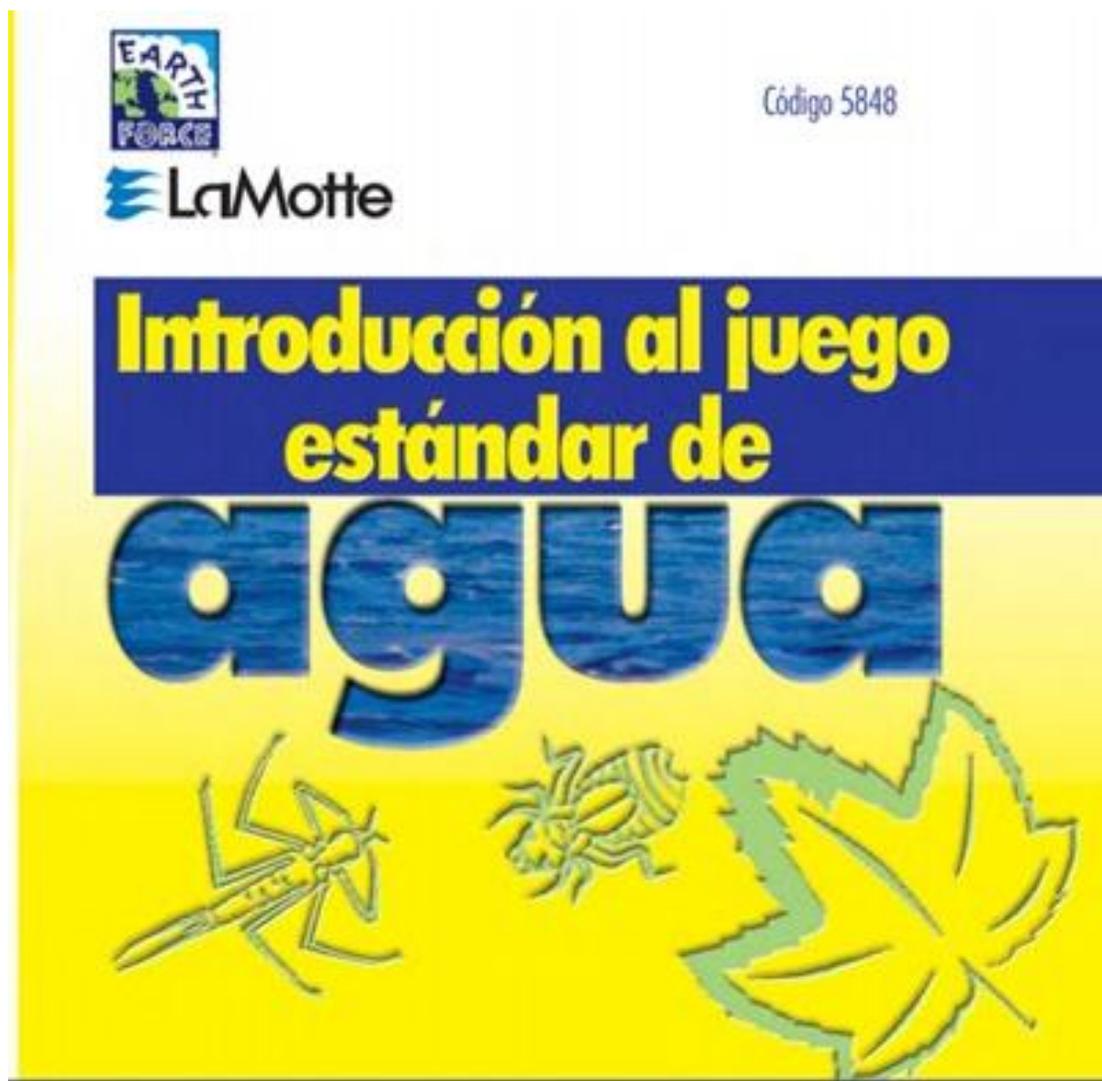


Figura 5. Portada del documento “Introducción al juego estándar de agua”

Fuente: La Motte, 2021



*Figura 6.* Herramientas del *kit* de muestreo de la calidad del agua

Fuente: La Motte, 2021

Además, como complemento, se utiliza la herramienta multiparámetros medidor portátil de electroquímica, modelo Thermo Scientific Orion Star serie A320.

Esta herramienta permite el monitoreo de la temperatura y el pH a través de un sensor digital que nos permite la determinación inmediata de los resultados.



*Figura 7. Thermo Scientific Orion Star Serie A320*

Fuente: Fisher Scientific

### **Herramientas y equipo**

Para la elaboración y aplicación de este proyecto, se requieren las siguientes herramientas y equipo:

- **Computadora**

Ésta debe contar, esencialmente, con programas de información geográfica y modelación para la ilustración de los resultados, además de los programas para la elaboración del informe y el análisis de los datos obtenidos.

- **Calculadora**

Ésta permite obtener los resultados de diferentes cálculos necesarios para la obtención de resultados durante la investigación. Asimismo, permite calcular ecuaciones de diferentes grados en los parámetros analizados.

- **GPS**

Herramienta necesaria para la ubicación georreferenciada de los diversos elementos de estudio. Además, puede funcionar para localizar posibles fuentes de contaminación o demarcar puntos de referencia de importancia para el estudio. El modelo utilizado para este caso se trata del GPS Garmin 64s.

- **Herramienta Thermo Scientific Orion Star serie A320**

Es un medidor portátil superior, el cual permite realizar muestreos de campo, de manera resistente y fácil, ya sea con medición de parámetros simples, dobles o múltiples.

- **Kit de monitoreo de agua estándar de Earth Force**

Herramienta para realizar el monitoreo de la calidad del agua de las fuentes. El *kit* completo permite la medición de nueve parámetros presentes en el agua.

- **Libreta de campo**

Es importante contar con una libreta de apuntes para el campo. En ésta, se levanta información necesaria para evidenciar las distintas características y parámetros por tomar en cuenta para la investigación.

- **Lápiz o lapicero de tinta resistente al agua**

Es importante resaltar que, en campo, por condiciones atmosféricas o por un simple descuido, el lápiz o lapicero se puede caer al agua. Por esto, es importante contar con una herramienta con las características principales de resistencia al agua.

- **Cámara fotográfica**

Instrumento requerido para evidenciar fotográficamente aspectos como sitio de estudio, cuerpos de agua, actividades aledañas, caracterización geomorfológica, entre otros.

- **Cronómetro**

El cronómetro nos facilita la obtención del tiempo en algunas de las pruebas de medición de caudal, principalmente.

- **Recipiente con medidas**

Para la determinación de caudales mediante el método volumétrico, se requiere de un recipiente previamente calibrado en alguna medida conocida. Por lo general, para la medición de caudales pequeños, se puede utilizar un vaso de precipitado o *beaker*, y para caudales mayores, se pueden utilizar baldes o estañones. En este caso, se cuenta con un recipiente aforador con medidas de los 0 a los 12 litros con referencia a cada  $\frac{1}{2}$  litro.

### **Autores que respaldan la investigación**

Para el desarrollo del proyecto, se utiliza como fuente una serie de documentos de referencia elegidos con rigurosidad, en los cuales se respalda la información técnica mediante el análisis de datos y pruebas experimentales de campo.

Para la elección, se realiza un análisis sobre el concepto del manejo sostenible del recurso hídrico a nivel mundial, nacional y regional, siguiendo una línea equilibrada, actualizada y fundamentada en las técnicas y formas existentes.

Inicialmente, se toma como referencia la “Política Hídrica Nacional”, documento elaborado en San José, Costa Rica por el Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones.

La relación de este documento con lo desarrollado en el presente proyecto es que contiene los lineamientos básicos con los cuales las autoridades ambientales competentes llegan a consolidar una propuesta programática y el plan de monitoreo y seguimiento a lo largo del tiempo, los cuales buscan mejorar la disponibilidad y la cantidad del recurso. Al igual que en los cometidos de este proyecto, la investigación asume y propone un análisis de las condiciones de las fuentes para delimitar su protección y eficiencia de los beneficios ecosistémicos que brinda la RFG.

Además, se considera el documento “Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos”, elaborado en San José, Costa Rica por el Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, en octubre del 2008 (MINAET, 2008).

El Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (PNGIRH) ha sido creado con el fin de garantizar la cantidad y calidad hídrica para las actuales y futuras generaciones.

Este plan busca asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas naturales que proveen y proveerán la cantidad y calidad de agua necesarias para el desarrollo de la población de la manera más eficiente.

Asimismo, se considera el documento “Introducción al juego estándar del agua”, elaborado por La Motte Earth Force, que es una guía práctica para el monitoreo de la calidad de las aguas superficiales y establece los pasos para recolectar los datos y ejecutar las pruebas de campo (La Motte, 2021).

Por otro lado, el Programa de Sistemas de Información Geográfica nombrado como Quantum GIS, es un instrumento amplio que permite la elaboración de mapas, análisis estadísticos, modelaciones, acciones de georreferenciación satelital, entre otros. Esto permite que, con su constante actualización y por ser un *software* libre, es de fácil manejo y empleo de los comandos para la obtención de resultados de calidad a nivel profesional.

Por último, el “Plan de gestión de la cuenca del Río Grande de Tárcoles” es una herramienta de interés debido a que busca mejorar el manejo general de las actividades dentro de los límites de dicha área con el fin de iniciar con un plan piloto para la recuperación y sostenibilidad de los servicios ecosistémicos que genera la cuenca hidrográfica (Gobierno de Costa Rica, 2018).

## **Obstáculos y dificultades**

Entre los principales obstáculos de la investigación se destaca la llegada de la pandemia por COVID-19, lo que afectó en gran parte el acompañamiento a las visitas de campo, tanto por el distanciamiento con otras personas como también que muchas de las personas que nos darían el acompañamiento se encontraban contagiadas.

Otro de los principales obstáculos es la falta de respuesta o interés por parte de los administradores del recurso hídrico, esto se determinó después de realizar numerosos esfuerzos para contar con la participación de todos los usuarios, sin embargo, de algunos ni siquiera se obtuvo respuesta.

Por otra parte, para el desarrollo de la investigación se planteó inicialmente realizar el monitoreo de la calidad del agua con parámetros más específicos, sin embargo, la disponibilidad de reactivos con que cuenta la universidad, en específico para la carrera de Ingeniería en Manejo del Recurso Hídrico, era nula en algunos parámetros, lo que propicio utilizar únicamente los reactivos y herramientas disponibles en el momento.

## Cuadro de variables

Tabla 3

*Cuadro de variables conceptual, operacional e instrumental*

<b>Objetivo general</b>			
Elaborar una propuesta para la gestión sostenible del recurso hídrico superficial de la Reserva Forestal Grecia mediante la determinación de caudales, calidad de las aguas, servicios ecosistémicos y áreas de protección que permita un desarrollo social y económico en armonía con el ambiente.			
<b>Objetivos específicos</b>	<b>Variable</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Caracterizar los cuerpos de aguas superficiales para la estimación de la capacidad hídrica, ubicación geográfica y su calidad mediante la aplicación de técnicas específicas <i>in situ</i> .	Propuesta para la gestión sostenible del recurso hídrico superficial de la Reserva Forestal Grecia.	Establecer la ubicación geográfica y el caudal de las fuentes de aguas superficiales.	Determinar la ubicación geográfica de las fuentes. Determinar el caudal de las fuentes. Determinar la capacidad hídrica de las fuentes. Determinar la calidad del agua de las fuentes.
Analizar la información brindada por las ASADAS y la Dirección de Agua del MINAE mediante técnicas variables que permitan la determinación de la cantidad de agua aprovechada y los servicios ofrecidos por el recurso hídrico en aras de su gestión sostenible.		Establecer los servicios y la cantidad de agua aprovechada en las fuentes de aguas superficiales.	Analizar la información de las bases de datos. Determinar la cantidad de agua aprovechada en cada una de las fuentes. Determinar los servicios brindados por la RFG.
Establecer las áreas de protección de los cuerpos de aguas superficiales seleccionados aplicando la normativa vigente para determinar su importancia, que garantice su protección, aprovechamiento, mantenimiento y recuperación mediante la aplicación de sistemas de información geográfica y otros instrumentos de planificación estratégica.		Establecer las áreas de protección de cada una de las fuentes de aguas superficiales.	Determinar las áreas de protección de las fuentes.

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

### Presentación y análisis de los resultados

El registro de la base de datos del SINIGIRH muestra que, dentro del territorio de la RFG, existe una cantidad de 53 aforos realizados a diversas fuentes de aguas superficiales desde hace aproximadamente treinta y siete años. Dichos aforos han sido realizados en diversas épocas del año, utilizando métodos como el volumétrico y el correntómetro.

A continuación, se enlistan los aforos mencionados, su ubicación, fecha de ejecución de la medición, ID del expediente al que pertenecen y un mapa de ubicación geográfica con cada una de las ubicaciones de los puntos aforados.

Tabla 4

*Registro de aforos realizados en fuentes ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia obtenidos de la base de datos de la Dirección de Agua, SINIGIRH*

ID Expediente	Tipo de expediente	Tipo de fuente	Ubicación		Fecha de aforo	Caudal aforado L/s
			Proyección CRTM05 Latitud	Longitud		
237	R	Naciente	1124174.1	468628.966	2/5/2005	0.21
237	R	Naciente	1124169.1	468623.961	2/5/2005	0.06
237	R	Naciente	1124174.1	468618.966	2/5/2005	0.02
237	R	Naciente	1124164.1	468608.957	2/5/2005	0.04
237	R	Naciente	1124154.2	468558.949	2/5/2005	0.06
237	R	Naciente	1124114.3	468488.912	2/5/2005	0.13
237	R	Naciente	1124064.3	468428.863	2/5/2005	0.73
237	R	Naciente	1124024.4	468388.824	2/5/2005	0.17
237	R	Naciente	1123944.4	468368.74	2/5/2005	0.15

ID Expediente	Tipo de expediente	Tipo de fuente	Ubicación		Fecha de aforo	Caudal aforado L/s
			Proyección CRTM05			
			Latitud	Longitud		
237	R	Naciente	1123924.4	468328.725	2/5/2005	0.32
237	R	Naciente	1123884.5	468288.685	2/5/2005	0.16
237	R	Naciente	1123874.6	468188.681	2/5/2005	0.07
237	R	Naciente	1123884.6	468208.690	2/5/2005	0.16
237	R	Naciente	1123884.5	468238.688	2/5/2005	0.06
237	R	Naciente	1123884.5	468248.688	2/5/2005	0.09
282	R	Naciente	1122078.4	474286.484	17/8/1999	7.11
282	R	Naciente	1122728.9	473737.189	19/4/2002	40.52
291	R	Naciente	1124280.0	472638.856	20/6/2000	3.19
291	R	Naciente	1124180.0	472588.756	20/6/2000	6.05
291	R	Naciente	1124130.2	472388.715	20/6/2000	2.05
291	R	Naciente	1123377.0	474625.808	2/5/2001	42.01
310	R	Naciente	1123529.7	472968.062	6/4/2000	1
310	R	Naciente	1123629.3	473308.145	6/4/2000	0.75
357	R	Naciente	1123373.0	474623.804	11/6/2002	4.8
452	R	Naciente	1123447.7	474862.868	3/1/2006	12.27
533	R	Naciente	1124927.6	470089.665	21/3/2006	1
533	R	Naciente	1124921.6	470099.659	2/3/2006	0.5
540	R	Naciente	1124620.5	470196.343	28/4/2007	2.3
540	R	Naciente	1124620.5	470196.343	28/4/2007	2.6

ID Expediente	Tipo de expediente	Tipo de fuente	Ubicación		Fecha de aforo	Caudal aforado L/s
			Proyección CRTM05			
			Latitud	Longitud		
540	R	Naciente	1123619.5	470195.309	28/4/2007	2.1
2824	A	Río	1123378.5	474087.841	22/3/2001	1.23
2824	A	Río	1123378.5	474087.841	10/4/1984	6.6
2824	A	Río	1123378.5	474087.841	24/4/1991	5.83
2845	A	Río	1121881.8	470986.473	5/4/1984	14.8
2846	A	Río	1121881.8	470986.473	5/4/1984	14.8
2847	A	Río	1121881.8	470986.473	5/4/1984	14.8
2848	A	Río	1121881.8	470986.473	5/4/1984	14.8
2872	A	Naciente	1122078.4	474286.484	4/5/1987	5.2
4878	A	Naciente	1122180.1	472586.689	13/3/1991	18.8
6806	A	Naciente	1121978.8	473886.405	15/2/1996	1.6
6807	A	Naciente	1121978.8	473886.405	15/2/1996	1.6
7406	A	Río	1122885.8	467087.721	16/3/1995	44.1
7430	A	Río	1122885.8	467037.724	18/4/1996	23
8078	A	Naciente	1123781.6	471088.427	25/3/1997	0.5
8079	A	Naciente	1123881.6	471088.531	25/3/1997	0.3
8223	A	Naciente	1124782.6	470089.516	25/1/1999	1.11
8259	A	Naciente	1121978.4	474286.381	18/2/1998	0.85
8259	A	Naciente	1121978.4	474286.381	26/3/2001	0.35
8380	A	Quebrada	1121880.8	471986.414	4/2/1998	6.3

<b>ID</b>	<b>Tipo de expediente</b>	<b>Tipo de fuente</b>	<b>Ubicación</b>		<b>Fecha de aforo</b>	<b>Caudal aforado</b>
			<b>Proyección CRTM05</b>	<b>Latitud</b>		
9353	A	Río	1122980.4	472287.533	29/2/2000	7
13116	A	Naciente	1122901.4	471337.505	3/2/2009	1.9
13659	A	Naciente	1123402.9	474737.829	1/6/2009	0.25
13660	A	Naciente	1123402.9	474712.830	1/6/2009	1.75

Fuente: SINIGIRH, Dirección de Agua, MINAE

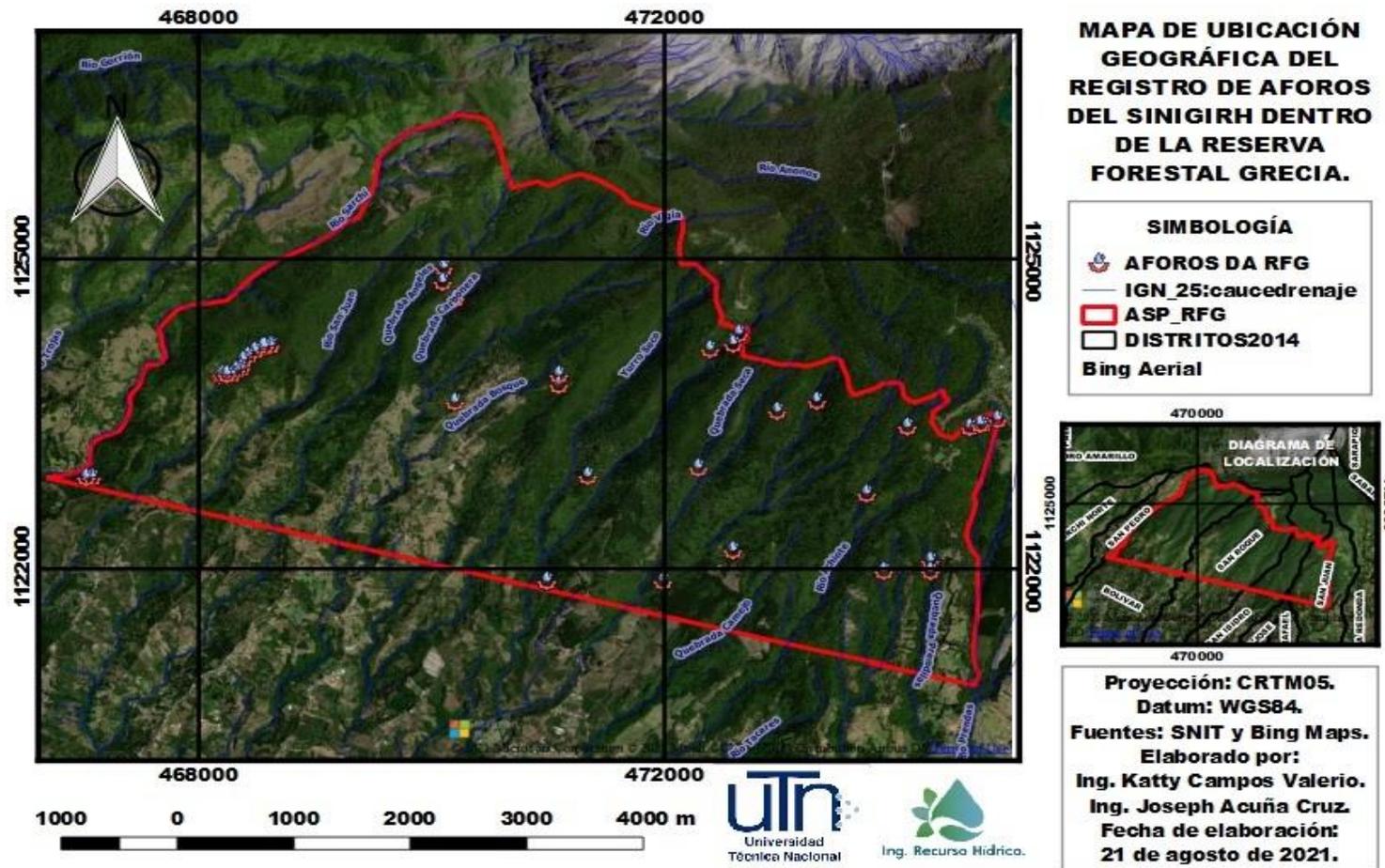


Figura 8. Mapa de ubicación geográfica de los aforos registrados en la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE ubicados dentro de la Reserva Foresta Grecia

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras a partir de datos de SNIT y Bing Maps

El registro de la base de datos del SINIGIRH muestra que, actualmente, existen 82 fuentes que estuvieron o están concesionadas para usos en consumo humano doméstico, poblacional o agropecuario. Estas fuentes cuentan con un registro de aforos y con un expediente administrativo individual ante la Dirección de Agua del MINAE. Dicho expediente archiva información de cada uno de los aforos, las fuentes, los usos y su estado actual.

A continuación, se enlistan las concesiones registradas en la base de datos del SINIGIRH y se elabora un mapa con la ubicación de cada una de las fuentes de aguas superficiales.

Tabla 5

*Registro de concesiones consultado en la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua*

ID Expediente	Razón social	Estado del expediente	Tipo de expediente	Nombre de la fuente	Tipo de fuente	Ubicación Proyección CRTM05		Riego	Consumo humano / poblacional	Agropecuario
						Latitud	Longitud			
2872	ADI Santa Gertrudis Norte de Grecia	Cancelado	A	Sin nombre	Naciente	1122285.902	474185.9256	0	0	0
2872	ADI Santa Gertrudis Norte de Grecia	Cancelado	A	Sin nombre	Naciente	1122085.816	474285.7123	0	0	0
4878	Asociación de Desarrollo Integral de San Isidro de Grecia	Cancelado por vencimiento	A	Sin nombre	Naciente	1122187.553	472585.9486	0	12	0
8259	Agrícola Ganadera la Vistada S.A.	Cancelado por vencimiento	A	Sin nombre	Naciente	1121985.824	474285.6095	0.1	0.1	1
2848	Agrop. Hnos. Alfaro Saborío Ltda.	Cancelado	A	Rosales	Río	1121889.216	470985.7653	0	0	0

ID Expediente	Razón social	Estado del expediente	Tipo de expediente	Nombre de la fuente	Tipo de fuente	Ubicación Proyección CRTM05		Riego	Consumo humano / poblacional	Agropecuario
						Latitud	Longitud			
8079	Ana Lorena Rodríguez Vázquez	Cancelado	A	Sin nombre	Naciente	1123888.961	471087.8078	0	0	0
2847	Carlos y Otro Castro Alfaro	Cancelado	A	Rosales	Río	1121889.216	470985.7653	0	0	0
2846	Carlos y Otro Castro Alfaro	Cancelado	A	Rosales	Río	1121889.216	470985.7653	0	0	0
9353	Colinas Verdes S.A.	Cancelado por vencimiento	A	Rosales	Río	1122987.799	472286.7927	0	0.1	0
6807	Compañía Empresa Horne S.A.	Otorgado	A	Sin nombre	Naciente	1121986.234	473885.6412	0.25	0	0.05
8380	Cooperativa Agrícola Industrial Victoria RL	Cancelado por vencimiento	A	Sin nombre	Quebrada	1121387.616	472585.1282	1.47	0.29	0.24
8380	Cooperativa Agrícola Industrial Victoria RL	Cancelado por vencimiento	A	Seca	Quebrada	1121888.192	471985.6878	2.47	0.29	0.24
9436	Desarrollos Bocalla Db SRL	Cancelado	A	Achiote	Río	1121936.598	473535.6175	0	0	0
8223	Enrique y Edgar Rodríguez Alvarado	Cancelado	A	Sin nombre	Naciente	1124789.919	470088.8058	0	0	0
3170	Finca las Alturas de Grecia S.A.	Cancelado	A	Rosales	Río	1123188.399	471687.0441	0	0	0
13116	Hacienda Germania LTDA	Otorgado	A	Sin nombre	Naciente	1122908.779	471336.7837	1.35	0.03	0.04
6806	Imayan S. A.	Cancelado por vencimiento	A	Sin nombre	Naciente	1121986.234	473885.6412	0	0.1	0.2

ID Expediente	Razón social	Estado del expediente	Tipo de expediente	Nombre de la fuente	Tipo de fuente	Ubicación Proyección CRTM05		Riego	Consumo humano / poblacional	Agropecuario
						Latitud	Longitud			
8078	Luis Fernando Barrantes Ramírez	Resuelto	A	Sin nombre	Naciente	1123788.969	471087.7052	0.15	0.04	0.01
11443	María de Los Ángeles Vargas Segura	Resuelto	A	Rosales	Río	1123587.958	472087.4239	0	0	0
13660	María Luisa Murillo Herrera	Cancelado por vencimiento	A	Sin nombre 1	Naciente	1123410.274	474712.0407	0	0.15	0
2824	Olman Alfaro Morera	Cancelado por vencimiento	A	Achiote	Río	1123385.919	474087.0639	0	0.06	0.94
2845	Ricardo Abel Castro Alfaro	Cancelado	A	Rosales	Río	1121889.216	470985.7653	0	0	0
7406	SUA De San José de Trojas	Otorgado	A	Sarchí	Río	1122893.131	467087.082	19.6	0	0
7430	SUA de San Luis de Bolívar de Grecia	Otorgado	A	Sarchí	Río	1122893.182	467037.0856	8	0	0
5937	SUA los Quetzales	Cancelado	A		Naciente	1121885.729	474385.4989	0	0	0
13659	Sociedad Ganadera la Carmela del Poás S.A.	Otorgado	A	Sin nombre 2	Naciente	1123410.249	474737.0388	0	0.1	0
533	Asada El Cajón de Bolívar Grecia Alajuela	Inscrito	R	Antolín 2	Naciente	1124928.899	470098.9476	0	0	0
291	Asada San Isidro de Grecia	Inscrito	R	F5	Naciente	1124187.398	472588.0018	0	0	0
291	Asada San Isidro de Grecia	Inscrito	R	F6	Naciente	1124137.608	472387.9657	0	0	0
291	Asada San Isidro de Grecia	Inscrito	R	F8	Naciente	1123384.366	474625.0208	0	0	0
291	Asada San Isidro de Grecia	Inscrito	R	F4	Naciente	1124287.339	472638.1007	0	0	0

ID Expediente	Razón social	Estado del expediente	Tipo de expediente	Nombre de la fuente	Tipo de fuente	Ubicación Proyección CRTM05		Riego	Consumo humano / poblacional	Agropecuario
						Latitud	Longitud			
357	Asada Calle Liles de San Juan de Poás	Solicitud nueva	R	Nac Prendas	Naciente	1123380.368	474623.0168	0	0	0
357	Asada Calle Liles de San Juan de Poás	Solicitud nueva	R	Nac Avispero	Naciente	1121207.65	473539.869	0	0.23	0
357	Asada Calle Liles de San Juan de Poás	Solicitud nueva	R	Nac 1 Prendas	Naciente	1123380.368	474623.0168	0	1.8	0
357	Asada Calle Liles de San Juan de Poás	Solicitud nueva	R	Nac 2 Santiago	Naciente	1122046.268	473848.7058	0	0.37	0
907	Asada Carbonal (Cristo Rey), San Roque	Inscrito	R	El Alto	Naciente	1122220.024	470173.1657	0	0.45	0
907	Asada Carbonal (Cristo Rey), San Roque	Inscrito	R	El Rio	Naciente	1122244.033	470162.1911	0	0.45	0
907	Asada Carbonal (Cristo Rey), San Roque	Inscrito	R	La Roca	Naciente	1122240.039	470156.1874	0	0.7	0
282	Asada de Calle Rodríguez de San José de Grecia	Inscrito	R	F-2	Naciente	1122736.329	473736.4233	0	0	0
282	Asada de Calle Rodríguez de San José de Grecia	Inscrito	R	Nac 2 Achioté	Río	1122517.231	473848.1896	0	0.3	0
282	Asada de Calle Rodríguez de San José de Grecia	Inscrito	R	Nac Achioté 3	Naciente	1122517.234	473846.1897	0	0.3	0
282	Asada de Calle Rodríguez de	Inscrito	R	Nac Achioté 5	Naciente	1122518.215	473864.1893	0	0.12	0

ID Expediente	Razón social	Estado del expediente	Tipo de expediente	Nombre de la fuente	Tipo de fuente	Ubicación Proyección CRTM05		Riego	Consumo humano / poblacional	Agropecuario
						Latitud	Longitud			
282	San José de Grecia Asada de Calle Rodríguez de San José de Grecia	Inscrito	R	F-1	Naciente	1122085.816	474285.7123	0	0	0
282	San José de Grecia Asada de Calle Rodríguez de San José de Grecia	Inscrito	R	Nac Prendas 8	Naciente	1122966.441	474583.5942	0	5.89	0
282	San José de Grecia Asada de Calle Rodríguez de San José de Grecia	Inscrito	R	Prendas F-10	Río	1123376.357	474634.0119	0	1.89	0
282	San José de Grecia Asada de Calle Rodríguez de San José de Grecia	Inscrito	R	Prendas F-11	Naciente	1123362.363	474628.9979	0	1.24	0
452	Poás de Alajuela Asada de San Juan Norte de Poás de Alajuela	Inscrito	R	F4 Prendas 1	Naciente	1123455.116	474862.0752	0	0	0
540	Miguel Arriba Asada de San Miguel Arriba	Solicitud nueva	R	F3 Los Pedros	Naciente	1123626.896	470194.6054	0	0	0
540	Miguel Arriba Asada de San Miguel Arriba	Solicitud nueva	R	F1 Los Zusos	Naciente	1124627.822	470195.6317	0	0	0
540	Miguel Arriba Asada de San Miguel Arriba	Solicitud nueva	R	F2 Los Carlos	Naciente	1124627.822	470195.6317	0	0	0
533	Bolívar Asada El Cajón de Bolívar	Inscrito	R	Antolín 1	Naciente	1124934.909	470088.9545	0	0	0
533	Grecia Alajuela Asada El Cajón de Bolívar Grecia Alajuela	Inscrito	R	Fabio 4	Naciente	1123115.98	469174.1575	0	0.1	0

ID Expediente	Razón social	Estado del expediente	Tipo de expediente	Nombre de la fuente	Tipo de fuente	Ubicación Proyección CRTM05		Riego	Consumo humano / poblacional	Agropecuario
						Latitud	Longitud			
533	Asada El Cajón de Bolívar	Inscrito	R	Fabio 3	Naciente	1123164.922	469227.2037	0	0.52	0
533	Grecia Alajuela Asada El Cajón de Bolívar	Inscrito	R	Fabio 1	Naciente	1123164.924	469225.2038	0	0.52	0
533	Grecia Alajuela Asada El Cajón de Bolívar	Inscrito	R	Fabio 2	Naciente	1123166.928	469221.2062	0	0.52	0
533	Grecia Alajuela Asada El Cajón de Bolívar	Inscrito	R	Forestal 2	Naciente	1123179.928	469220.2195	0	0.21	0
533	Grecia Alajuela Asada El Cajón de Bolívar	Inscrito	R	Forestal 3	Naciente	1123196.916	469230.2362	0	0.21	0
533	Grecia Alajuela Asada El Cajón de Bolívar	Inscrito	R	Toma Suso	Naciente	1124811.433	470560.7933	0	0.02	0
533	Grecia Alajuela Asada El Cajón de Bolívar	Inscrito	R	Antolín	Naciente	1125232.826	470148.2558	0	1.74	0
9	Grecia Alajuela Asada los Ángeles de Grecia	Inscrito	R	Sin nombre	Naciente	1125388.232	471689.3025	0	0	0
204	Asada San Juan Norte de Poás Alajuela	Inscrito	R	Nac 8 Prendas	Naciente	1123338.383	474611.9745	0	3.37	0
237	Asada San Luis de Grecia	Inscrito	R	F9	Naciente	1124071.673	468428.1904	0	0	0
237	Asada San Luis de Grecia	Inscrito	R	F10	Naciente	1124031.717	468388.1524	0	0	0
237	Asada San Luis de Grecia	Inscrito	R	F7	Naciente	1124161.534	468558.273	0	0	0
237	Asada San Luis de Grecia	Inscrito	R	F8	Naciente	1124121.608	468488.2372	0	0	0

ID Expediente	Razón social	Estado del expediente	Tipo de expediente	Nombre de la fuente	Tipo de fuente	Ubicación Proyección CRTM05		Riego	Consumo humano / poblacional	Agropecuario
						Latitud	Longitud			
237	Asada San Luis de Grecia	Inscrito	R	F3	Naciente	1124181.471	468618.2891	0	0	0
237	Asada San Luis de Grecia	Inscrito	R	F4	Naciente	1124171.482	468608.2796	0	0	0
237	Asada San Luis de Grecia	Inscrito	R	F12	Naciente	1123931.786	468328.0545	0	0	0
237	Asada San Luis de Grecia	Inscrito	R	F13	Naciente	1123891.83	468288.0165	0	0	0
237	Asada San Luis de Grecia	Inscrito	R	F1	Naciente	1124181.461	468628.2884	0	0	0
237	Asada San Luis de Grecia	Inscrito	R	F2	Naciente	1124176.466	468623.2836	0	0	0
237	Asada San Luis de Grecia	Inscrito	R	F14	Naciente	1123881.933	468188.0136	0	0	0
237	Asada San Luis de Grecia	Inscrito	R	F15	Naciente	1123891.912	468208.0224	0	0	0
237	Asada San Luis de Grecia	Inscrito	R	F16	Naciente	1123891.881	468238.0201	0	0	0
237	Asada San Luis de Grecia	Inscrito	R	F17	Naciente	1123891.871	468248.0194	0	0	0
237	Asada San Luis de Grecia	Inscrito	R	F11	Naciente	1123951.744	468368.072	0	0	0
310	Asada San Roque de Grecia	Inscrito	R	Sin nombre 2	Naciente	1123537.058	472967.3049	0	0	0
310	Asada San Roque de Grecia	Inscrito	R	Sin nombre 3	Naciente	1123636.701	473307.3814	0	0	0
1094	Asada Vista Atenas de Alajuela	Inscrito	R	La Roca	Naciente	1122240.039	470156.1874	0	0	0
602	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Otorgado	R	Sin nombre	Naciente	1122085.816	474285.7123	0	16	0

ID Expediente	Razón social	Estado del expediente	Tipo de expediente	Nombre de la fuente	Tipo de fuente	Ubicación Proyección CRTM05		Riego	Consumo humano / poblacional	Agropecuario
						Latitud	Longitud			
602	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados	Otorgado	R	F-5	Naciente	1122085.816	474285.7123	0	16	0

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

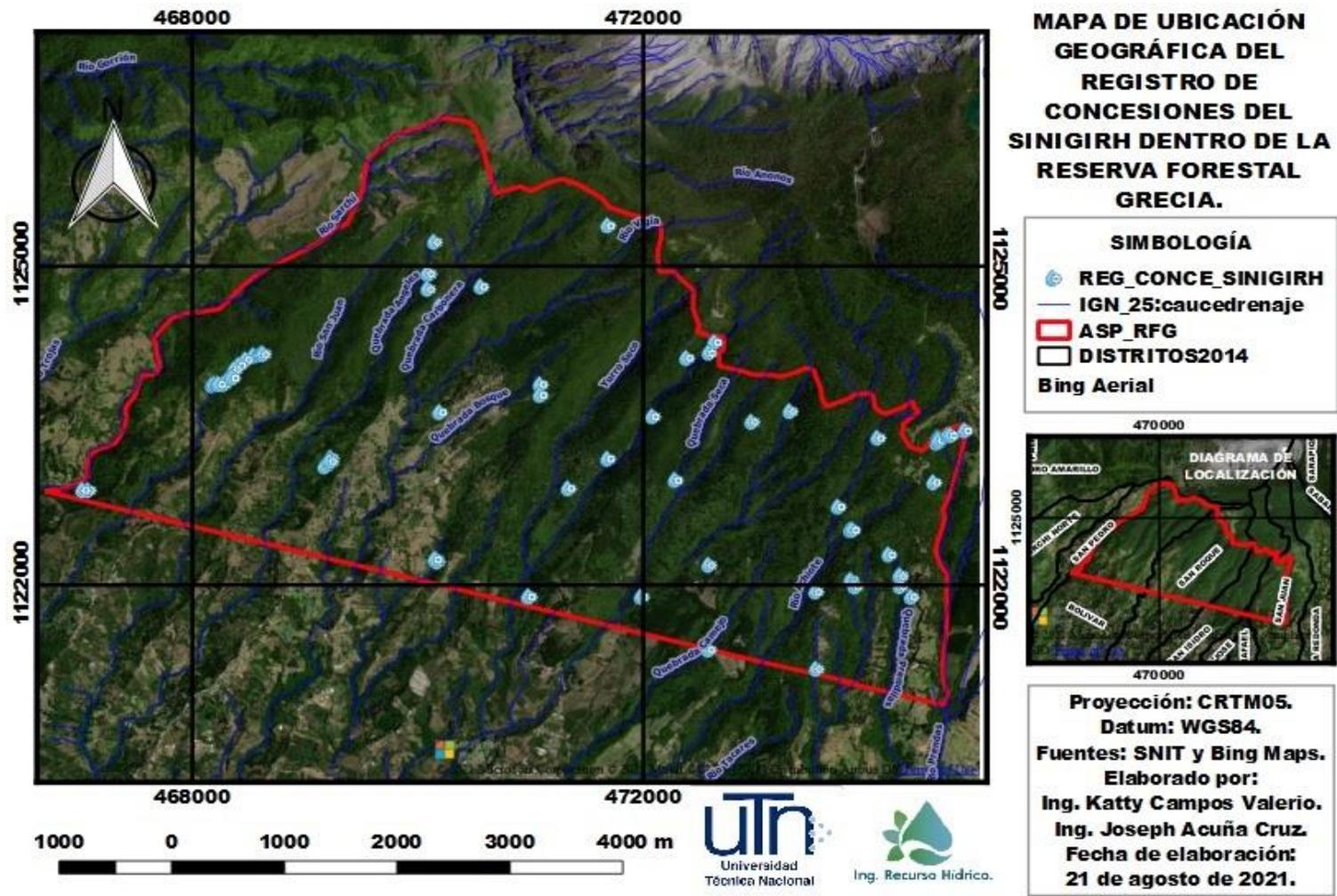
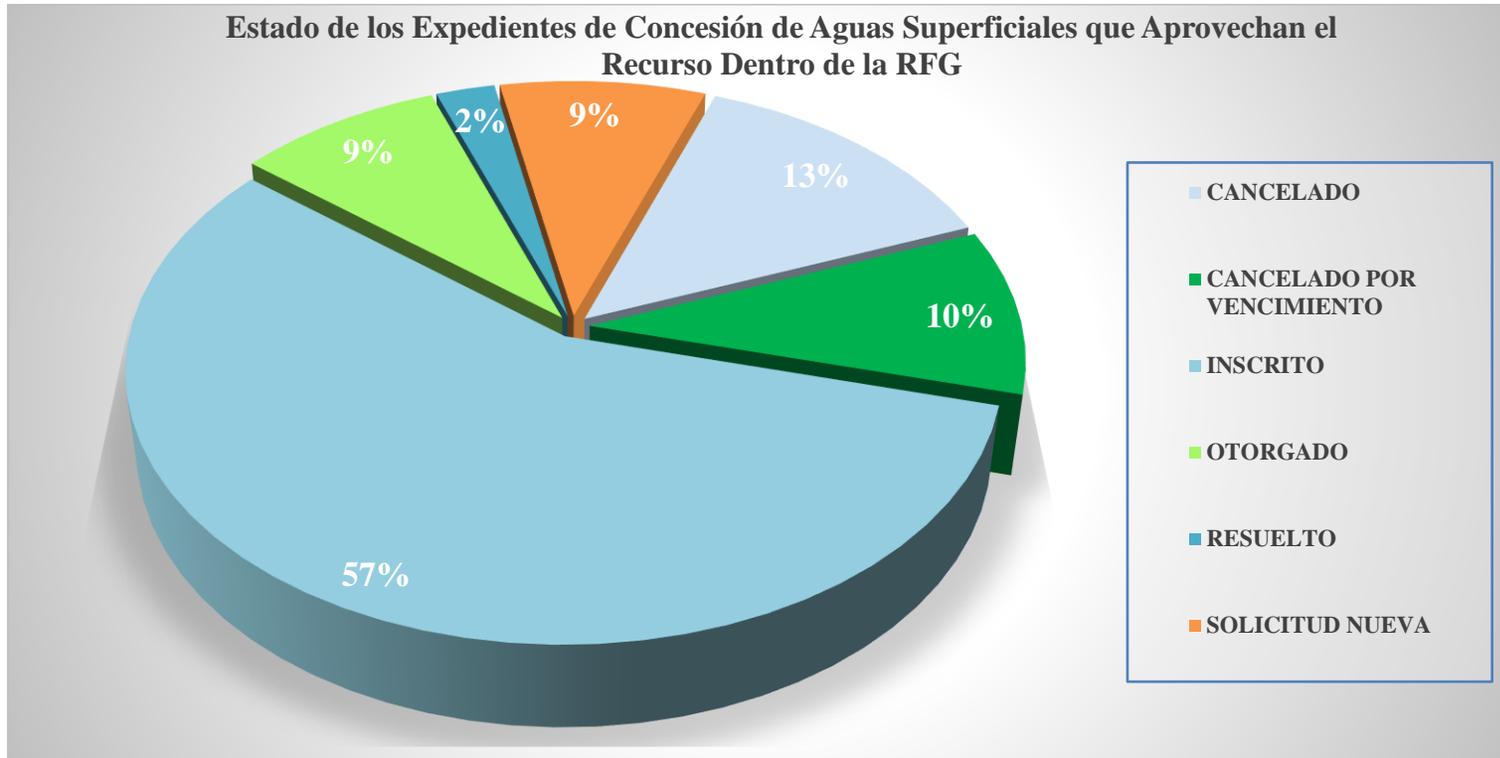


Figura 9. Mapa de ubicación geográfica de las concesiones registradas en la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras a partir de datos de SNIT y Bing Maps

En la figura 10, se muestra, de acuerdo con la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE, el estado actual de cada uno de los expedientes que tienen o tuvieron registrada una concesión para el aprovechamiento de aguas superficiales dentro de los límites de la RFG.



*Figura 10.* Estado de los expedientes de concesión de aguas superficiales que aprovechan el recurso dentro de la RFG

Fuente: SINIGIRH, Dirección de Agua, MINAE

A continuación, se muestra el mapa catastral con la ubicación geográfica de la totalidad de propiedades ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia, según información del SNIT. En este mapa, se pueden observar, en color amarillo, las únicas propiedades que pertenecen al Estado, lo cual quiere decir que son las únicas propiedades dedicadas, exclusivamente, a proteger los recursos naturales. A pesar de esta situación, a la fecha, también se conocen algunos propietarios privados que velan por mantener condiciones óptimas en armonía con el ambiente con respecto a sus actividades diarias, pero no es la excepción en la mayoría de casos.

Por otra parte, se observa también el mapa de usos del suelo, donde gran parte de las propiedades se encuentran con actividades como cultivos y actividades ganaderas, las cuales generan un alto impacto sobre las fuentes de aguas superficiales y sus ecosistemas.

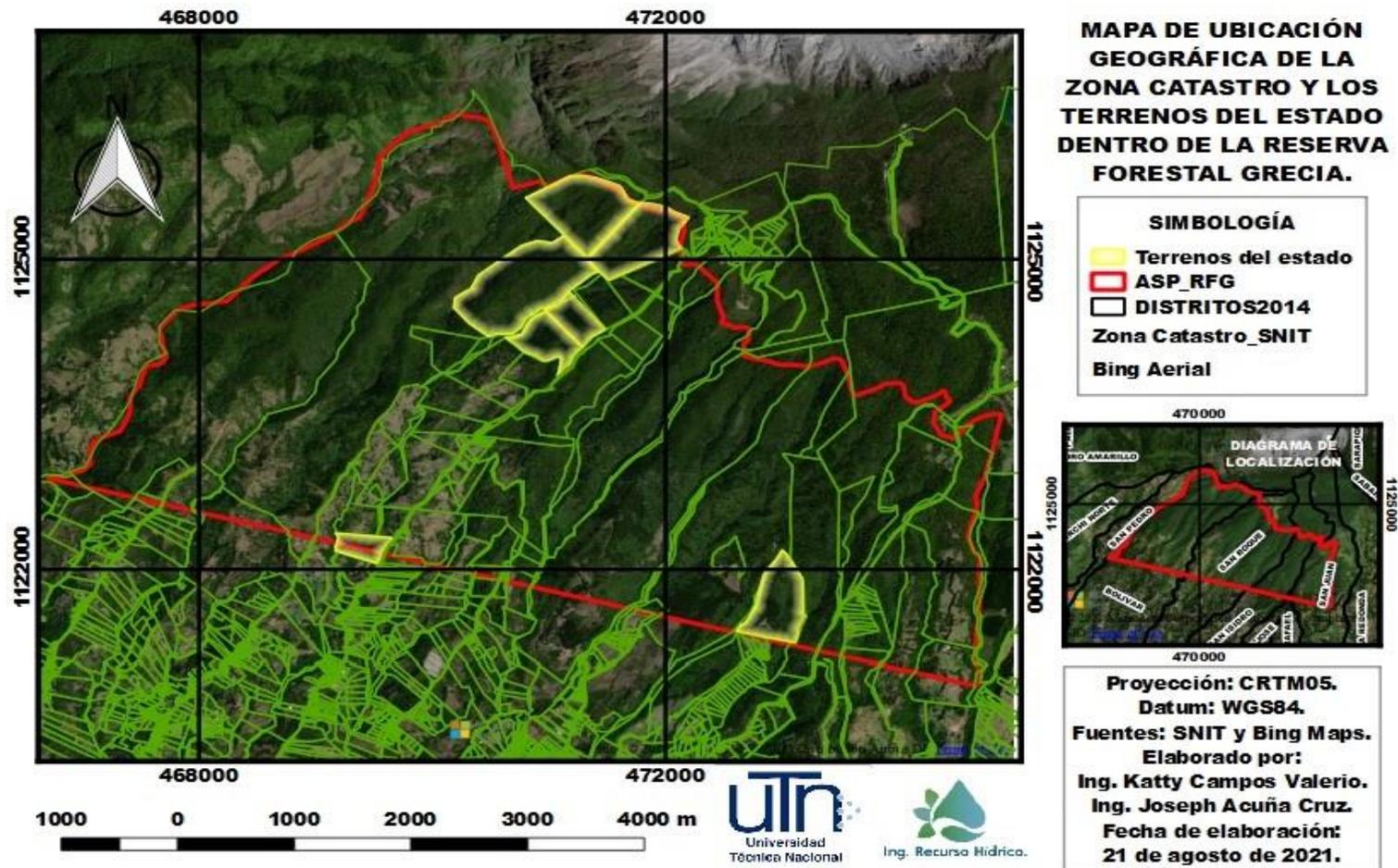


Figura 11. Mapa de ubicación geográfica de la Zona de Catastro y los Terrenos del Estado Ubicados Dentro de la Reserva Forestal Grecia

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras a partir de datos de SNIT y Bing Maps

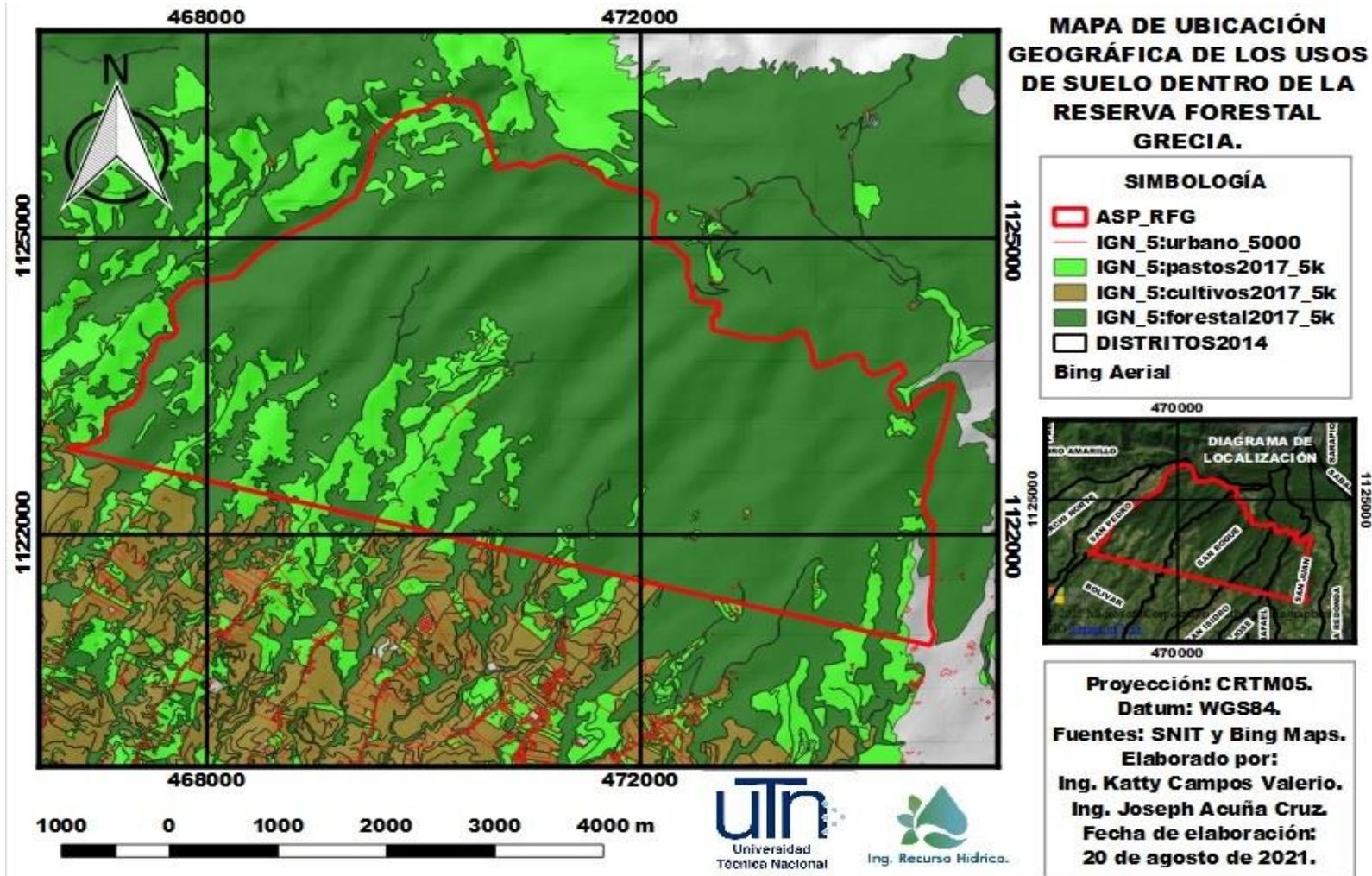


Figura 12. Mapa de ubicación geográfica de los usos de suelo ubicados dentro de la Reserva Forestal Grecia

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras a partir de datos de SNIT y Bing Maps

Los resultados obtenidos en las visitas ejecutadas de manera aleatoria en conjunto con algunos de los representantes de las organizaciones que aprovechan el recurso hídrico proyectaron datos importantes para la comparación de las características de cada fuente entre la información obtenida en campo y lo facilitado en la información base de cada uno de los actores clave. A continuación, se presenta la información y los datos recopilados durante las visitas, donde se adjuntan datos de ubicación geográfica, cantidad y calidad de cada uno de los cuerpos de aguas superficiales.

### **Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de San Luis de Grecia**

La ASADA de San Luis de Grecia se encuentra ubicada en el poblado de San Luis, distrito Bolívar en el cantón de Grecia. Sus oficinas se ubican al costado norte de la plaza de deportes de la comunidad y ofrece como contacto los números telefónicos 2495-0650 / 8743-7846 y el correo electrónico [asadasanluisgreacia@gmail.com](mailto:asadasanluisgreacia@gmail.com) .

Este acueducto cuenta con un área total de terreno de 9 516 m<sup>2</sup> bajo su administración, enfocados en la protección del recurso hídrico y de los ecosistemas que habitan en el sitio.

Para la determinación de las condiciones actuales de las fuentes que se encuentran dentro de la RFG y son utilizadas por este acueducto, se llevó a cabo una visita el día 27 de marzo del año 2021 en compañía del señor Jean Carlo Barrantes Solís, miembro de la ASADA. Durante la visita, se realizaron pruebas de caudal, calidad, ubicación de precisión, visualización de la vegetación, cobertura boscosa y sobrevuelo con aeronave no tripulada para el levantamiento de fotografías y videos. Seguidamente, se describen los resultados obtenidos durante las pruebas *in situ*.

### Resultados de aforos y ubicaciones

A continuación, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante la realización de aforos y georreferenciación de la ubicación de cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 6

*Registro de aforos y ubicaciones obtenidos en campo para las fuentes de la ASADA de San Luis de Grecia ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia*

Id	Fuente	Caudal total L/s	Fecha de aforo	Caudal aprovechado L/s	Ubicación CRTM05		Altura MSNM
					Longitud	Latitud	
1	Naciente sin nombre (Sistema 1)	0.65	27/3/2021	0.65	468459	1124151	1731
2	Naciente sin nombre (Sistema 1)	0.65	27/3/2021	0.65	468594	1124229	1810
3	Naciente sin nombre (Sistema 1)	0.65	27/3/2021	0.65	468625	1124229	1833
4	Naciente sin nombre (Sistema 1)	0.65	27/3/2021	0.65	468560	1124189	1836
5	Naciente sin nombre (Sistema 1)	3.91	27/3/2021	2.5	468397	1124043	1776
6	Naciente sin nombre (Sistema 2)	0.36	27/3/2021	0.36	468234	1124001	1770

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 7

*Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE para la ASADA de San Luis de Grecia*

Id	Fuente	Caudal autorizado L/s	Uso autorizado	Ubicación CRTM05	
				Longitud	Latitud
1	F7	0	-	468558.273	1124161.534
2	F8	0	-	468488.2372	1124121.608
3	F9	0	-	468428.1905	1124071.673
4	F10	0	-	468388.1524	1124031.717
5	F3	0	-	468618.2891	1124181.471
6	F4	0	-	468608.2796	1124171.482
7	F12	0	-	468328.0545	1123931.786
8	F13	0	-	468288.0165	1123891.83
9	F1	0	-	468628.2884	1124181.461
10	F2	0	-	468623.2836	1124176.466
11	F14	0	-	468188.0136	1123881.933
12	F15	0	-	468208.0224	1123891.912

13	F16	0	-	468238.0202	1123891.881
14	F17	0	-	468248.0194	1123891.871
15	F11	0	-	468368.072	1123951.744

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

A continuación, se muestra el mapa con las ubicaciones de las fuentes aprovechadas por la ASADA de San Luis de Grecia, contraponiendo la información georreferenciada obtenida en campo, con las ubicaciones registradas en el SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE.

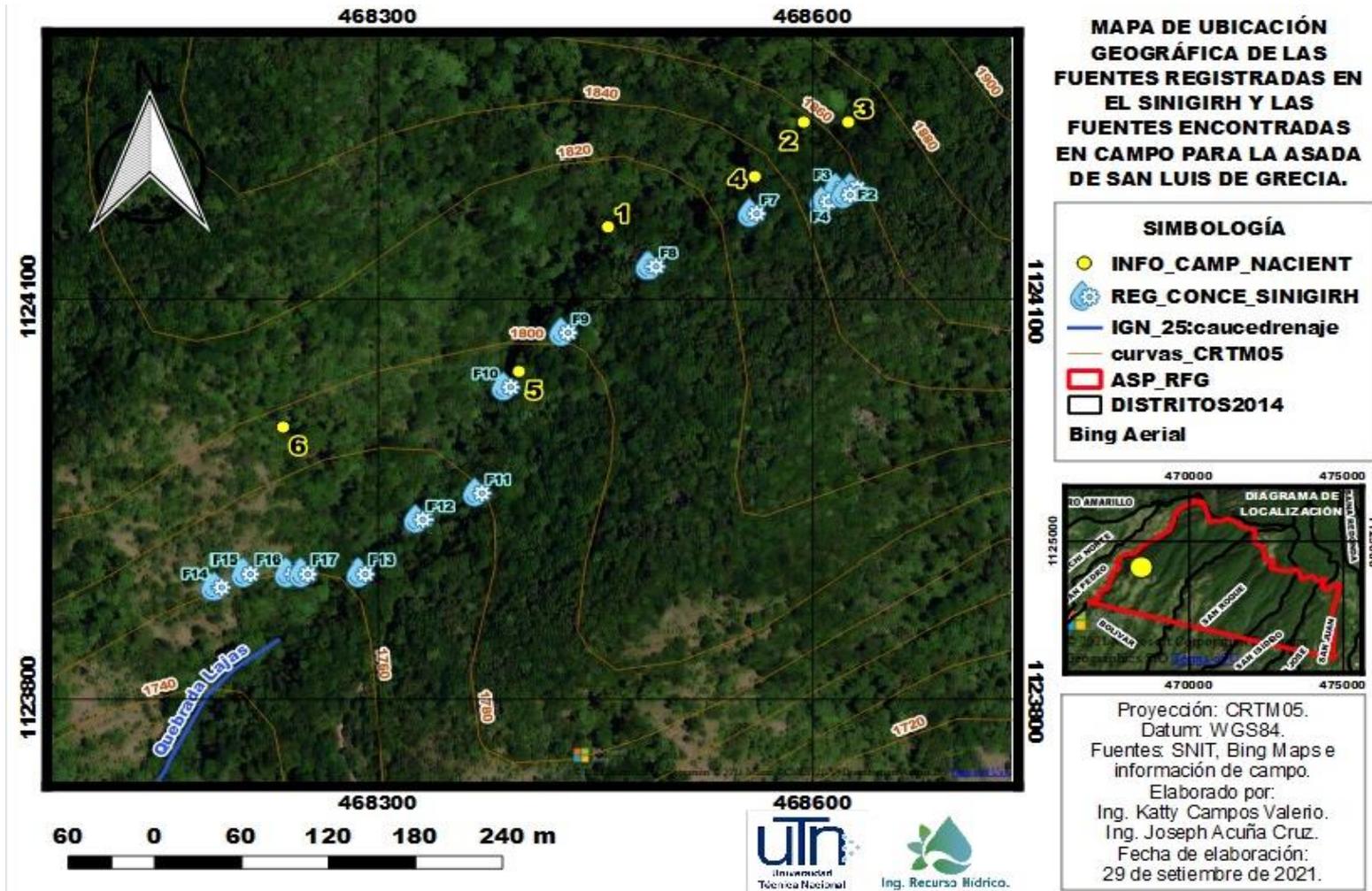


Figura 13. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en el SINIGIRH, y las fuentes encontradas en campo para la ASADA de San Luis de Grecia

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

Para cada una de las fuentes reflejadas en el siguiente mapa, se toma como referencia la ubicación obtenida en campo, denotando el área de protección que establece la Ley Forestal N° 7575 de 1996 en su artículo 33 y la Ley de Aguas N° 276 en su artículo 31.

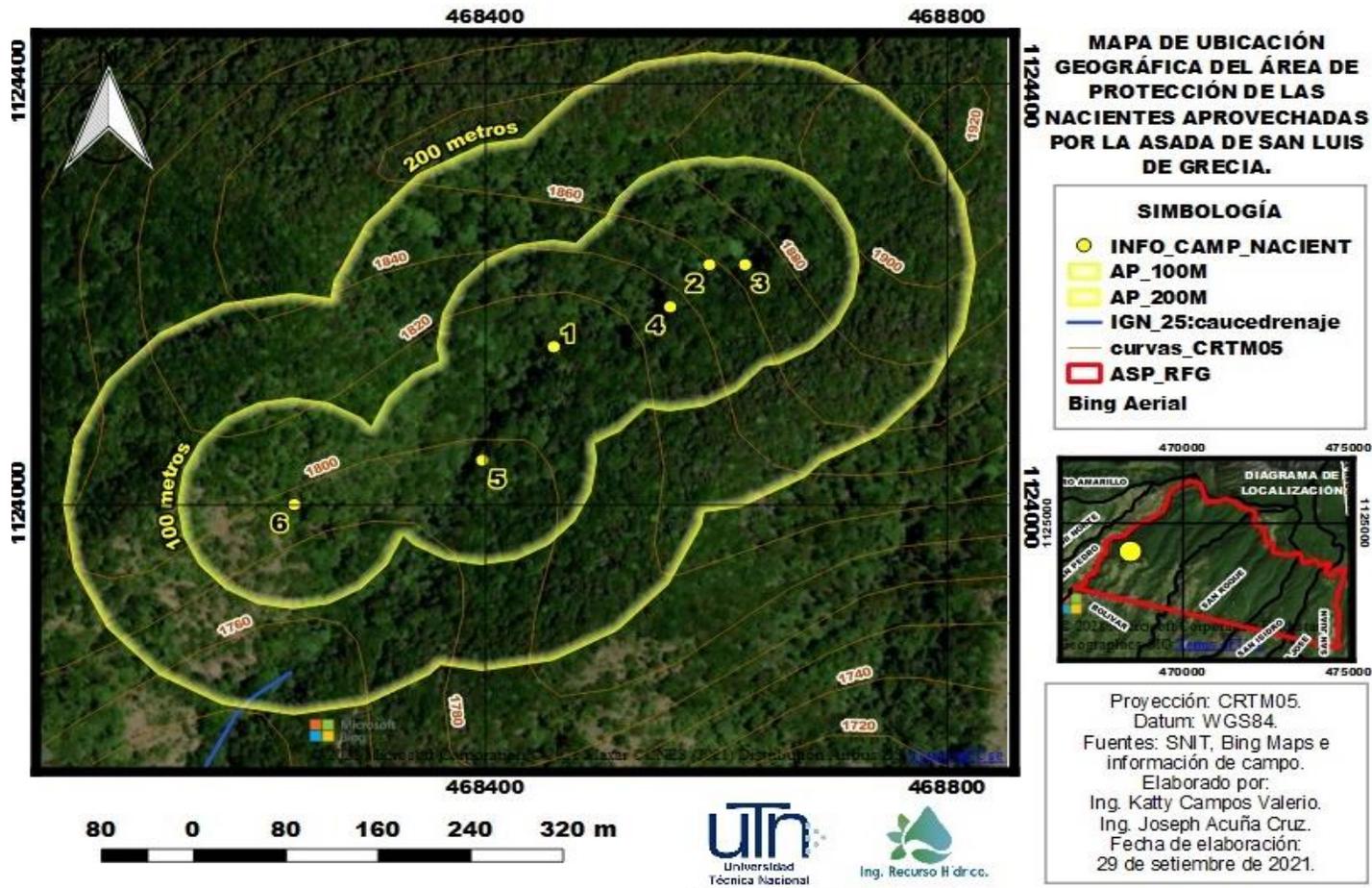


Figura 14. Mapa de ubicación geográfica de las áreas de protección de las nacientes captadas por la ASADA de San Luis de Grecia

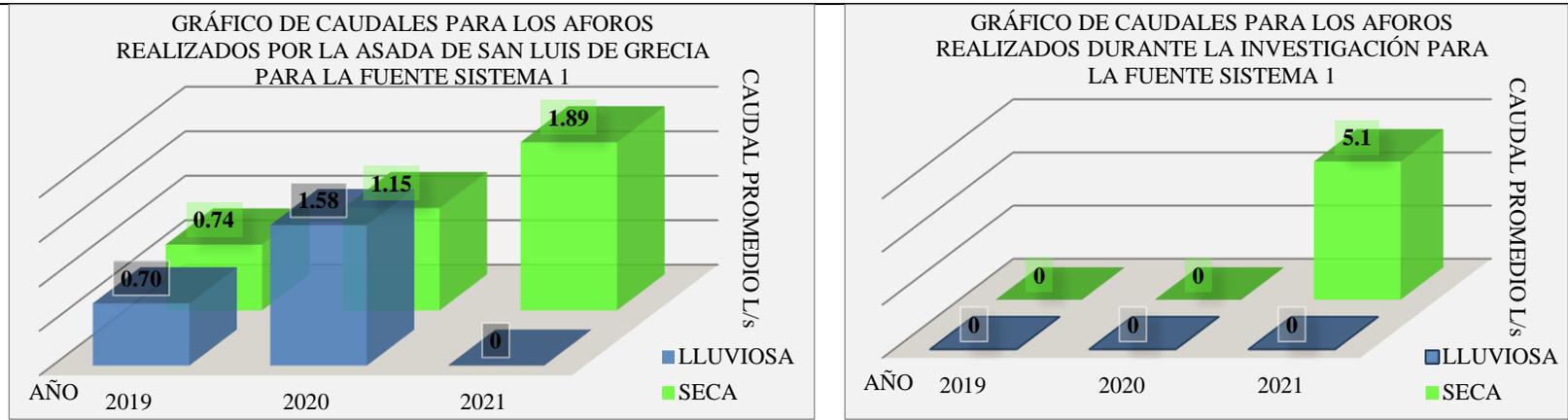
Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

El estudio de comparación entre los resultados de los aforos efectuados en un periodo de tres años por funcionarios de la ASADA durante la época seca y lluviosa, y el resultado del aforo realizado durante esta investigación, correspondiente a la época seca del año 2021 permiten definir características importantes de la capacidad hídrica de cada una de las fuentes. A continuación, en la tabla 8, se detallan los resultados promedio de los aforos de cada año realizados por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación para cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 8

*Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA de San Luis de Grecia durante los años 2019, 2020 y 2021, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época seca del año 2021 para la Fuente Sistema 1*

<b>Fuente Sistema 1</b>					
<b>Datos generados por la ASADA</b>			<b>Datos generados durante la investigación</b>		
<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>	<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>
	2019	0.70		2019	-
Lluviosa	2020	1.58	Lluviosa	2020	-
	2021	0		2021	-
	2019	0.74		2019	-
Seca	2020	1.15	Seca	2020	-
	2021	1.89		2021	5.1



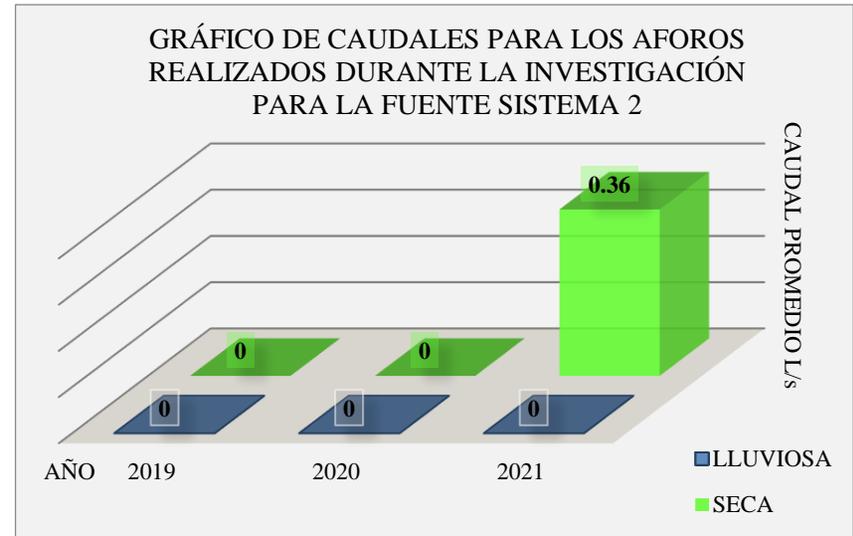
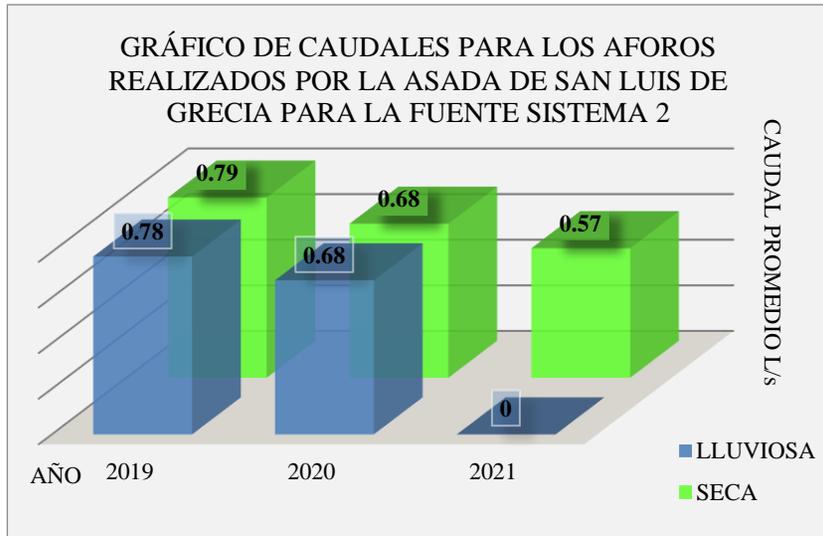
Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 9

Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA de San Luis de Grecia durante los años 2019, 2020 y 2021, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época seca del año 2021 para la Fuente Sistema 2

<b>Fuente Sistema 2</b>					
<b>Datos generados por la ASADA</b>			<b>Datos generados durante la investigación</b>		
<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>	<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>
Lluviosa	2019	0.78	Lluviosa	2019	-
	2020	0.68		2020	-
	2021	0		2021	-

	2019	0.79		2019	-
Seca	2020	0.68	Seca	2020	-
	2021	0.57		2021	0.36



Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

### Resultados de los muestreos de calidad del agua

A continuación, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante el muestreo de calidad del agua para cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 10

*Registro del análisis de calidad del agua realizado en campo para las fuentes de la ASADA de San Luis de Grecia*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura</b> °C	<b>Turbidez</b> Ntu	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
1	Naciente sin nombre (Sistema 1)	7.02	18.7	0	0	0
2	Naciente sin nombre (Sistema 1)	7.02	18.7	0	0	0
3	Naciente sin nombre (Sistema 1)	7.02	18.7	0	0	0
4	Naciente sin nombre (Sistema 1)	7.02	18.7	0	0	0
5	Quebrada sin nombre (Sistema 1)	7.02	18.7	0	0	0
6	Naciente sin nombre (Sistema 2)	7.02	18.7	0	0	0

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 11

*Resultados promedio de los análisis de calidad realizados en los años 2018, 2019 y 2020 por la ASADA de San Luis de Grecia mediante laboratorio acreditado*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Turbidez Ntu</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
1	Naciente sin nombre (Sistema 1)	6.82	20.30	0.24	0	0
2	Naciente sin nombre (Sistema 1)	6.82	20.30	0.24	0	0
3	Naciente sin nombre (Sistema 1)	6.82	20.30	0.24	0	0
4	Naciente sin nombre (Sistema 1)	6.82	20.30	0.24	0	0
5	Quebrada sin nombre (Sistema 1)	6.82	20.30	0.24	0	0
6	Naciente sin nombre (Sistema 2)	6.84	19.10	0.28	0	0

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Para la comparación de los resultados de la calidad del agua de las diferentes fuentes aprovechadas por la ASADA de San Luis de Grecia, se analizan los resultados obtenidos por un periodo de tres años realizados por un laboratorio certificado, en comparación con el resultado obtenido *in situ* durante la investigación. A continuación, se presenta un gráfico comparativo con ambos resultados.

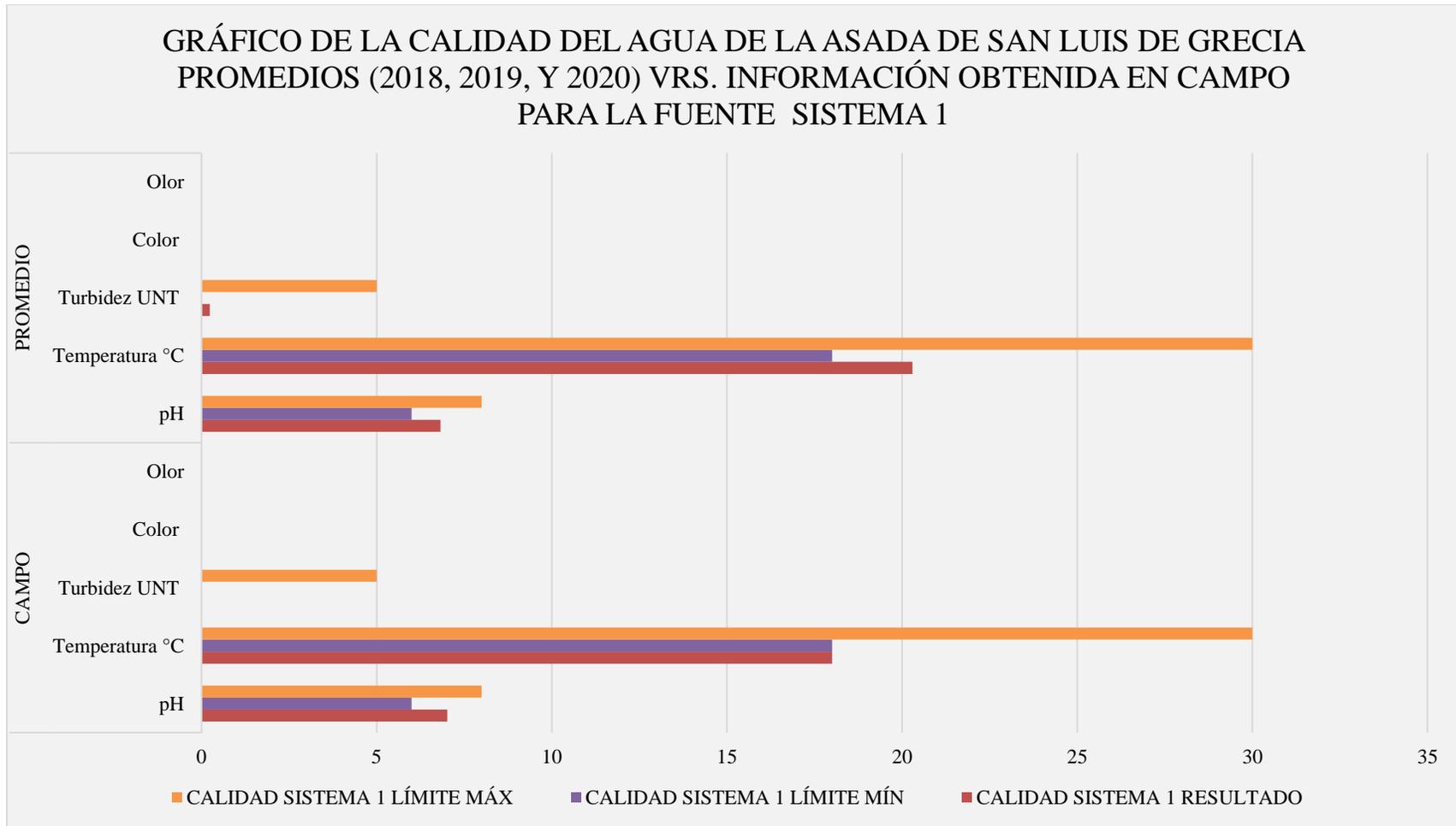


Figura 15. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de San Luis de Grecia, promedios (2018, 2019, y 2020) vrs. información obtenida en campo para la Fuente Sistema 1

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

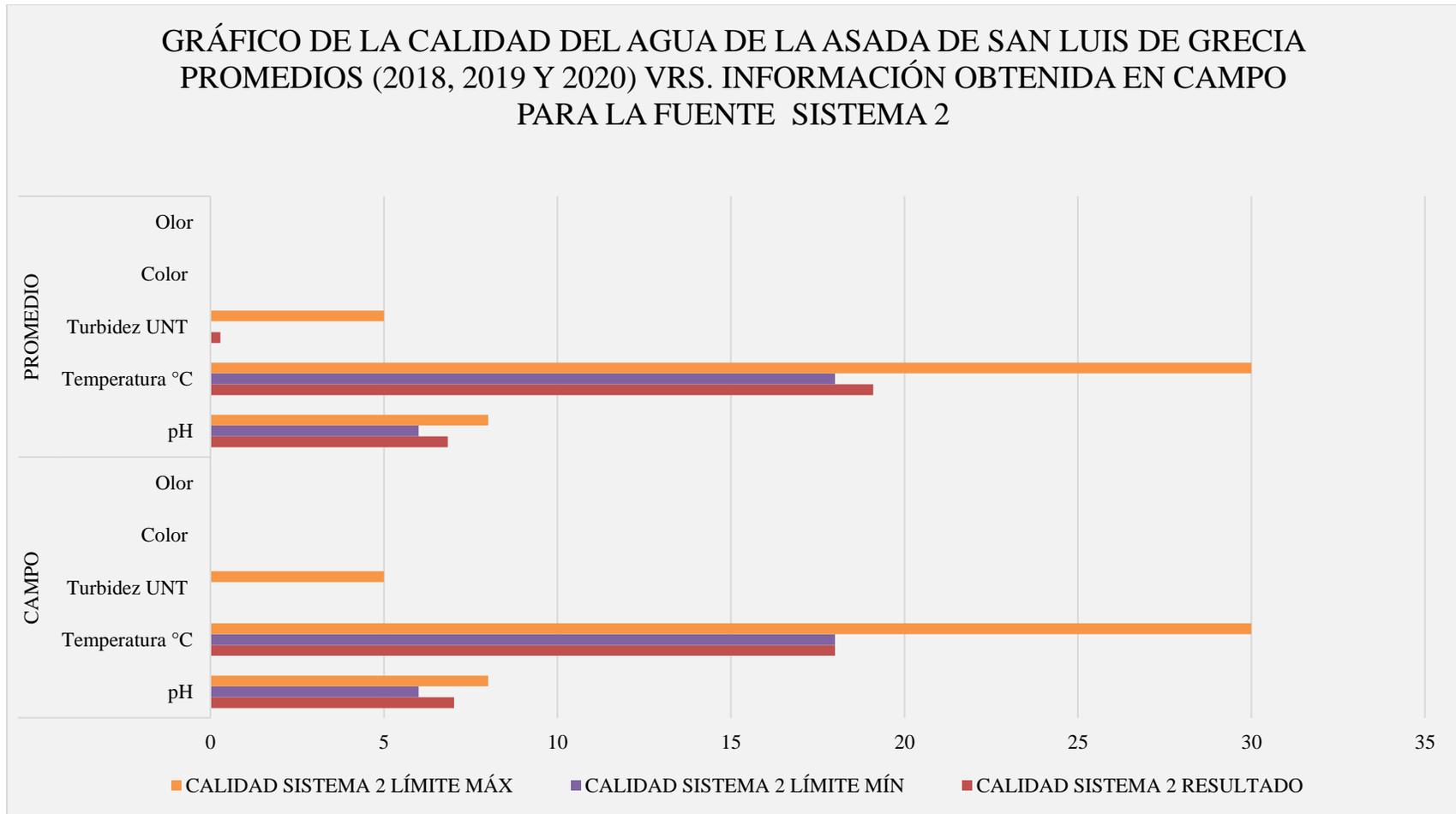


Figura 16. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de San Luis de Grecia, Promedios (2018, 2019, y 2020) vrs. información obtenida en campo para la Fuente Sistema 2

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

## **Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de San Miguel de Grecia**

La ASADA de San Miguel de Grecia se encuentra ubicada en el poblado de San Miguel, distrito de San Roque en el cantón de Grecia. Sus oficinas se ubican 100 metros noreste del Ebais de San Roque y ofrece como contacto los números telefónicos 2444-0429 / 8353-1486 y el correo electrónico [acueductodesanmiguel@hotmail.com](mailto:acueductodesanmiguel@hotmail.com).

Para la determinación de las condiciones actuales de las fuentes que se encuentran dentro de la RFG y son utilizadas por este acueducto, se llevó a cabo una visita el día 15 de mayo del año 2021 en compañía del señor Carlos Alvarado, miembro de la ASADA. Durante la visita, se realizaron pruebas de caudal, calidad, ubicación de precisión, visualización de la vegetación, cobertura boscosa y sobrevuelo para el levantamiento de fotografías y videos aéreos. A continuación, se describen los resultados obtenidos durante las pruebas.

### **Resultados de aforos y ubicaciones**

A continuación, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante la realización de aforos y georreferenciación de la ubicación de cada una de las fuentes.

Tabla 12

*Registro de aforos y ubicaciones obtenidas en campo para las fuentes de la ASADA de San Miguel de Grecia ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia*

Id	Fuente	Caudal total L/s	Fecha aforo	Caudal aprovechado L/s	Ubicación CRTM05		Altura MSNM
					Longitud	Latitud	
1	Naciente sin nombre (Suzo 1)	0.115	15/05/2021	0.115	469564	1122782	1629
2	Naciente sin nombre (Suzo 2)	0.115	15/05/2021	0.115	469557	1122791	1652
3	Naciente sin nombre (Los Pedros)	-	-	-	469676	1122171	1603
4	Naciente sin nombre (La Cueva 1)	0.98	15/05/2021	0.98	469210	1122292	1605
5	Quebrada sin nombre (La Cueva 2)	0.98	15/05/2021	0.98	469200	1122286	1605
6	Naciente sin nombre (La Cueva 3)	0.98	15/05/2021	0.98	469191	1122298	1605

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 13

*Registro de aforos y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE para la ASADA de San Miguel de Grecia en las fuentes ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia*

Id	Fuente	Caudal autorizado L/S	Uso autorizado	Ubicación CRTM05	
				Longitud	Latitud
1	F3 Los Pedros	0	-	470194.6054	1123626.896
2	F1 Los Zusos	0	-	470195.6317	1124627.822
3	F2 Los Carlos	0	-	470195.6317	1124627.822

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

A continuación, se muestra el mapa con las ubicaciones de las fuentes aprovechadas por la ASADA de San Miguel de Grecia, contraponiendo la información georreferenciada obtenida en campo, con las ubicaciones registradas en el SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE.

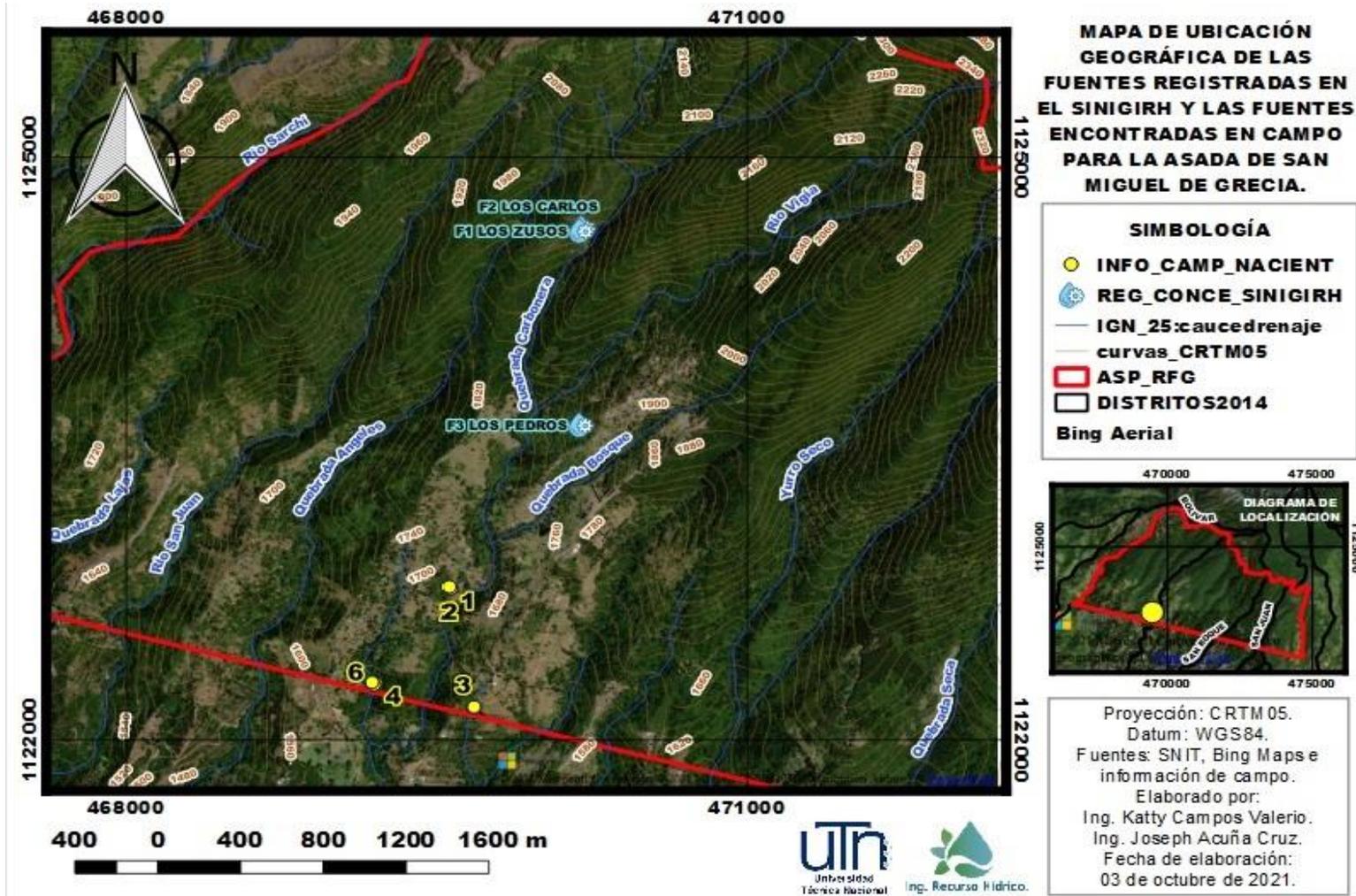


Figura 17. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en el SINIGIRH y las fuentes encontradas en campo para la ASADA de San Miguel de Grecia

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

Para cada una de las fuentes reflejadas en los siguientes mapas, se toma como referencia la ubicación obtenida en campo, denotando el área de protección que establece la Ley N° 7575 de 1996 en su artículo 33 y la Ley de Aguas N° 276 en su artículo 31.

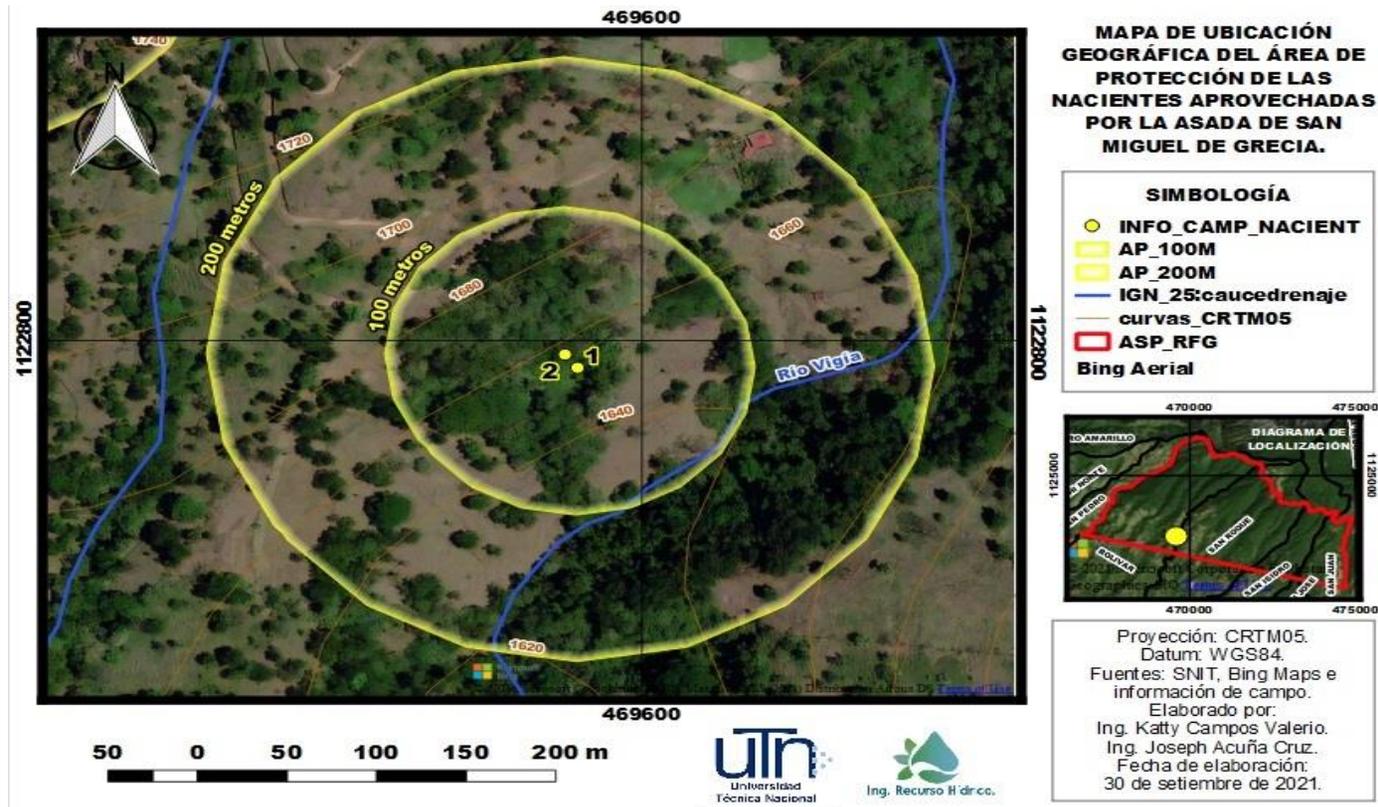


Figura 18. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo para la ASADA de San Miguel de Grecia y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996 en su artículo 33 y la Ley de Aguas N° 276 en su artículo 31, fuentes Suzo 1 y Suzo 2

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

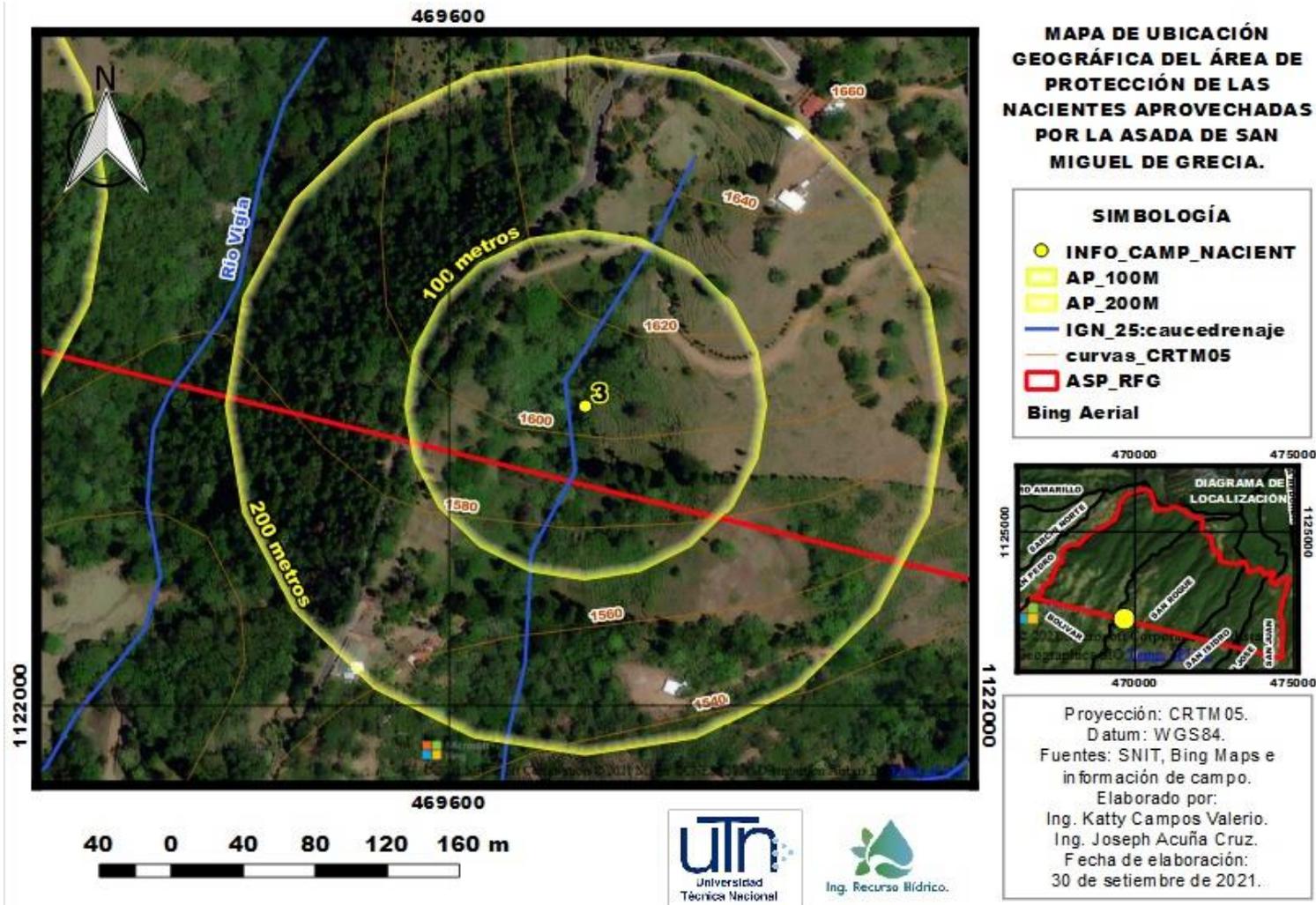
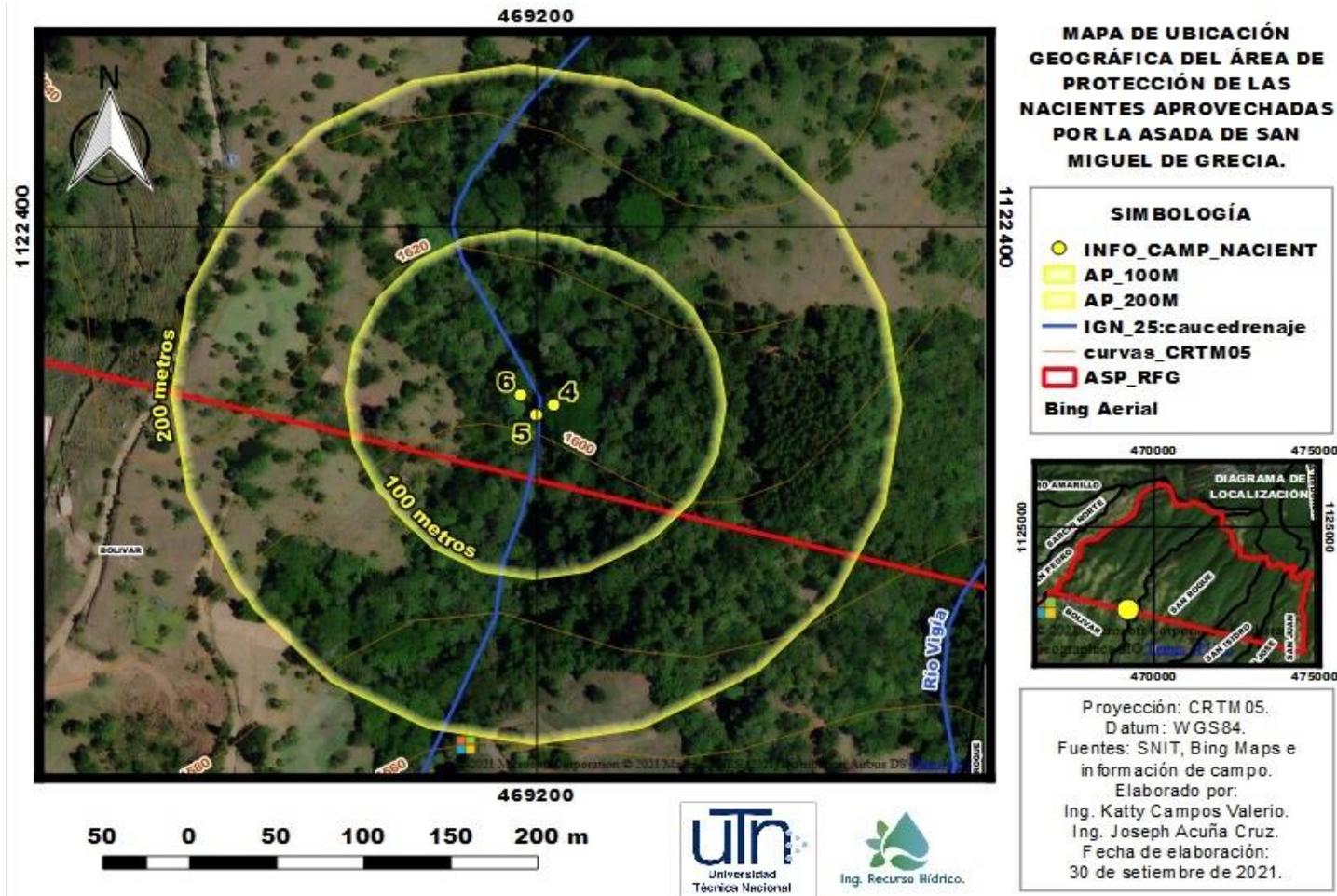


Figura 19. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo de San Miguel de Grecia y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996, en su artículo 33 y la Ley de Aguas N° 276 en su artículo 31, Fuente Los Pedros

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo



*Figura 19.* Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo de San Miguel de Grecia y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996 en su artículo 33 y la Ley de Aguas N° 276 en su artículo 31, fuentes La Cueva 1, La Cueva 2 y La Cueva 3

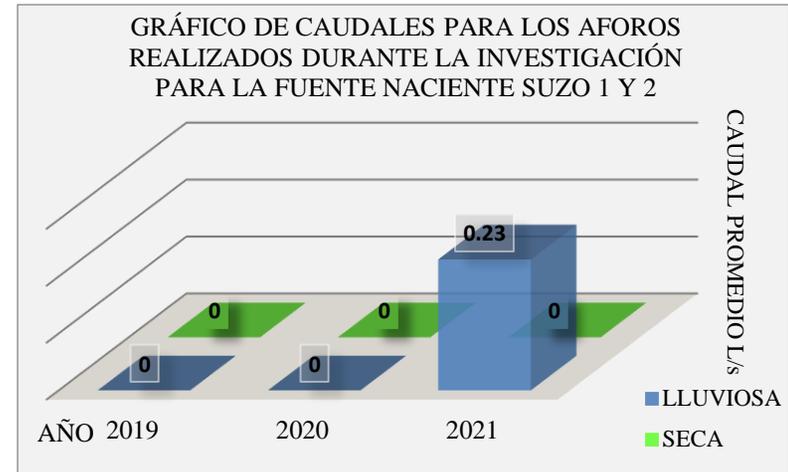
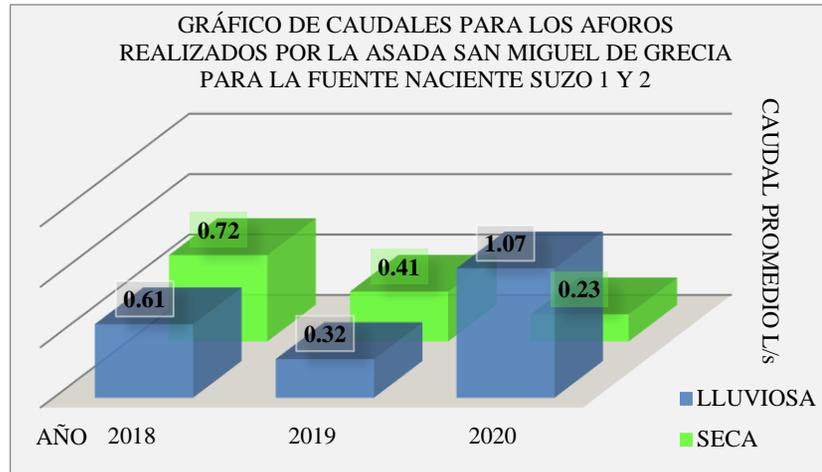
Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

El estudio de comparación realizado con los resultados de los aforos efectuados en un periodo de tres años por funcionarios de la ASADA de San Miguel de Grecia durante las épocas seca y lluviosa, y el resultado del aforo realizado durante esta investigación correspondiente a la época lluviosa del año 2021 permiten definir características importantes de la capacidad hídrica de cada una de las fuentes. A continuación, en la tabla 14, se detallan los resultados promedio de cada año para los aforos realizados por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación para cada una de las fuentes.

Tabla 14

*Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA de San Miguel de Grecia durante los años 2018, 2019 y 2020, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época lluviosa del año 2021 para la fuente naciente Suzo 1 y 2*

<b>Fuente naciente Suzo 1 y 2</b>					
<b>Datos generados por la ASADA</b>			<b>Datos generados durante la investigación</b>		
<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>	<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>
	2018	0.61		2019	-
Lluviosa	2019	0.32	Lluviosa	2020	-
	2020	1.07		2021	0.23
	2018	0.72		2019	-
Seca	2019	0.41	Seca	2020	-
	2020	0.23		2021	-



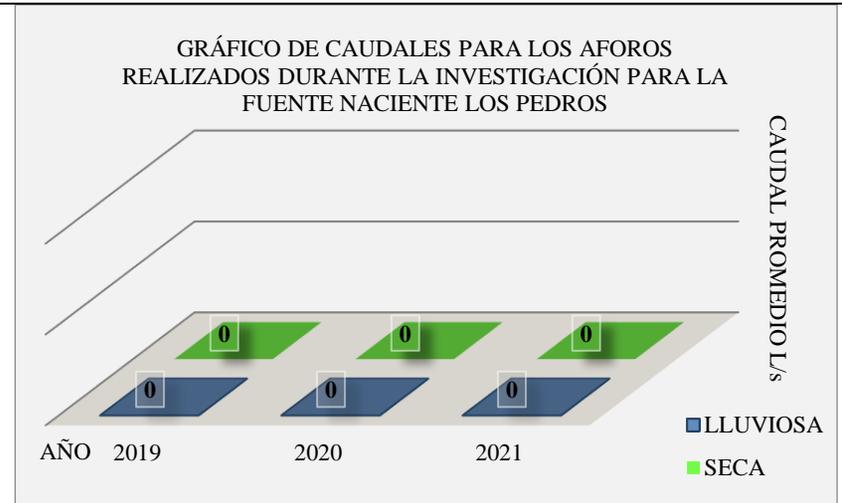
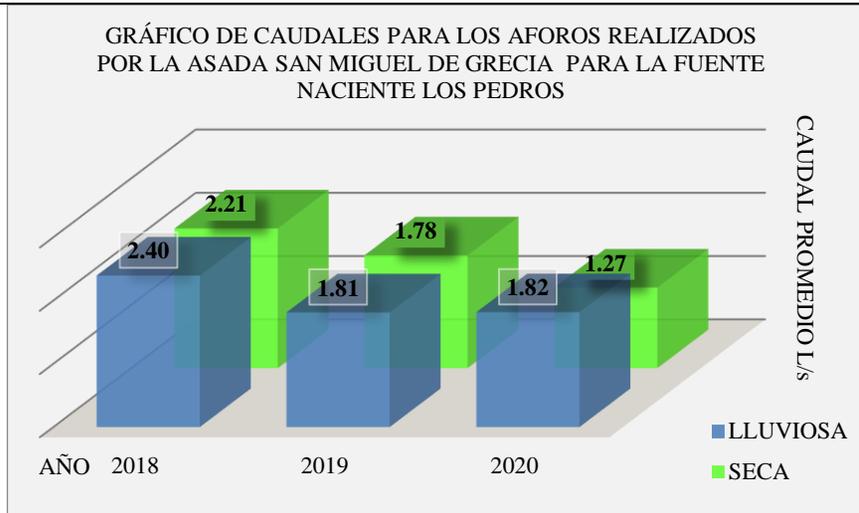
Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 15

Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA de San Miguel de Grecia durante los años 2018, 2019 y 2020, con el aforo realizado durante la investigación para la fuente naciente Los Pedros

Fuente naciente Los Pedros					
Datos generados por la ASADA			Datos generados durante la investigación		
Época	Año	Caudal promedio L/s	Época	Año	Caudal promedio L/s
	2018	2.40		2019	-
Lluviosa	2019	1.81	Lluviosa	2020	-

	2020	1.82		2021	-
	2018	2.21		2019	-
Seca	2019	1.78	Seca	2020	-
	2020	1.27		2021	-

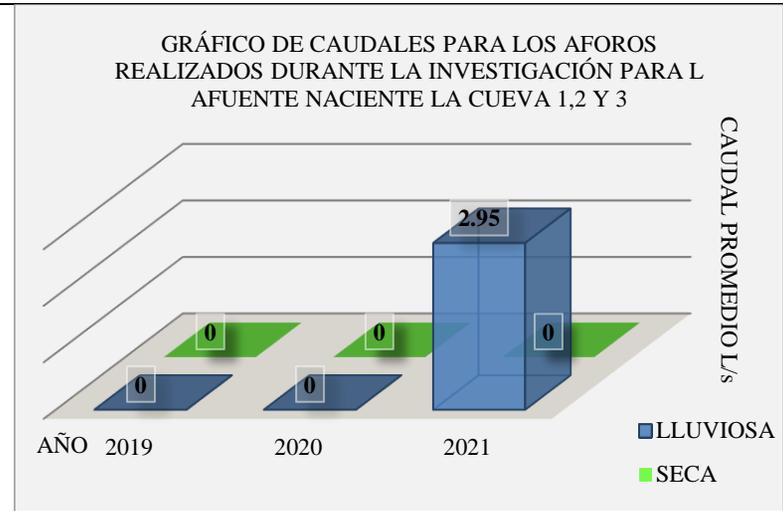
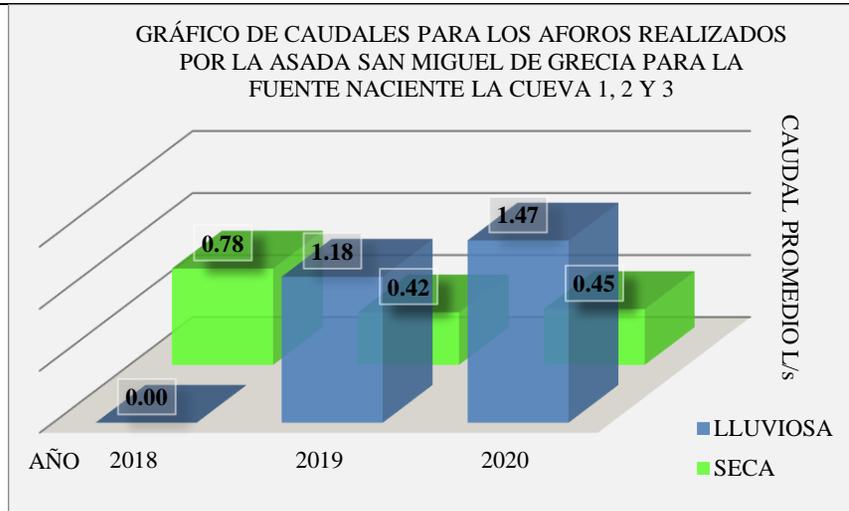


Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 16

*Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA de San Miguel de Grecia durante los años 2018, 2019 y 2020, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época lluviosa del año 2021 para la fuente naciente La Cueva 1, 2 y 3*

<b>Fuente naciente La Cueva 1, 2 Y 3</b>					
<b>Datos generados por la ASADA</b>			<b>Datos generados durante la investigación</b>		
<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>	<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>
	2018	0		2019	-
Lluviosa	2019	1.18	Lluviosa	2020	-
	2020	1.47		2021	2.95
	2018	0.78		2019	-
Seca	2019	0.42	Seca	2020	-
	2020	0.45		2021	-



Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

### Resultados de los muestreos de calidad del agua

A continuación, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante el muestreo de calidad del agua para cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 17

*Registro de análisis de calidad del agua realizado en campo para las fuentes de la ASADA de San Miguel de Grecia*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Turbidez Ntu</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
1	Naciente sin nombre (Suzo 1)	7.02	18.5	0	0	0
2	Naciente sin nombre (Suzo 2)	7.02	18.5	0	0	0
3	Naciente sin nombre (Los Pedros)	7.02	18.8	0-20	0	0
4	Naciente sin nombre (La Cueva 1)	7.02	19.1	0	0	0
5	Quebrada sin nombre (La Cueva 2)	7.02	19.1	0	0	0
6	Naciente sin nombre (La Cueva 3)	7.02	19.1	0	0	0

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 18

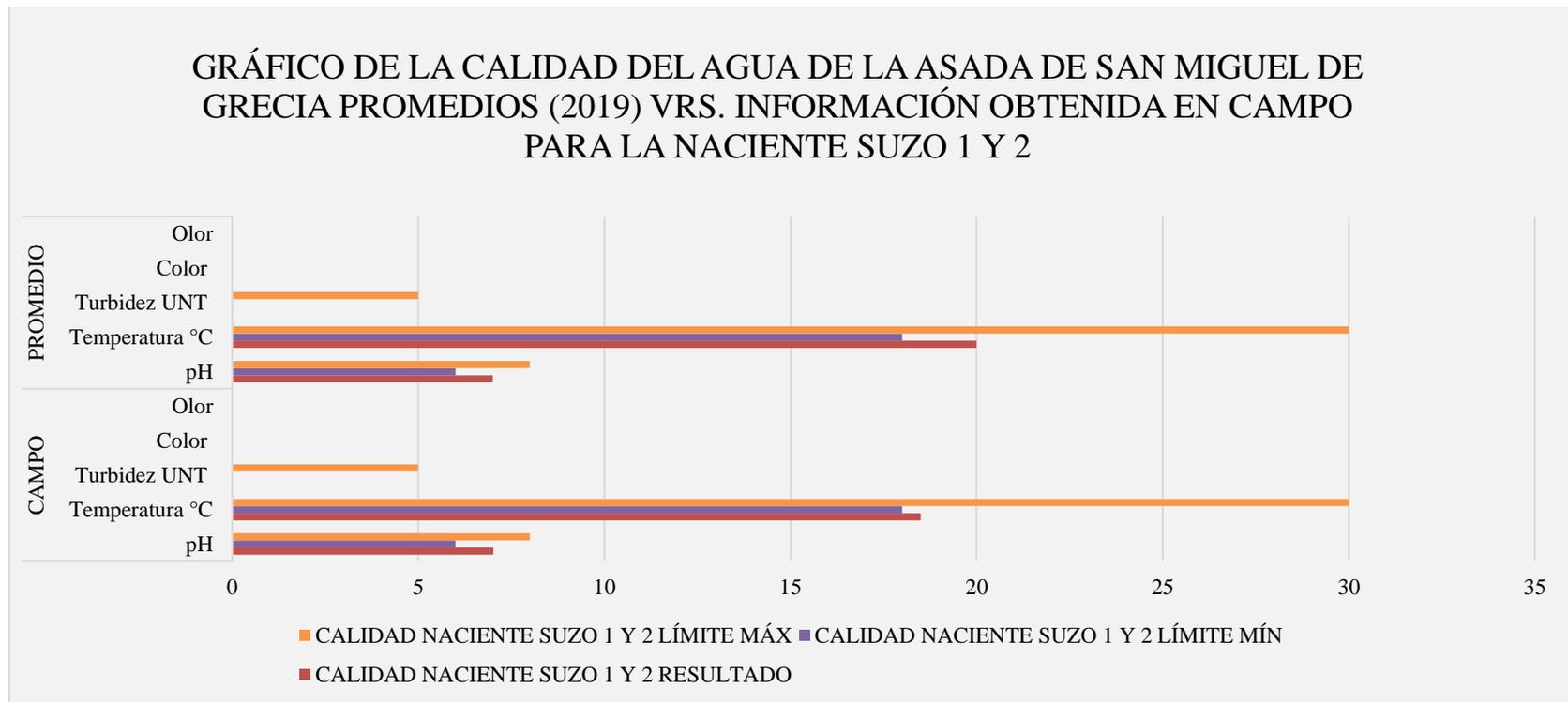
*Resultados promedio de los análisis de calidad realizados en el año 2019 por la ASADA de San Miguel de Grecia mediante laboratorio acreditado*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Turbidez Ntu</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
1	Naciente sin nombre (Suzo 1)	7	20	0	0	0
2	Naciente sin nombre (Suzo 2)	7	20	0	0	0
3	Naciente sin nombre (Los Pedros)	6.9	20	0.02	0	0

4	Naciente sin nombre (La Cueva 1)	7.2	20	0.02	0	0
5	Quebrada sin nombre (La Cueva 2)	7.2	20	0.02	0	0
6	Naciente sin nombre (La Cueva 3)	7.2	20	0.02	0	0

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Para la comparación de los resultados de la calidad del agua de las diferentes fuentes aprovechadas por la ASADA de San Miguel de Grecia, se analizan los resultados obtenidos por un periodo de un año por parte de un laboratorio certificado, en comparación con el resultado obtenido *in situ* durante la investigación. A continuación, se presenta un gráfico comparativo de ambos resultados.



*Figura 20.* Resultados de la calidad del agua de la ASADA de San Miguel de Grecia Promedios (2018, 2019 y 2020) vrs. información obtenida en campo para la fuente naciente Suzo 1 y 2

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

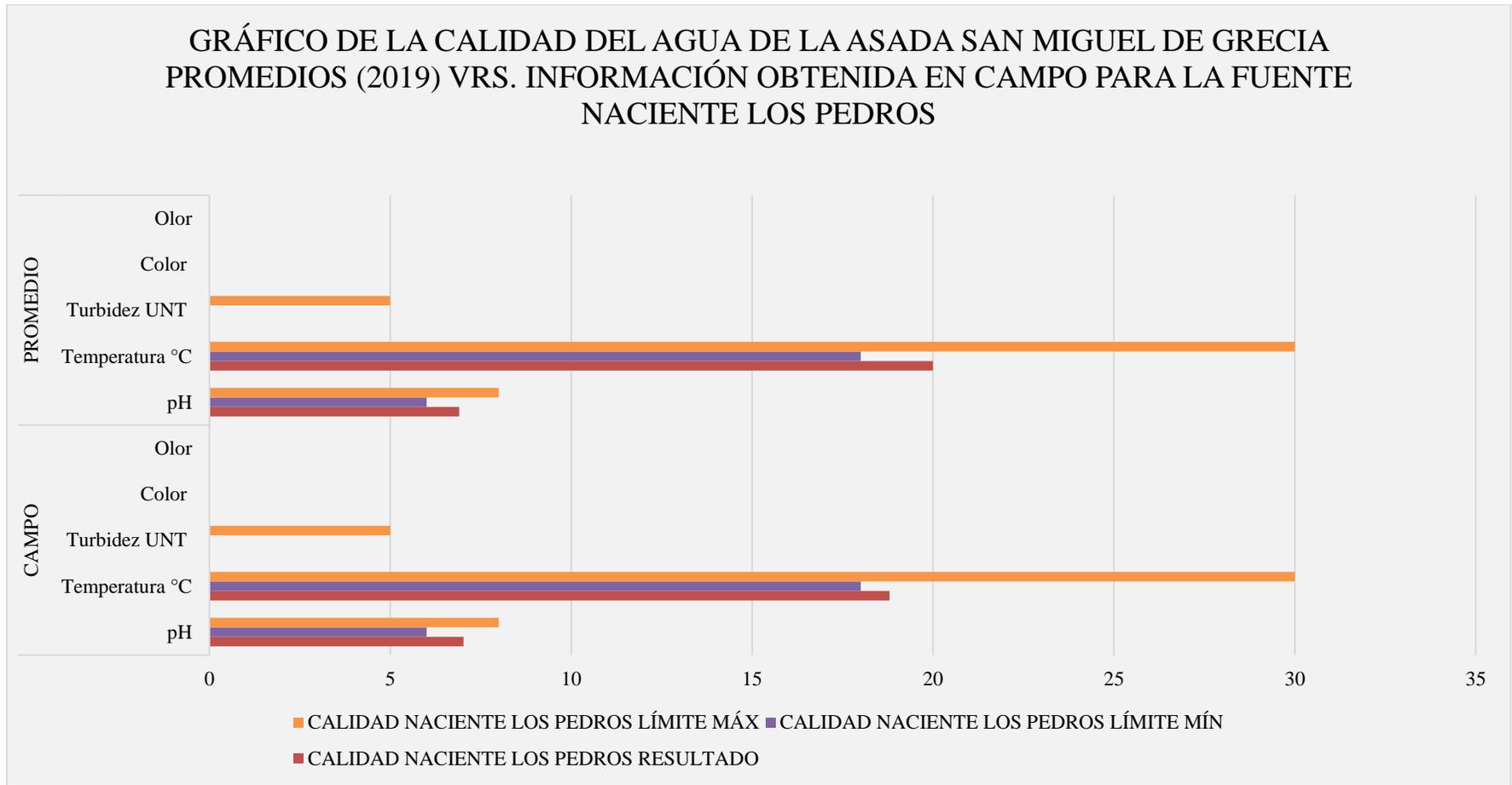


Figura 21. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de San Miguel de Grecia Promedios (2018, 2019 y 2020) vrs. información obtenida en campo para la Fuente Los Pedros

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

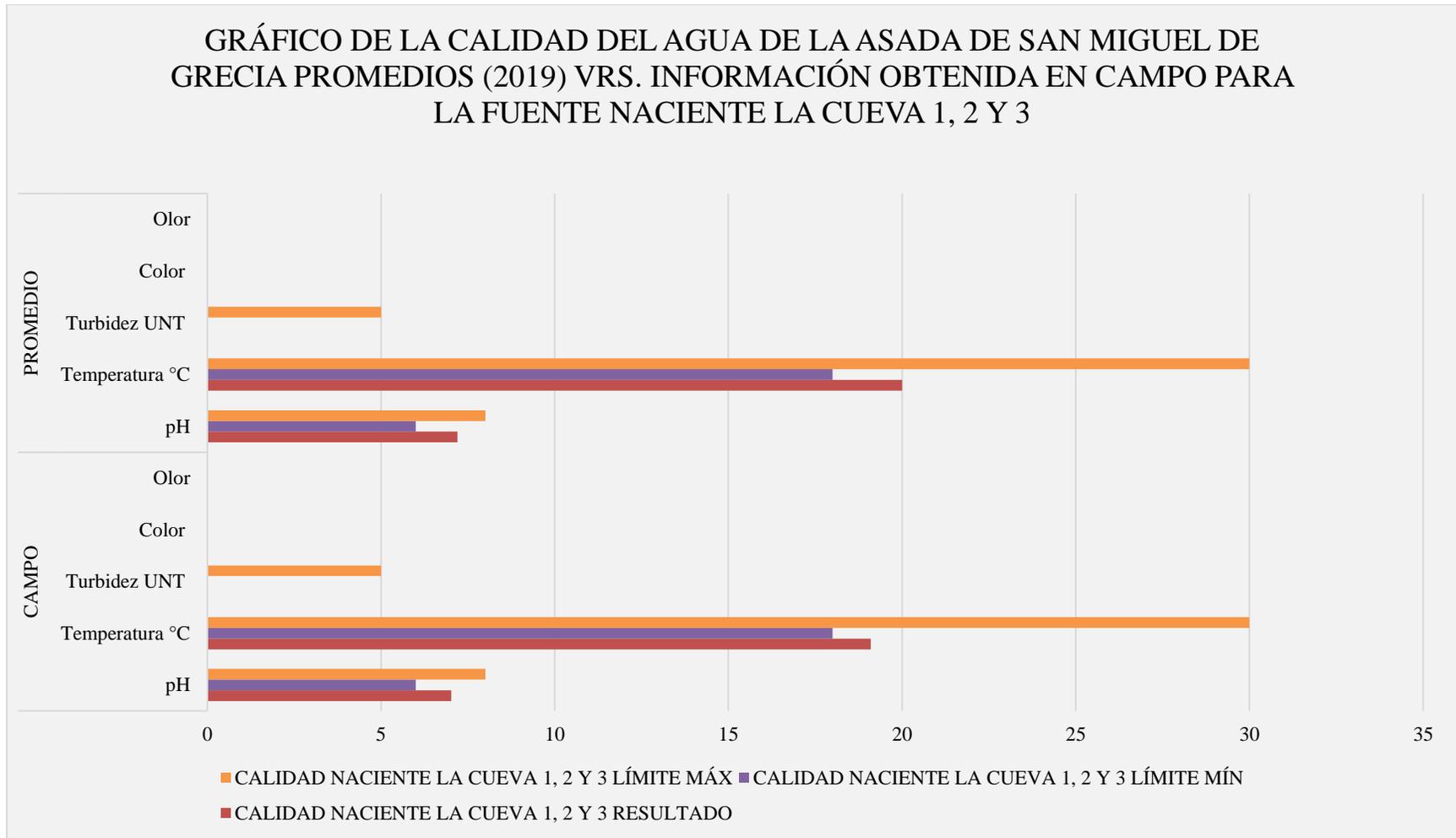


Figura 22. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de San Miguel de Grecia Promedios (2018, 2019, y 2020) vrs. información obtenida en campo para la Fuente La Cueva 1, 2 y 3

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

### **Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de Mastate**

La ASADA de Mastate se encuentra ubicada en el distrito de San Pedro del cantón de Poás. Sus oficinas se encuentran de la delegación de Poasito, 3 kilómetros norte carretera al volcán Poás. Ofrece como contacto el número telefónico 8822-6231 y el correo electrónico [asadaelmastate@hotmail.com](mailto:asadaelmastate@hotmail.com) .

Para la determinación de las condiciones actuales de las fuentes que se encuentran dentro de la RFG y son utilizadas por este acueducto, se llevó a cabo una visita el día 15 de mayo del año 2021 en compañía del señor Gilbert Núñez, miembro de la ASADA. Durante la visita, se realizaron pruebas de caudal, calidad, ubicación de precisión, visualización de la vegetación, cobertura boscosa y sobrevuelo para el levantamiento de fotografías y videos aéreos. A continuación, se describen los resultados obtenidos durante las pruebas.

#### **Resultados de aforos y ubicaciones**

Seguidamente, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante la realización de aforos y georreferenciación de la ubicación de cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 19

*Registro de aforos y ubicaciones obtenidos en campo para las fuentes de la ASADA El Mastate ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia*

Id	Fuente	Caudal total	Fecha de	Caudal aprovechado	Ubicación CRTM05		Altura
		L/s	aforo	L/s	Longitud	Latitud	MSNM
1	Naciente sin nombre (Prendas 1)	19.975	15/02/2021	9.23	474617	1123380	2160
2	Naciente sin nombre (Prendas 2)	19.975	15/02/2021	9.23	474634	1123383	2160

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 20

*Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE para la ASADA El Mastate*

Id	Fuente	Caudal	Uso autorizado	Ubicación CRTM05	
		autorizado L/s		Longitud	Latitud
1	Prendas	0.77	Poblacional	474612	1123338

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Seguidamente, se muestra el mapa con las ubicaciones de las fuentes aprovechadas por la ASADA de Mastate con la información georreferenciada obtenida en campo.

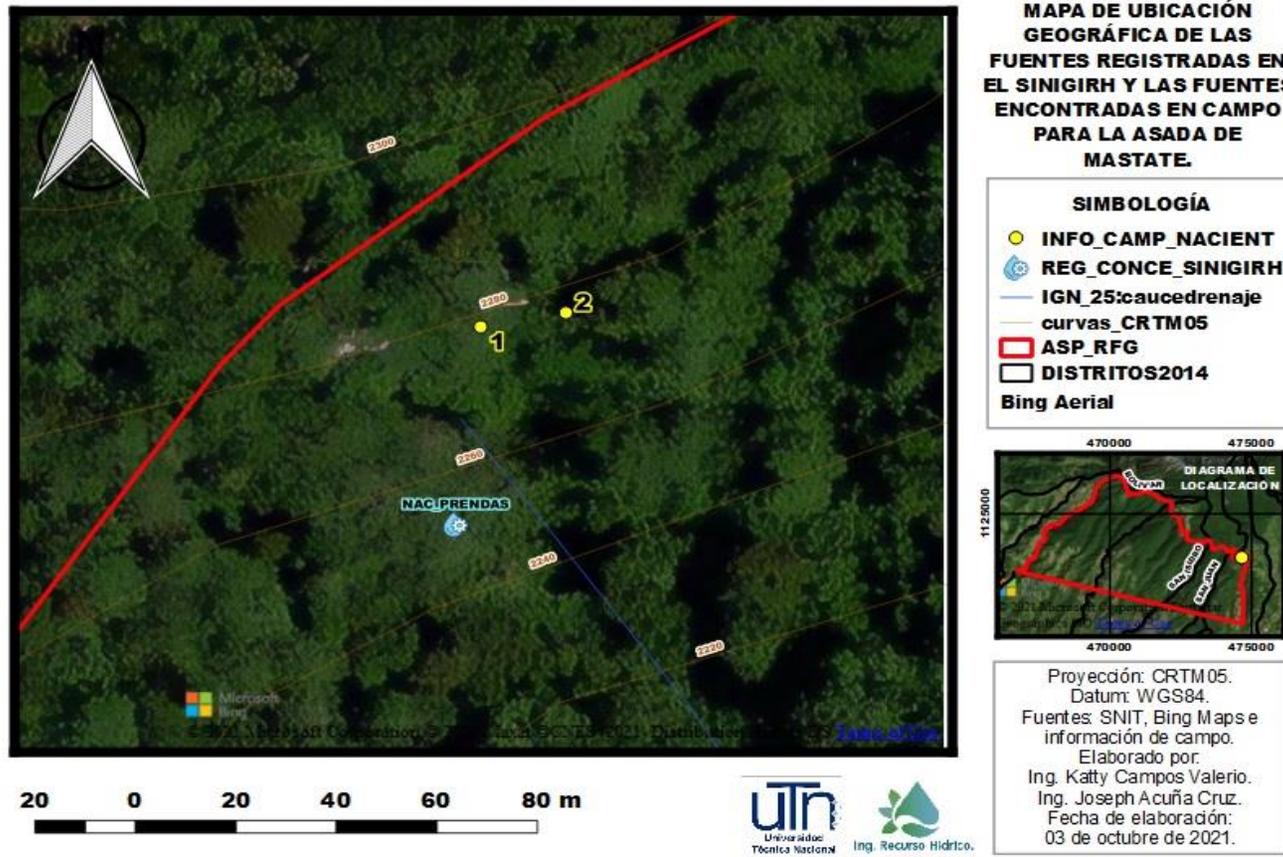


Figura 23. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en la base de datos del SINIGIRH para la ASADA El Mastate y las fuentes encontradas en campo

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

Para cada una de las fuentes reflejadas en el siguiente mapa, se toma como referencia la ubicación obtenida en campo, denotando el área de protección que establece la Ley N° 7575 de 1996 en su artículo 33 y la Ley de Aguas N° 276 en su artículo 31.

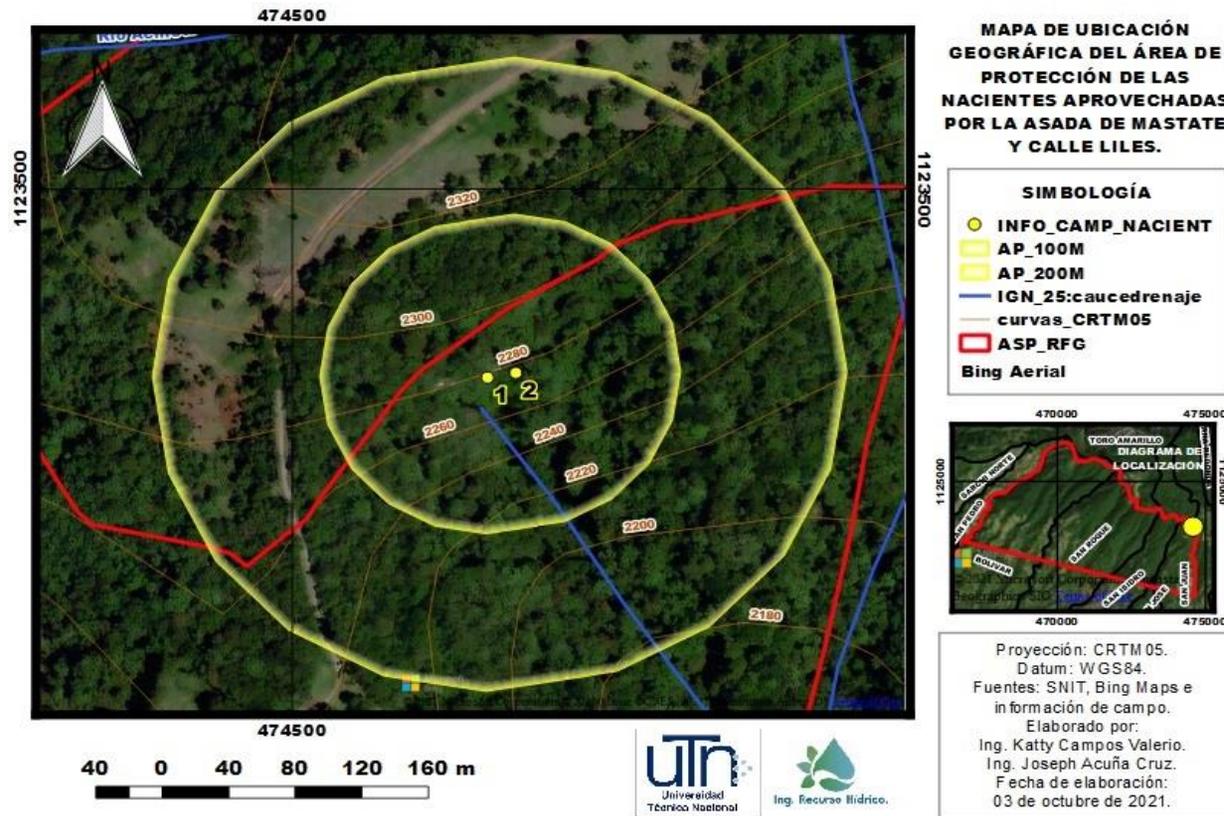


Figura 24. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo para la ASADA de Mastate y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996 en su artículo 33 y la Ley de Aguas N° 276 en su artículo 31, fuentes Prendas 1 y Prendas 2

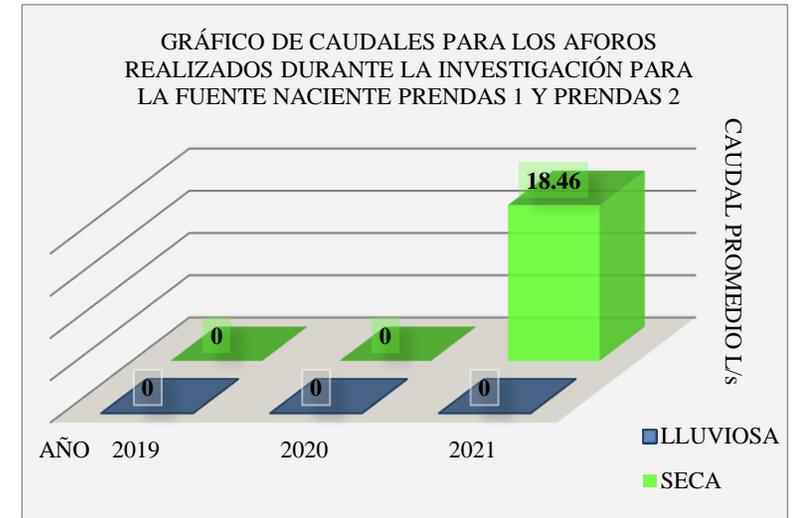
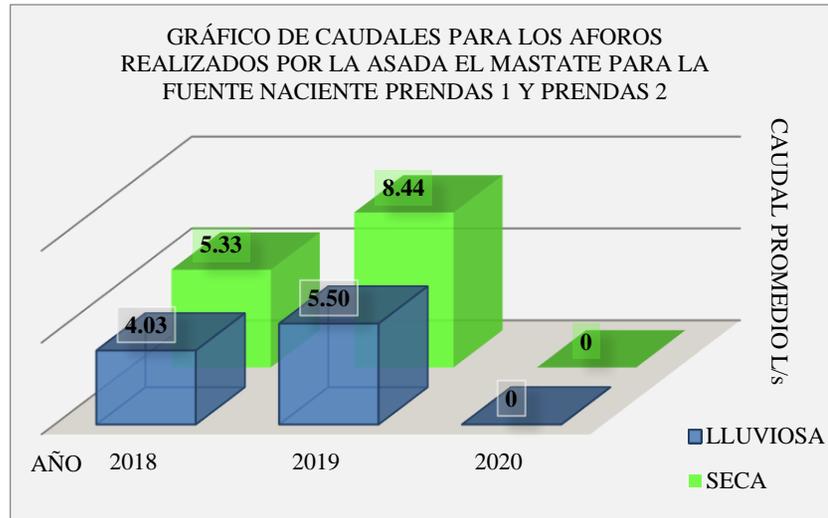
Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

El estudio comparativo entre los resultados de los aforos efectuados en un periodo de dos años por funcionarios de la ASADA de Mastate durante la época seca y lluviosa y el resultado del aforo realizado durante esta investigación, correspondiente a la época seca del año 2021 permiten definir características importantes de la capacidad hídrica de cada una de las fuentes. En la tabla 21, a continuación, se detallan los resultados promedio de cada año para los aforos realizados por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación para cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 21

*Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA de Mastate durante los años 2018, 2019 y 2020 con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época seca del año 2021*

<b>Fuente naciente Prendas 1 y Prendas 2</b>					
<b>Datos generados por la ASADA</b>			<b>Datos generados durante la investigación</b>		
<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>	<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>
	2018	4.03		2019	-
Lluviosa	2019	5.50	Lluviosa	2020	-
	2020	0		2021	-
	2018	5.33		2019	-
Seca	2019	8.44	Seca	2020	-
	2020	-		2021	18.46



Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

### Resultados de los muestreos de calidad del agua

A continuación, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante el muestreo de calidad del agua para cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 22

*Registro del análisis de calidad del agua realizado en campo para las fuentes de la ASADA El Mastate*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Turbidez Ntu</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
1	Naciente sin nombre (Prendas 1)	7.03	15.5	0	0	0
2	Naciente sin nombre (Prendas 2)	7.03	15.5	0	0	0

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 23

*Resultados promedio de los análisis de calidad realizados en el año 2020 por la ASADA El Mastate mediante laboratorio acreditado*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Turbidez Ntu</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
1	Naciente sin nombre (Prendas 1)	6.72	17	0.24	0	0
2	Naciente sin nombre (Prendas 2)	6.72	17	0.24	0	0

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Para la comparación de los resultados de la calidad del agua de las diferentes fuentes aprovechadas por la ASADA de Mastate, se analizan los resultados obtenidos en un periodo de un año realizados por un laboratorio certificado, en comparación con el resultado obtenido *in situ* durante la investigación. A continuación, se presenta un gráfico comparativo con ambos resultados.

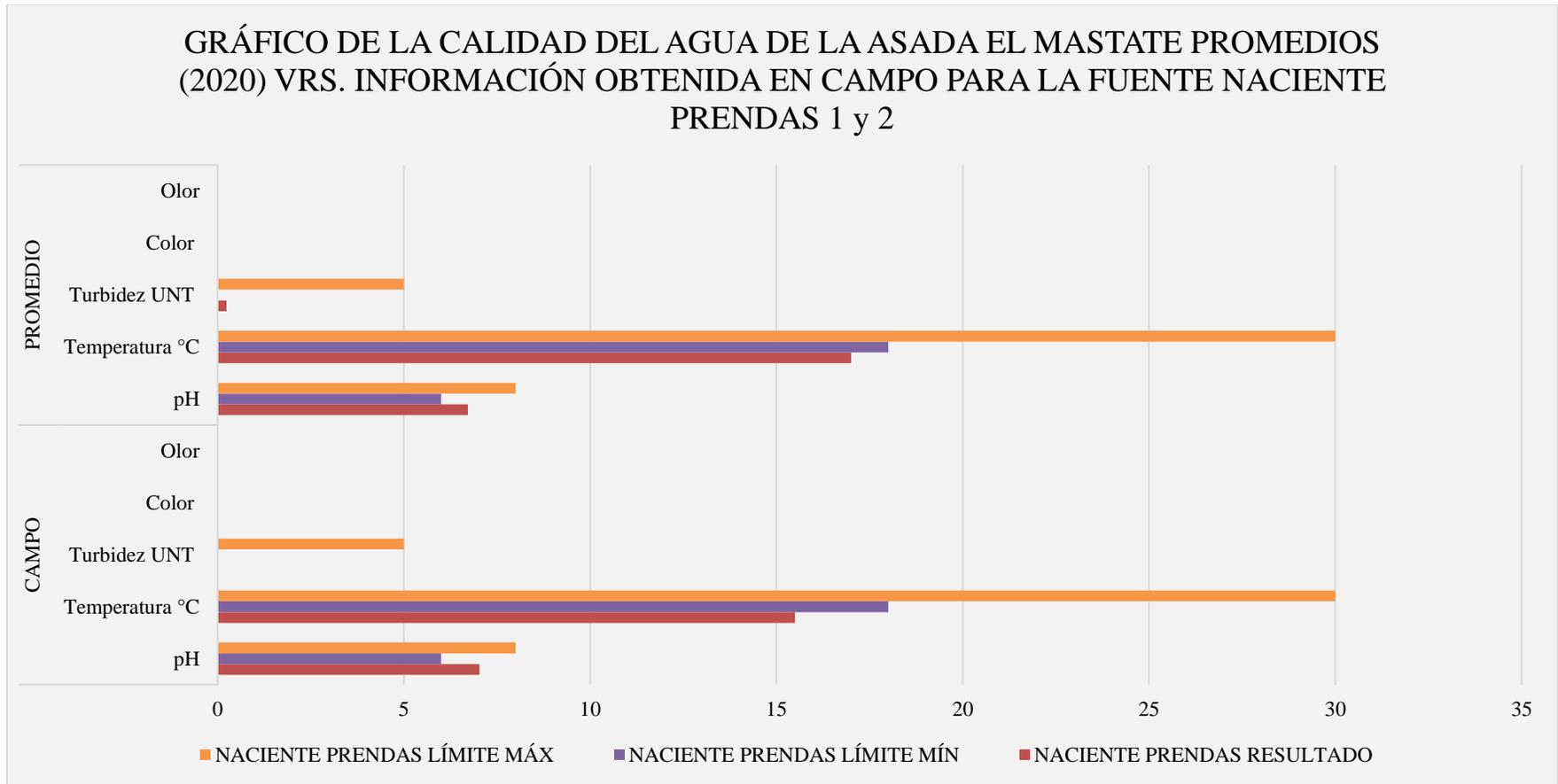


Figura 25. Resultados de la calidad del agua de la ASADA El Mastate, Promedios (2020) vrs. información obtenida en campo para la fuente naciente Prendas 1 y 2

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

## **Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de Calle San José-Calle Rodríguez**

La ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez se encuentra ubicada en el distrito de San José de Grecia. Sus oficinas se ubican de la Escuela Carlos Manuel Rodríguez 800 metros sureste camino a calle Rodríguez. Ofrece como contacto el número telefónico 2444-2576 y el correo electrónico [acueductocsj.crz@hotmail.com](mailto:acueductocsj.crz@hotmail.com) .

Para la determinación de las condiciones actuales de las fuentes superficiales que se encuentran dentro de la RFG y son utilizadas por este acueducto, se llevó a cabo una visita el día 22 de mayo del año 2021 en compañía del señor Alonso Rodríguez, miembro de la ASADA. Durante la visita, se realizaron pruebas de caudal, calidad, ubicación de precisión, visualización de la vegetación, cobertura boscosa y sobrevuelo para el levantamiento de fotografías y videos aéreos. A continuación, se describen los resultados obtenidos durante las pruebas.

### **Resultados de aforos y ubicaciones**

Seguidamente, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante la realización de aforos y georreferenciación de la ubicación de cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 24

*Registro de aforos y ubicaciones obtenidos en campo para las fuentes de la ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia*

Id	Fuente	Caudal total	Fecha de	Caudal	Ubicación CRTM05		Altura
		L/s	aforo	aprovechado L/s	Longitud	Latitud	MSNM
1	Naciente sin nombre (Prendas)	6.97	15/02/2021	6.25	474594	1123383	2160
2	Naciente sin nombre (Achiote)	4.73	15/02/2021	4	473872	1122920	2061

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 25

*Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE para la ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez*

Id	Fuente	Caudal	Uso autorizado	Ubicación CRTM05	
		autorizado L/s		Longitud	Latitud
1	F-2	-	-	473736.4233	1122736.329
2	Nac 2 Achiote	0.3	-	473848.1896	1122517.231
3	Nac Achiote 3	0.3	Poblacional	473846.1897	1122517.234

4	Nac Achiote 5	0.12	Poblacional	473864.1893	1122518.215
5	F-1	-	-	474285.7123	1122085.816
6	Nac Prendas 8	5.89	-	474583.5942	1122966.441
7	Prendas F-10	1.89	Poblacional	474634.0119	1123376.357
8	Prendas F-11	1.24	Poblacional	474628.9979	1123362.363

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

A continuación, se muestra el mapa con las ubicaciones de las fuentes aprovechadas por la ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez, contraponiendo la información georreferenciada obtenida en campo con las ubicaciones registradas en el SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE.

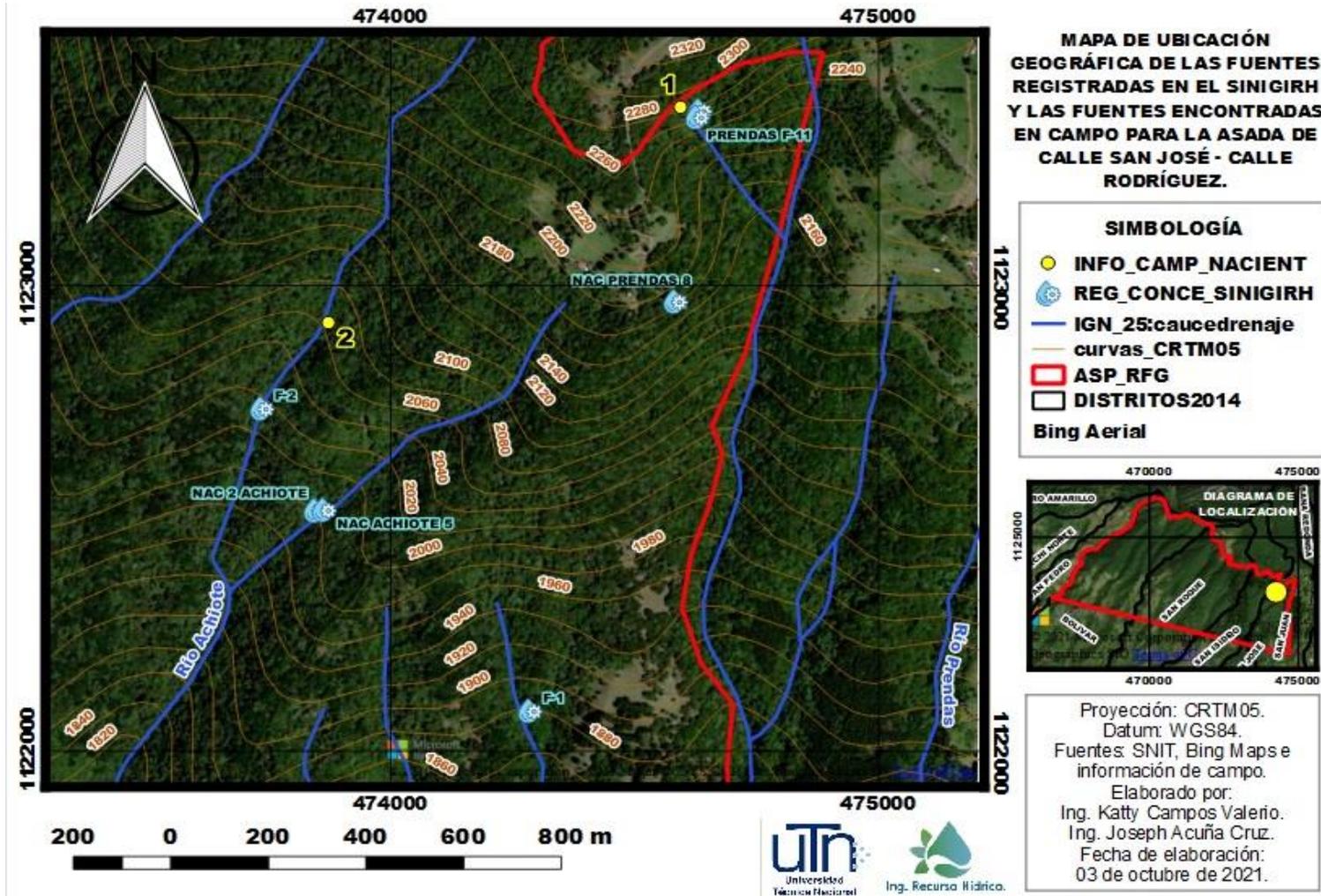


Figura 26. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en la base de datos del SINIGIRH para la ASADA de Calle San José-Calle Rodríguez, y las fuentes encontradas en campo

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

Para cada una de las fuentes, se toma como referencia la ubicación obtenida en campo, denotando el área de protección que establece la Ley N° 7575 de 1996 en su artículo 33 y la Ley de Aguas N° 276 en su artículo 31.

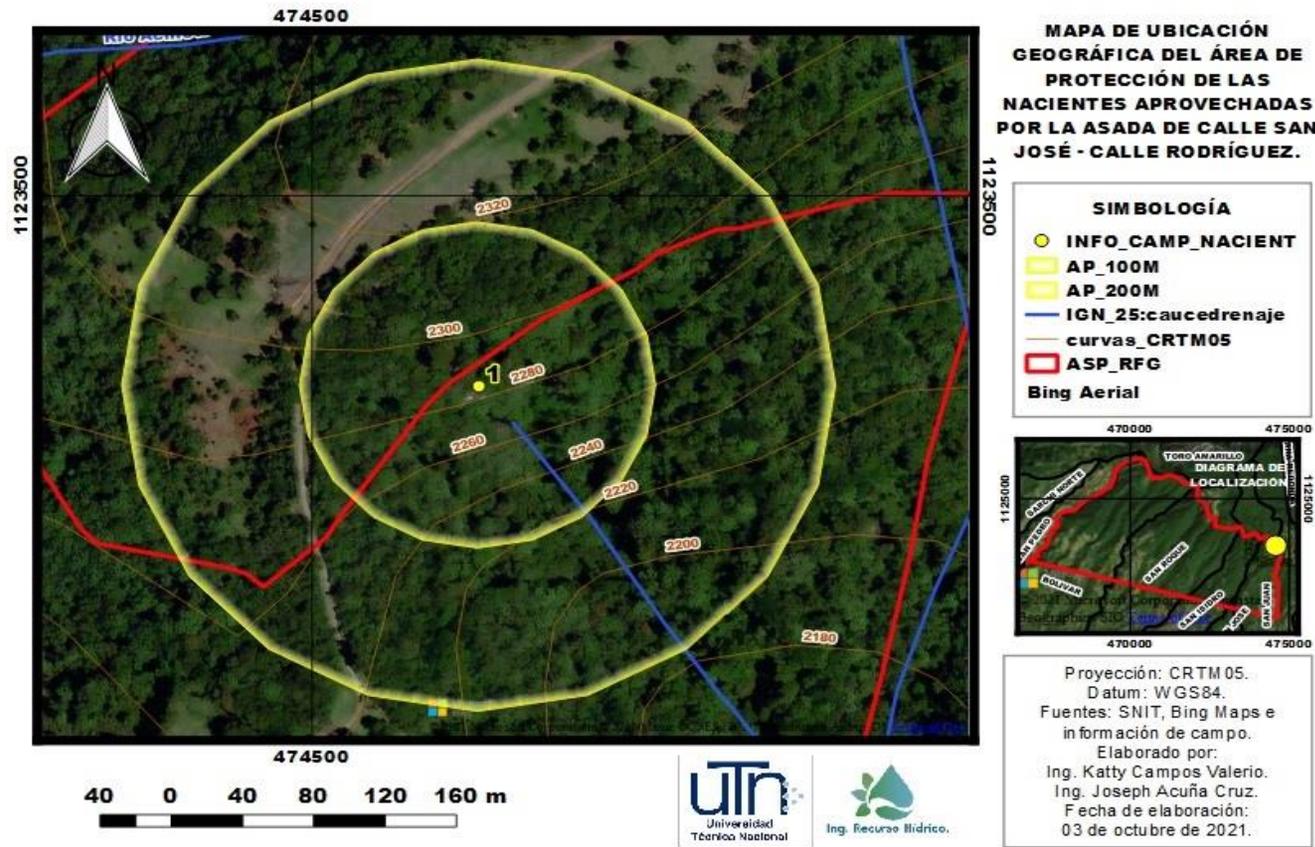


Figura 27. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996 en su artículo 33 y la Ley de Aguas N° 276, en su artículo 31, fuente Prendas, ASADA Calle San José - Calle Rodríguez

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

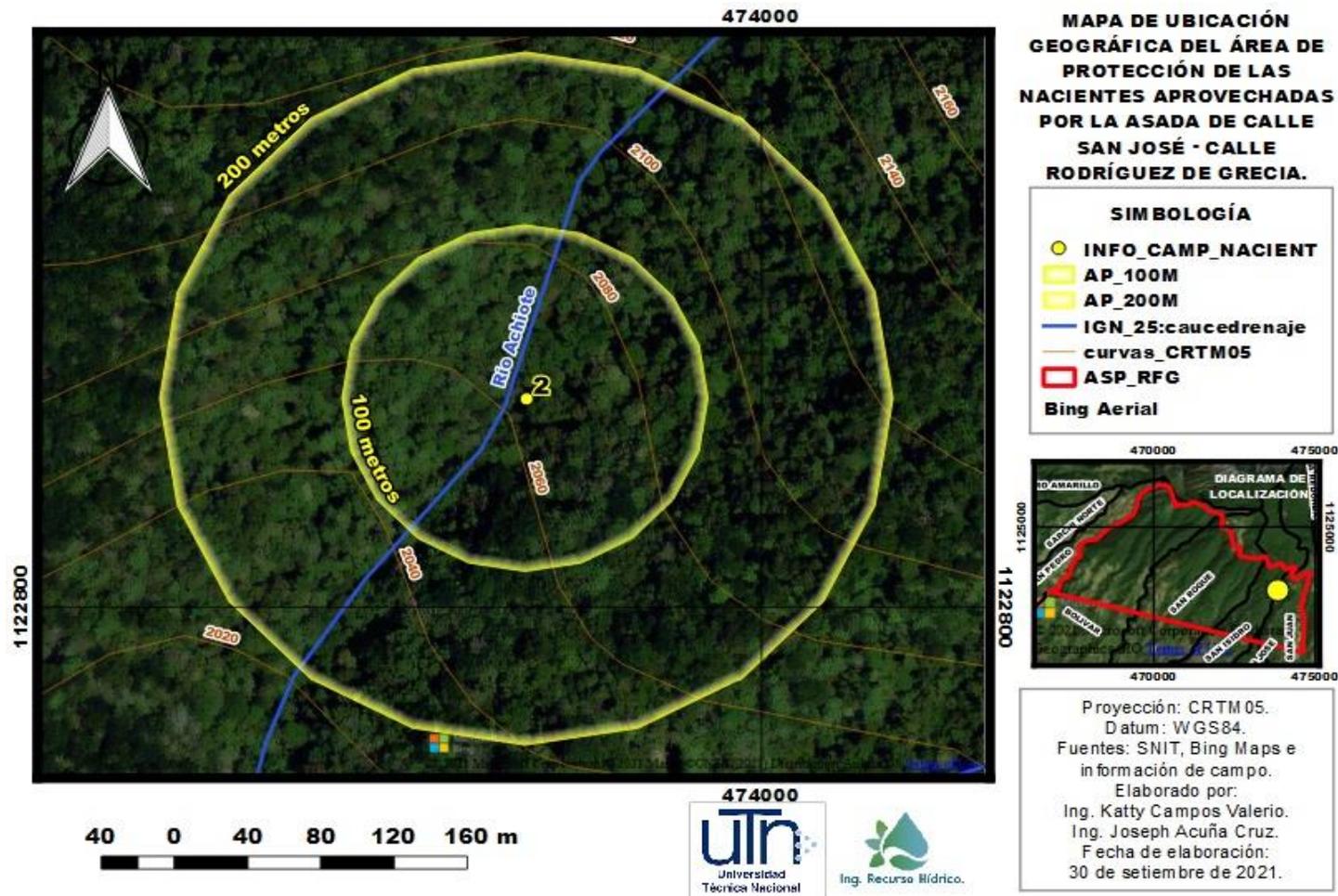


Figura 28. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996 en su artículo 33 y la Ley de Aguas N° 276 en su artículo 31, fuente El Achibote, ASADA Calle San José - Calle Rodríguez

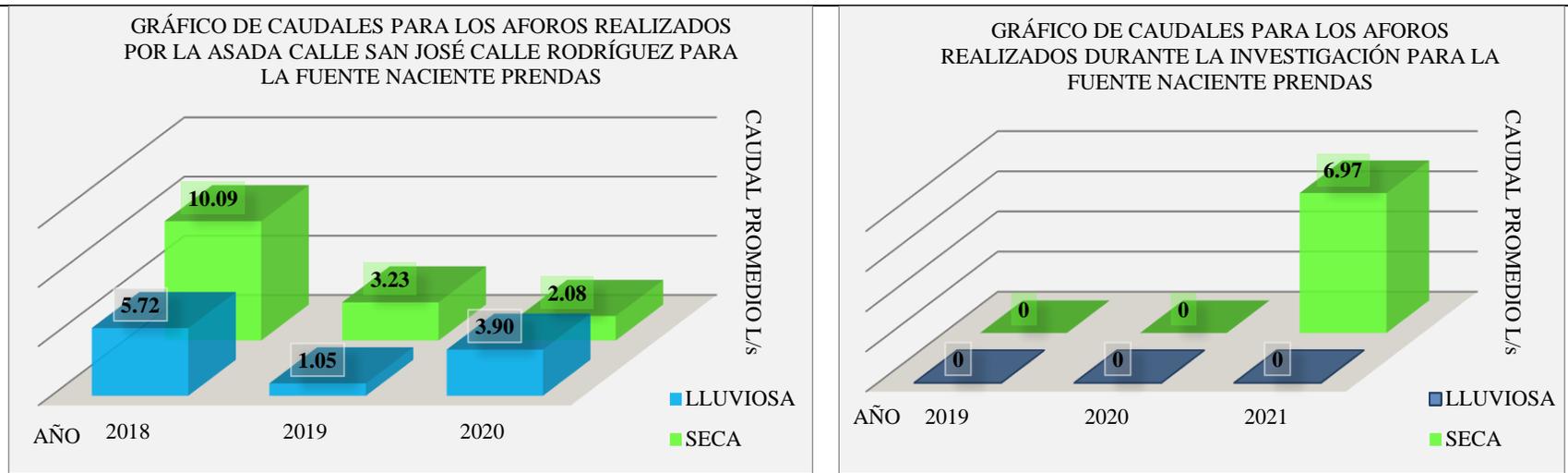
Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

El estudio de comparación entre los resultados de los aforos efectuados en un periodo de tres años por funcionarios de la ASADA de Calle San José-Calle Rodríguez durante la época seca y lluviosa y el resultado del aforo realizado durante esta investigación, correspondiente a la época seca del año 2021 permiten definir características importantes de la capacidad hídrica de cada una de las fuentes. En la tabla 26, a continuación, se detallan los resultados promedio de cada año para los aforos realizados por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación para cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 26

*Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA de Calle San José-Calle Rodríguez durante los años 2018, 2019 y 2020 con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época seca del año 2021 para la fuente naciente Prendas*

<b>Fuente naciente Prendas</b>					
<b>Datos generados por la ASADA</b>			<b>Datos generados durante la investigación</b>		
<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/S</b>	<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/S</b>
	2018	5.72		2019	-
Lluviosa	2019	1.05	Lluviosa	2020	-
	2020	3.90		2021	-
	2018	10.09		2019	-
Seca	2019	3.23	Seca	2020	-
	2020	2.08		2021	6.97



Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

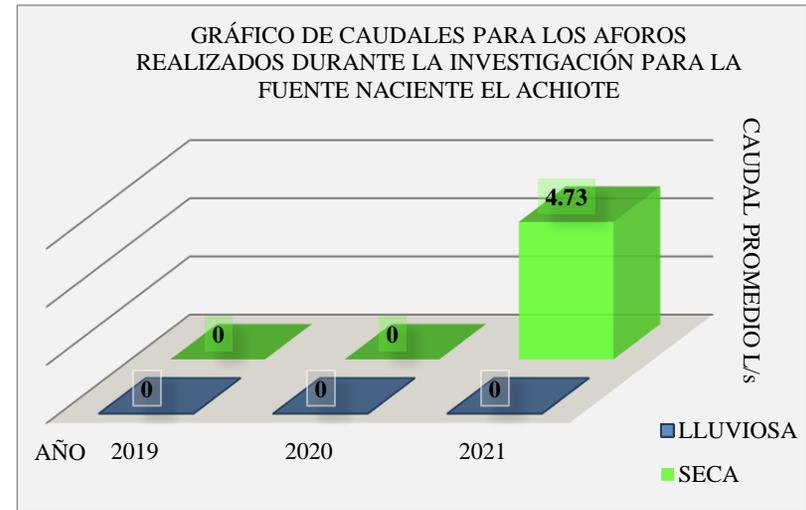
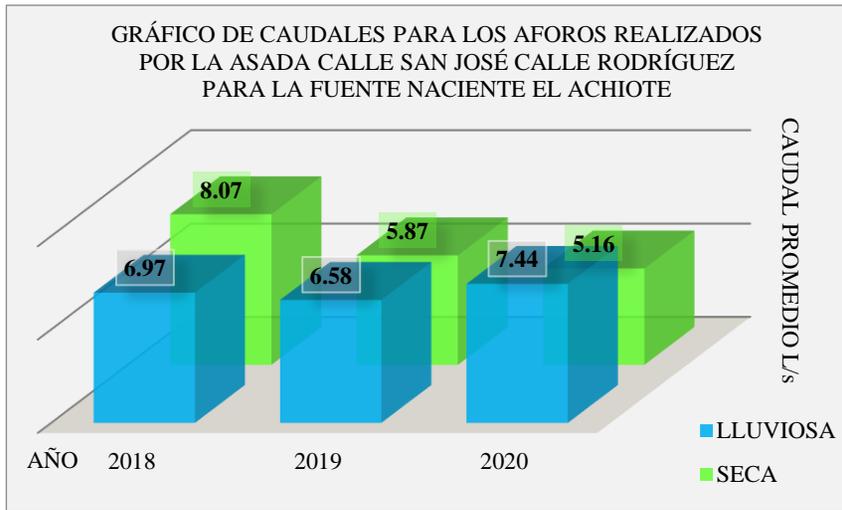
Tabla 27

Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA de Calle San José-Calle Rodríguez durante los años 2018, 2019 y 2020 con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época seca del año 2021 para la fuente naciente El Achote

**Fuente naciente El Achote**

Datos generados por la ASADA			Datos generados durante la investigación		
Época	Año	Caudal promedio L/s	Época	Año	Caudal promedio L/s
	2018	6.97		2019	-
Lluviosa	2019	6.58	Lluviosa	2020	-

	2020	7.44	2021	-	
	2018	8.07	2019	-	
Seca	2019	5.87	Seca	2020	-
	2020	5.16	2021	4.73	



Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

### Resultados de los muestreos de calidad del agua

A continuación, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante el muestreo de calidad del agua para cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 28

*Registro del análisis de calidad del agua realizado en campo para las fuentes de la ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Turbidez Ntu</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
1	Naciente sin nombre (Prendas)	7.03	15.7	0-20	0	0
2	Naciente sin nombre (Achiote)	7.03	15	0	0	0

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 29

*Resultados promedio de los análisis de calidad realizados en los años 2018, 2019 y 2020 por la ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez mediante laboratorio acreditado*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Turbidez Ntu</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
1	Naciente sin nombre (Prendas)	7.35	16.70	0.17	0	0
2	Naciente sin nombre (Achiote)	7.35	16.70	0.17	0	0

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Para la comparación de los resultados de la calidad del agua de las diferentes fuentes aprovechadas por la ASADA, se analizan los resultados obtenidos por un periodo de tres años realizados por un laboratorio certificado, en comparación con el resultado obtenido *in situ* durante la investigación. A continuación, se presenta un gráfico comparativo con ambos resultados.

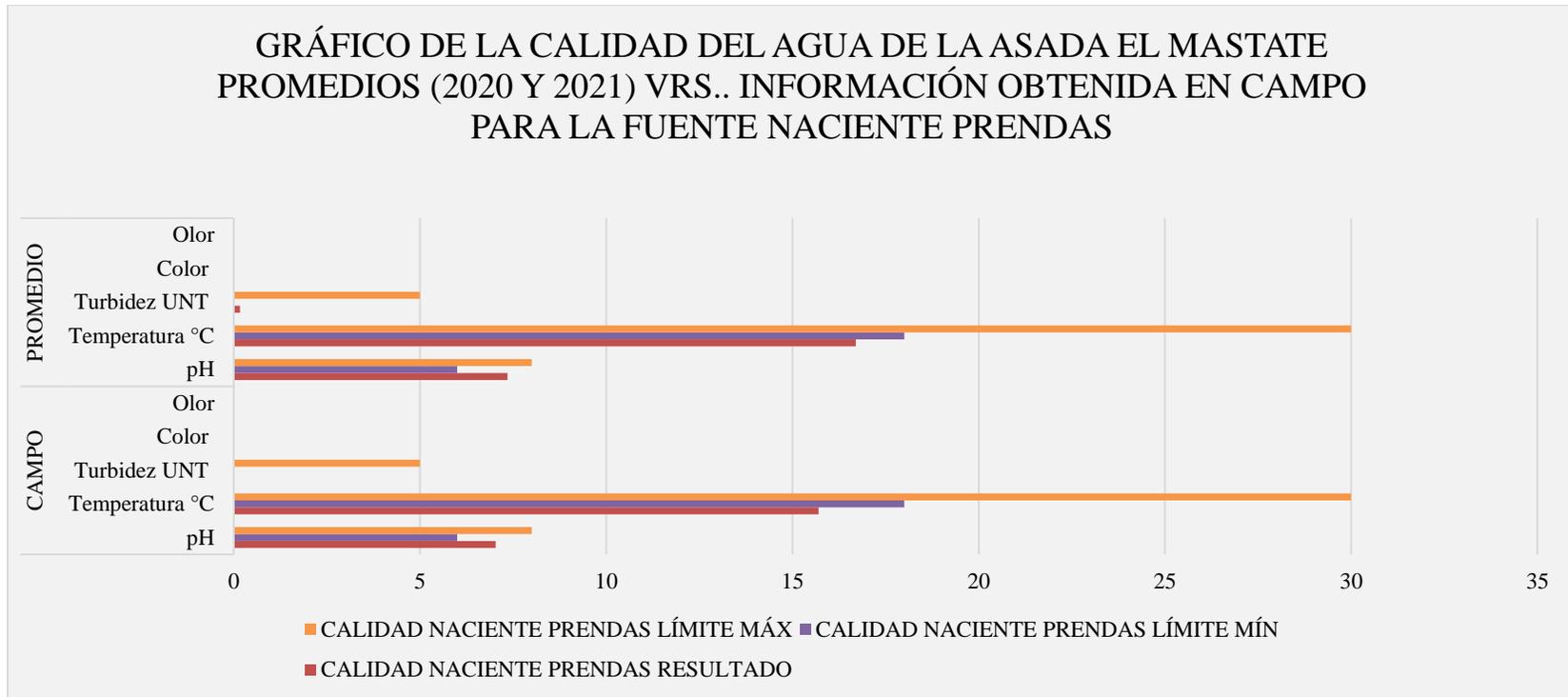


Figura 29. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez Promedios (2020 y 2021) vrs. información obtenida en campo para la fuente naciente Prendas

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

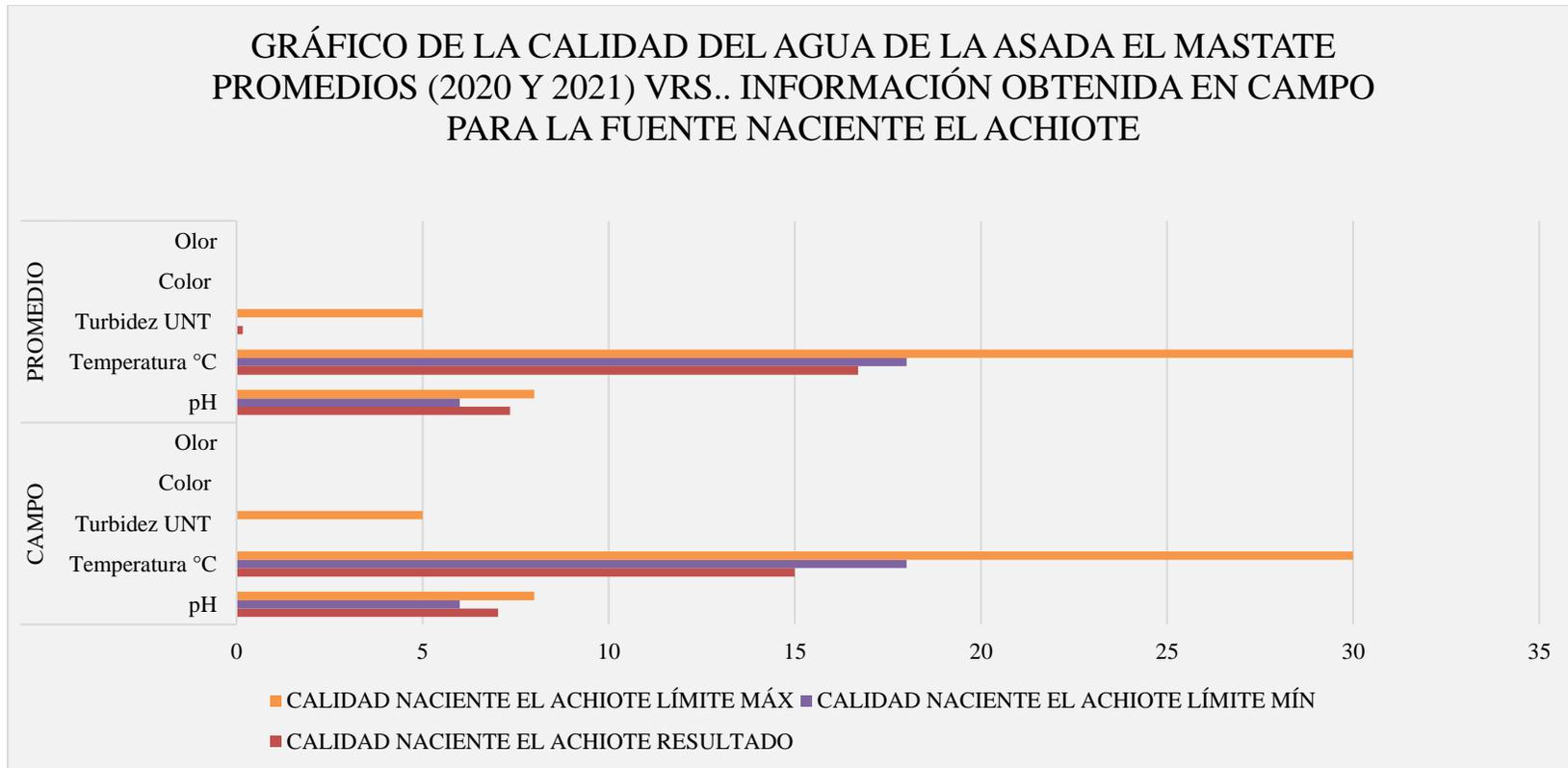


Figura 30. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez Promedios (2020 y 2021) vrs. información obtenida en campo para la fuente naciente El Achiote

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

## **Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de Carbonal**

La ASADA de Carbonal se encuentra ubicada en el poblado de Carbonal en el distrito de San Roque del cantón de Grecia. Sus oficinas se ubican 200 metros al sur de la Escuela Jacinto Paniagua Rodríguez y ofrece como contacto el número telefónico 8638-5558 y el correo electrónico [acueductodecarbonal@gmail.com](mailto:acueductodecarbonal@gmail.com).

Este acueducto cuenta con un área total de terreno de 18420 m<sup>2</sup> enfocados a la protección del recurso hídrico y de los ecosistemas que habitan en el sitio.

Para la determinación de las condiciones actuales de las fuentes que se encuentran dentro de la RFG y son utilizadas por este acueducto, se llevó a cabo una visita el día 22 de mayo del año 2021 en compañía del señor David Bolaños, miembro de la ASADA. Durante la visita, se realizaron pruebas de caudal, calidad, ubicación de precisión, visualización de la vegetación, cobertura boscosa y sobrevuelo para el levantamiento de fotografías y videos aéreos. A continuación, se describen los resultados obtenidos durante las pruebas.

### **Resultados de aforos y ubicaciones**

Seguidamente, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante la realización de aforos y georreferenciación de la ubicación de cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 30

*Registro de aforos y ubicaciones obtenidos en campo para las fuentes de la ASADA de Carbonal ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia*

Id	Fuente	Caudal total	Fecha de	Caudal	Ubicación CRTM05		Altura
		L/s	Aforo	aprovechado L/s	Longitud	Latitud	Msnm
1	Naciente sin nombre (El Río)	0.23	22/05/2021	0.23	470161	1122260	1545
2	Naciente sin nombre (La Roca)	0.43	22/05/2021	0.43	470170	1122239	1545
3	Naciente sin nombre (El Alto)	1.93	22/05/2021	1.93	470174	1122220	1547

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 31

*Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE para la ASADA de Carbonal*

Id	Fuente	Caudal	Uso autorizado	Ubicación CRTM05	
		autorizado L/s		Longitud	Latitud
1	El Alto	0.45	Poblacional	470173.1657	1122220.024
2	El Río	0.45	Poblacional	470162.1911	1122244.033
3	La Roca	0.7	Poblacional	470156.1874	1122240.039

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

A continuación, se muestra el mapa con las ubicaciones de las fuentes aprovechadas por la ASADA de Carbonal, contraponiendo la información georreferenciada en campo, con las ubicaciones obtenidas en campo y con las ubicaciones registradas en el SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE.

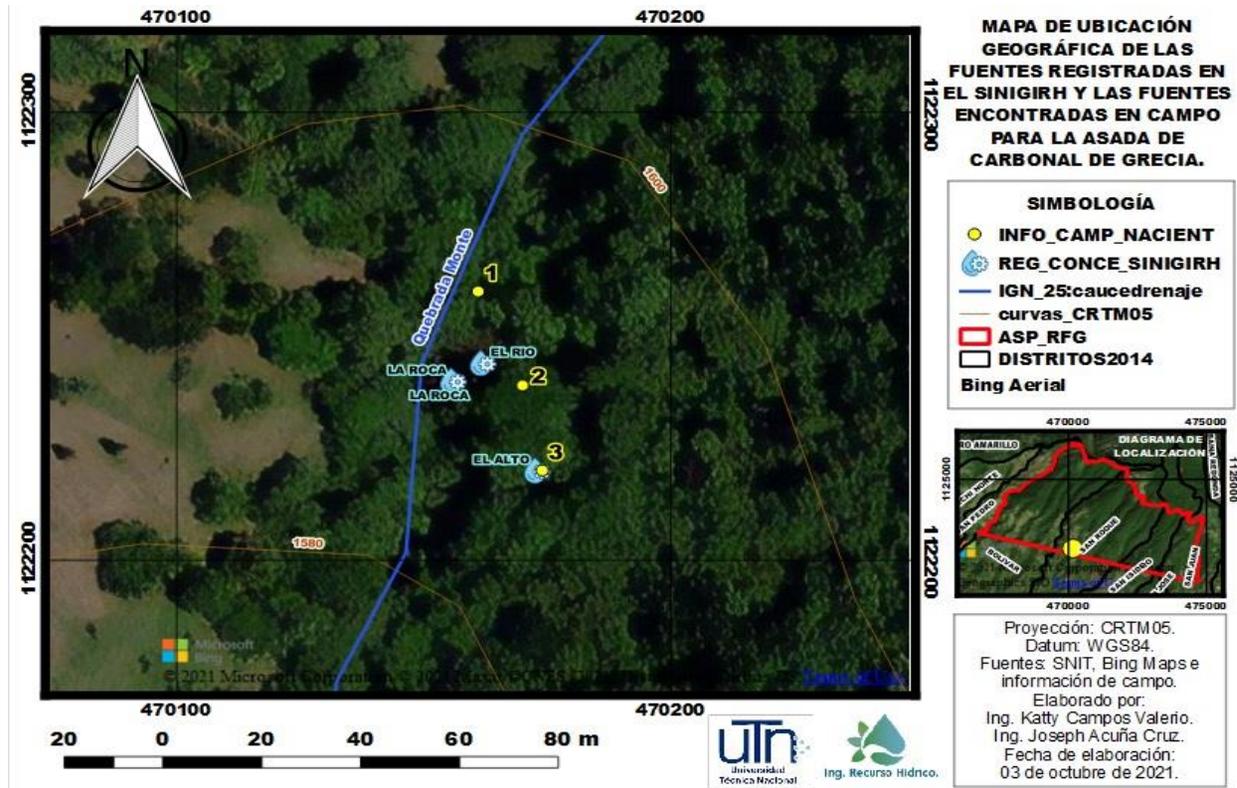


Figura 31. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en la base de datos del SINIGIRH para la ASADA de Carbonal y las fuentes encontradas en campo

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

Para cada una de las fuentes reflejadas en el siguiente mapa, se toma como referencia la ubicación obtenida en campo, denotando el área de protección que establece la Ley Forestal N° 7575 de 1996 en su artículo 33 y la Ley de Aguas N° 276 en su artículo 31.

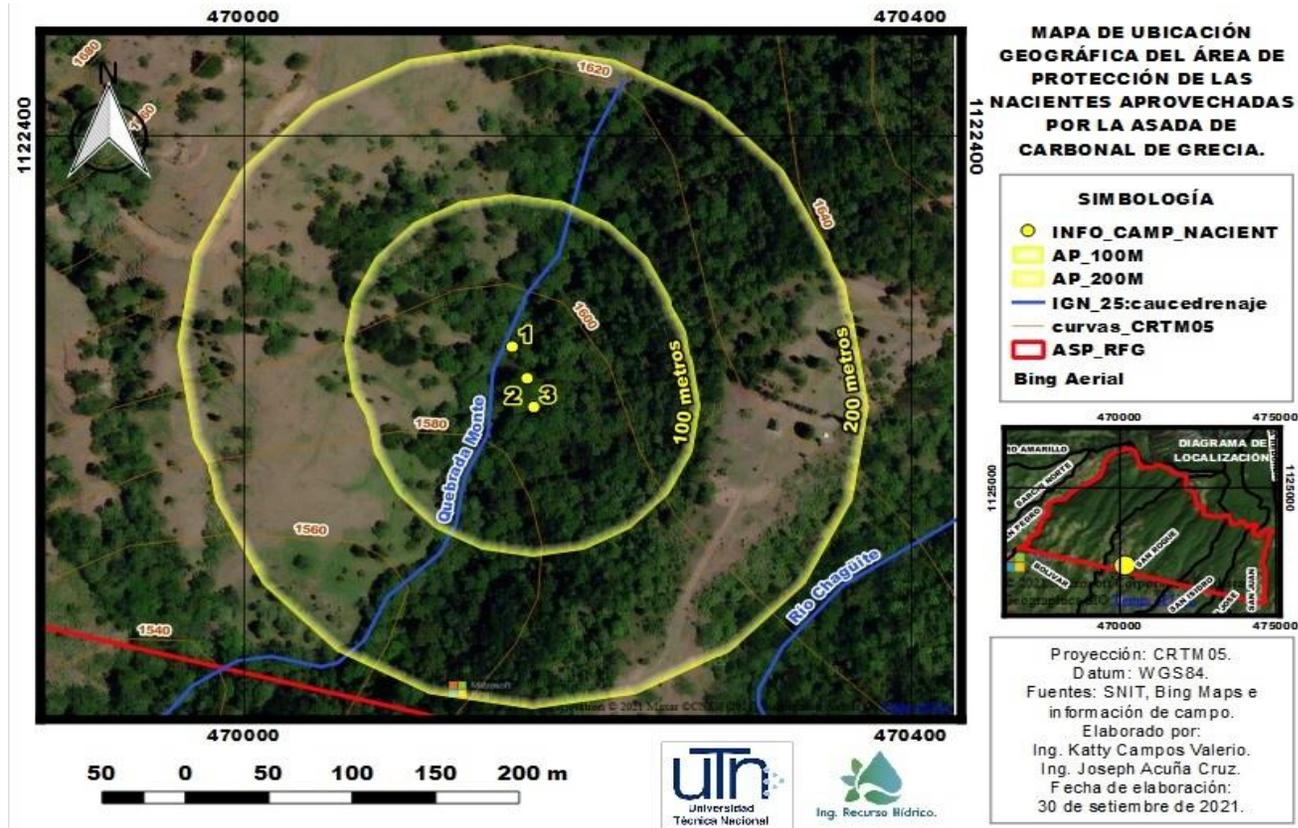


Figura 32. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo para la ASADA de Carbonal y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996 en su artículo 33 y la Ley de Aguas N° 276 en su artículo 31, fuentes El Río, La Roca y El Alto

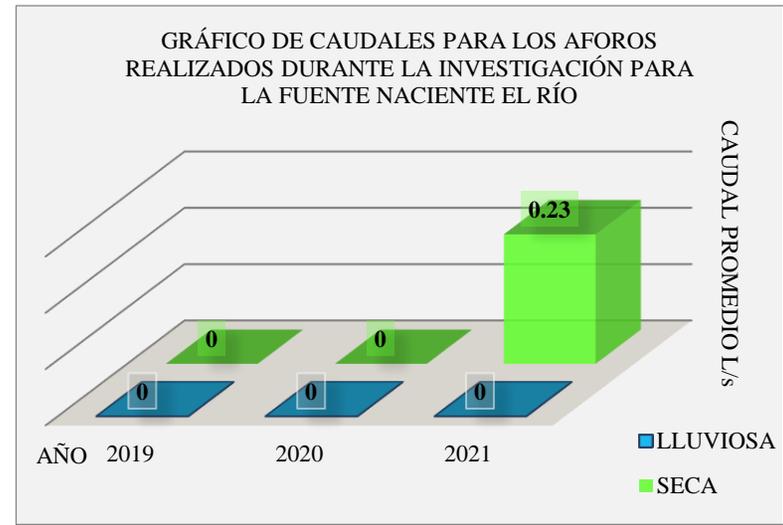
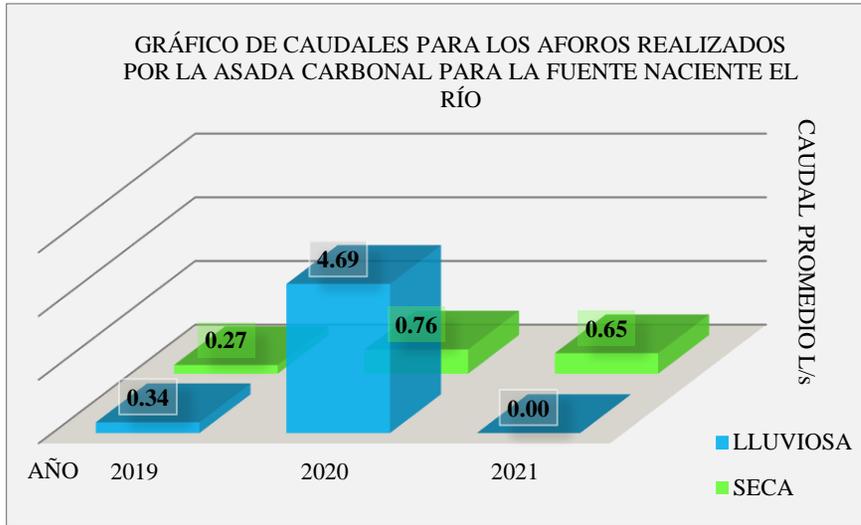
Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

El estudio comparativo entre los resultados de los aforos efectuados en un periodo de tres años por funcionarios de la ASADA durante la época seca y lluviosa, y el resultado del aforo realizado durante esta investigación, correspondiente a la época lluviosa del año 2021, permiten definir características importantes de la capacidad hídrica de cada una de las fuentes. En la tabla 32, a continuación, se detallan los resultados promedio de cada año para los aforos realizados por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación para cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 32

*Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA de Carbonal durante los años 2019, 2020 Y 2021 con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época lluviosa del año 2021 para la fuente naciente El Río*

<b>Fuente naciente El Río</b>					
<b>Datos generados por la ASADA</b>			<b>Datos generados durante la investigación</b>		
<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>	<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>
	2019	0.34		2019	-
Lluviosa	2020	4.69	Lluviosa	2020	-
	2021	-		2021	0.23
	2019	0.27		2019	-
Seca	2020	0.76	Seca	2020	-
	2021	0.65		2021	-

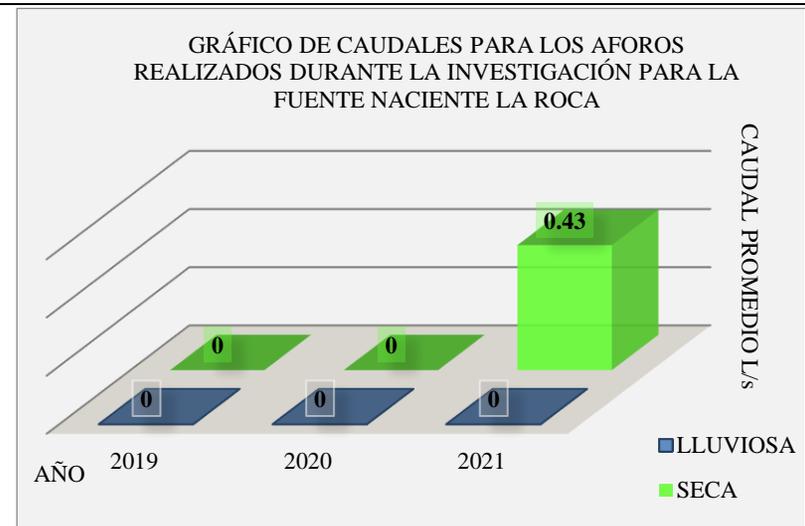
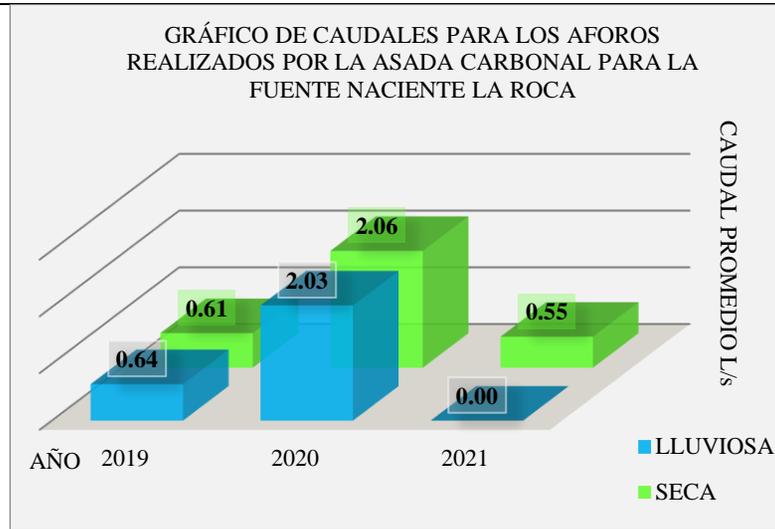


Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 33

*Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA de Carbonal durante los años 2019, 2020 y 2021, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época lluviosa del año 2021 para la fuente naciente La Roca*

<b>Fuente naciente La Roca</b>					
<b>Datos generados por la ASADA</b>			<b>Datos generados durante la investigación</b>		
<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>	<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>
Lluviosa	2019	0.64	Lluviosa	2019	-
	2020	2.03		2020	-
	2021	0.00		2021	0.43
Seca	2019	0.61	Seca	2019	-
	2020	2.06		2020	-
	2021	0.55		2021	-



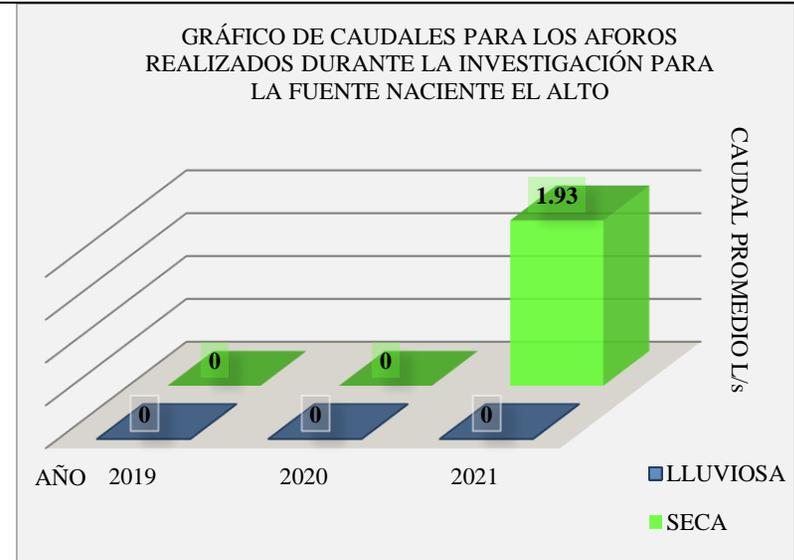
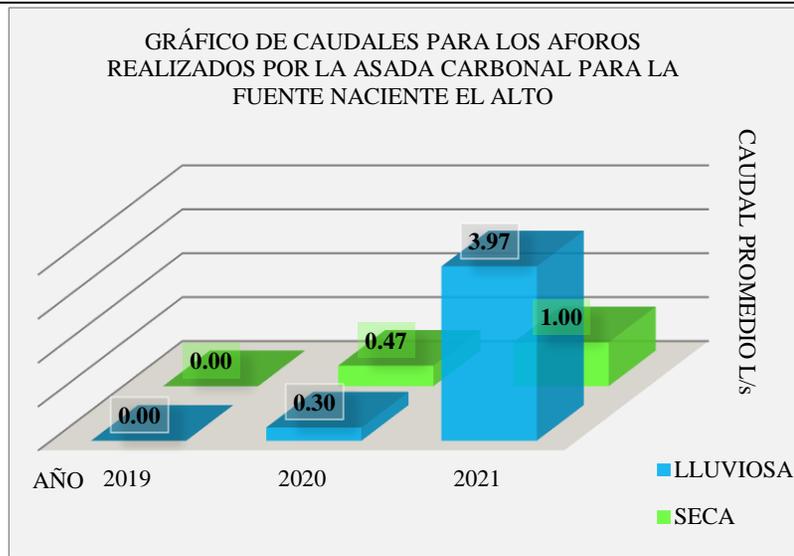
Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 34

Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA de Carbonal durante los años 2019, 2020 y 2021, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época lluviosa del año 2021 para la fuente naciente El Alto

<b>fuente naciente El Alto</b>					
<b>Datos generados por la ASADA</b>			<b>Datos generados durante la investigación</b>		
Época	Año	Caudal promedio L/s	Época	Año	Caudal promedio L/s
Lluviosa	2019	0.00	Lluviosa	2019	-
	2020	0.30	Lluviosa	2020	-

	2021	3.97		2021	1.93
	2019	0.00		2019	-
Seca	2020	0.47	Seca	2020	-
	2021	1.00		2021	-



Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

### Resultados de los muestreos de calidad del agua

A continuación, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante el muestreo de calidad del agua para cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 35

*Registro del análisis de calidad del agua realizado en campo para las fuentes de la ASADA de Carbonal*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Turbidez Ntu</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
1	Naciente sin nombre (El Río)	7.02	18.8	0-20	0	0
2	Naciente sin nombre (La Roca)	7.02	18.3	0	0	0
3	Naciente sin nombre (El Alto)	7.02	18.3	0	0	0

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 36

*Resultados promedio de los análisis de calidad realizados en los años 2020 y 2021 por la ASADA de Carbonal mediante laboratorio acreditado*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Turbidez Ntu</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
1	Naciente sin nombre (El Río)	6.46	20.35	0.26	0	0
2	Naciente sin nombre (La Roca)	6.46	20.35	0.26	0	0
3	Naciente sin nombre (El Alto)	6	18	0	0	0

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Para la comparación de los resultados de la calidad del agua de las diferentes fuentes aprovechadas por la ASADA, se analizan los resultados obtenidos por un periodo de dos años realizados por un laboratorio certificado, en comparación con el resultado obtenido *in situ* durante la investigación. A continuación, se presenta un gráfico comparativo con ambos resultados.

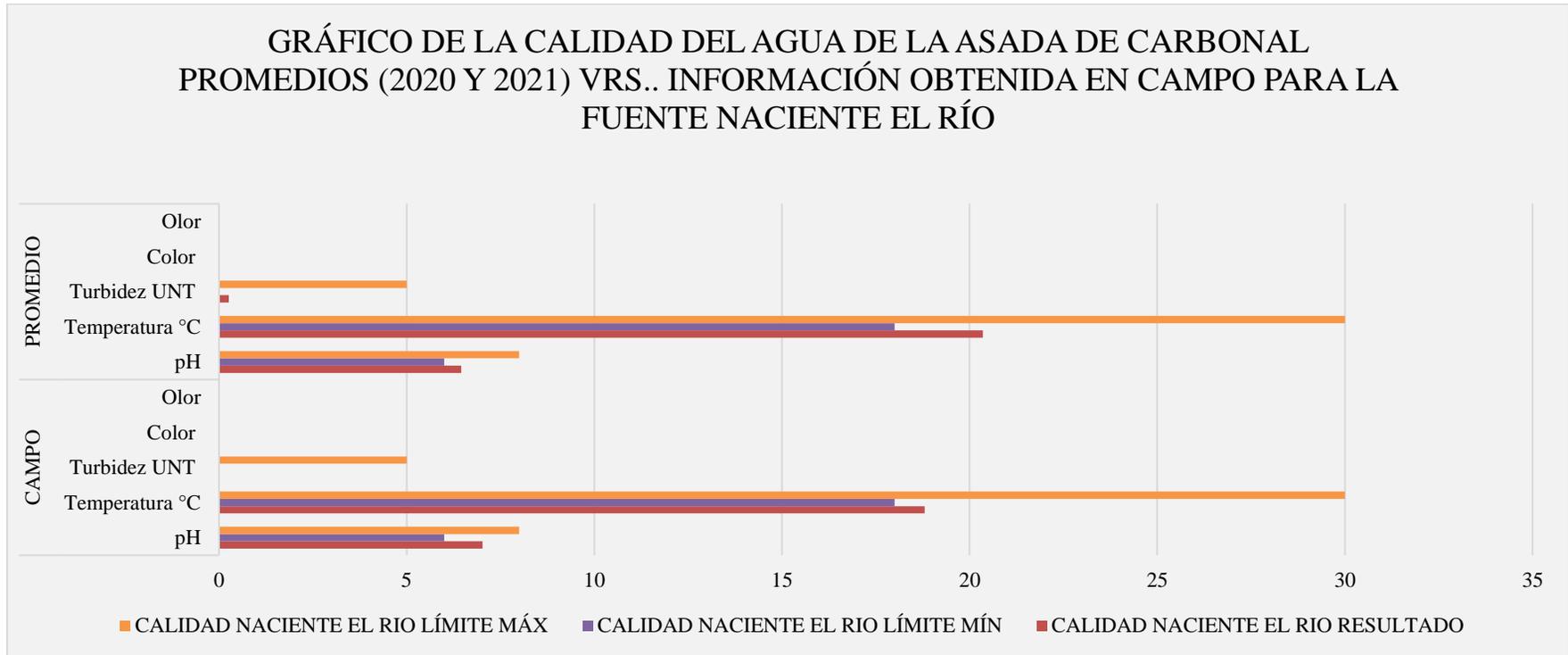


Figura 33. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de Carbonal, promedios (2020 y 2021) vrs. información obtenida en campo para la fuente naciente El Río

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

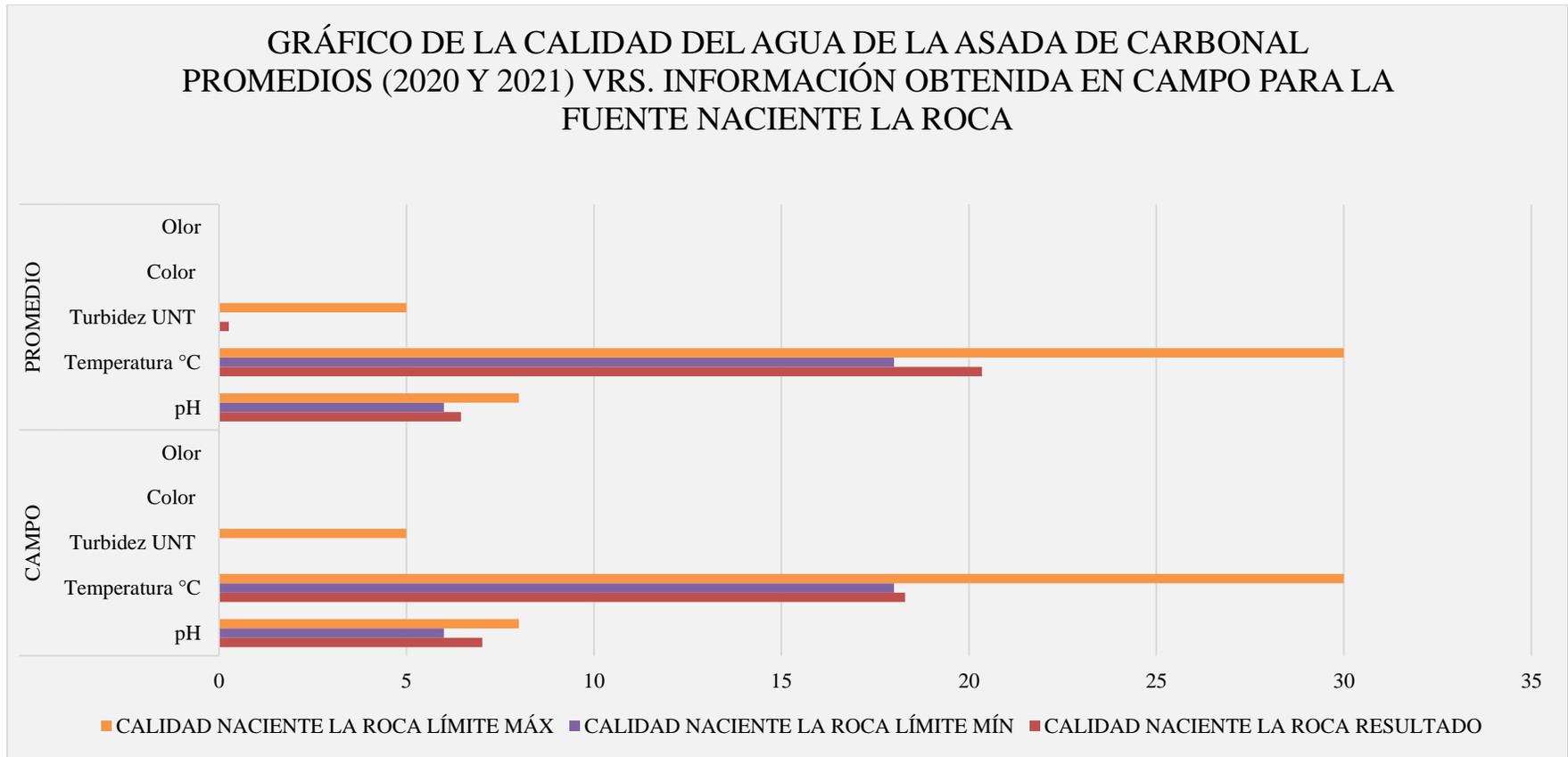
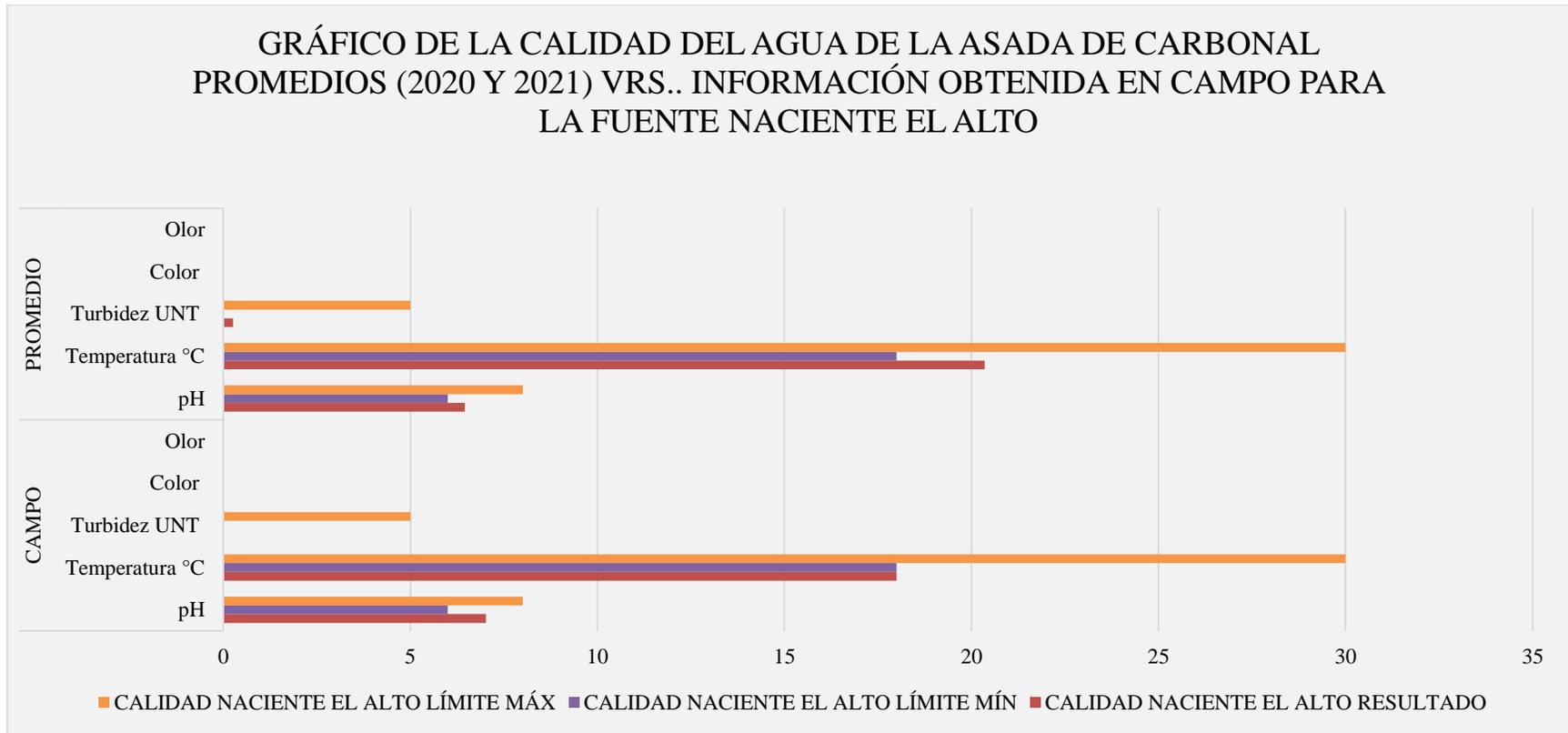


Figura 34. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de Carbonal de Grecia, promedios (2020 y 2021) vrs. información obtenida en campo para la fuente naciente La Roca

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 35.* Resultados de la calidad del agua de la ASADA de Carbonal de Grecia, Promedios (2020 y 2021) vrs. información obtenida en campo para la fuente naciente El Alto

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

## **Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de Calle Liles**

La ASADA de Calle Liles se encuentra ubicada en el distrito de San Rafael del cantón de Poás. Sus oficinas se ubican de la plaza de deportes de San Rafael de Poás 3 kilómetros al norte y ofrece como contacto el número telefónico 22499314 y el correo electrónico [asada.cliles@gmail.com](mailto:asada.cliles@gmail.com).

Para la determinación de las condiciones actuales de las fuentes que se encuentran dentro de la RFG y son utilizadas por este acueducto, se llevó a cabo una visita el día 29 de mayo del año 2021 en compañía del señor Álvaro Castro Granados, miembro de la ASADA. Durante la visita, se realizaron pruebas de caudal, calidad, ubicación de precisión, visualización de la vegetación, cobertura boscosa y sobrevuelo para el levantamiento de fotografías y videos aéreos. A continuación, se describen los resultados obtenidos durante las pruebas.

### **Resultados de aforos y ubicaciones.**

Seguidamente, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante la realización de aforos y georreferenciación de la ubicación de cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 37

*Registro de aforos y ubicaciones obtenidos en campo para las fuentes de la ASADA de Calle Liles ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia*

Id	Fuente	Caudal total	Fecha de	Caudal	Ubicación CRTM05		Altura
		L/s	Aforo	aprovechado L/s	Longitud	Latitud	MSNM
1	Naciente sin nombre (Prendas 1)	19.975	15/02/2021	1.515	474617	1123380	2160
2	Naciente sin nombre (Prendas 2)	19.975	15/02/2021	1.515	474634	1123383	2160

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 38

*Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE para la ASADA de Calle Liles*

Id	Fuente	Caudal	Uso autorizado	Ubicación CRTM05	
		autorizado L/s		Longitud	Latitud
1	Nac Prendas	-	Poblacional	474623.0168	1123380.368
2	Nac 1 Prendas	1.8	Poblacional	474623.0168	1123380.368
3	Nac 2 Santiago	0.37	Poblacional	473848.7058	1122046.268

---

4	Nac Avispero	0.23	Poblacional	473539.869	1121207.65
---	--------------	------	-------------	------------	------------

---

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

A continuación, se muestra el mapa con las ubicaciones de las fuentes aprovechadas por la ASADA de Calle Liles, contraponiendo la información georreferenciada obtenida en campo, con las ubicaciones registradas en el SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE.

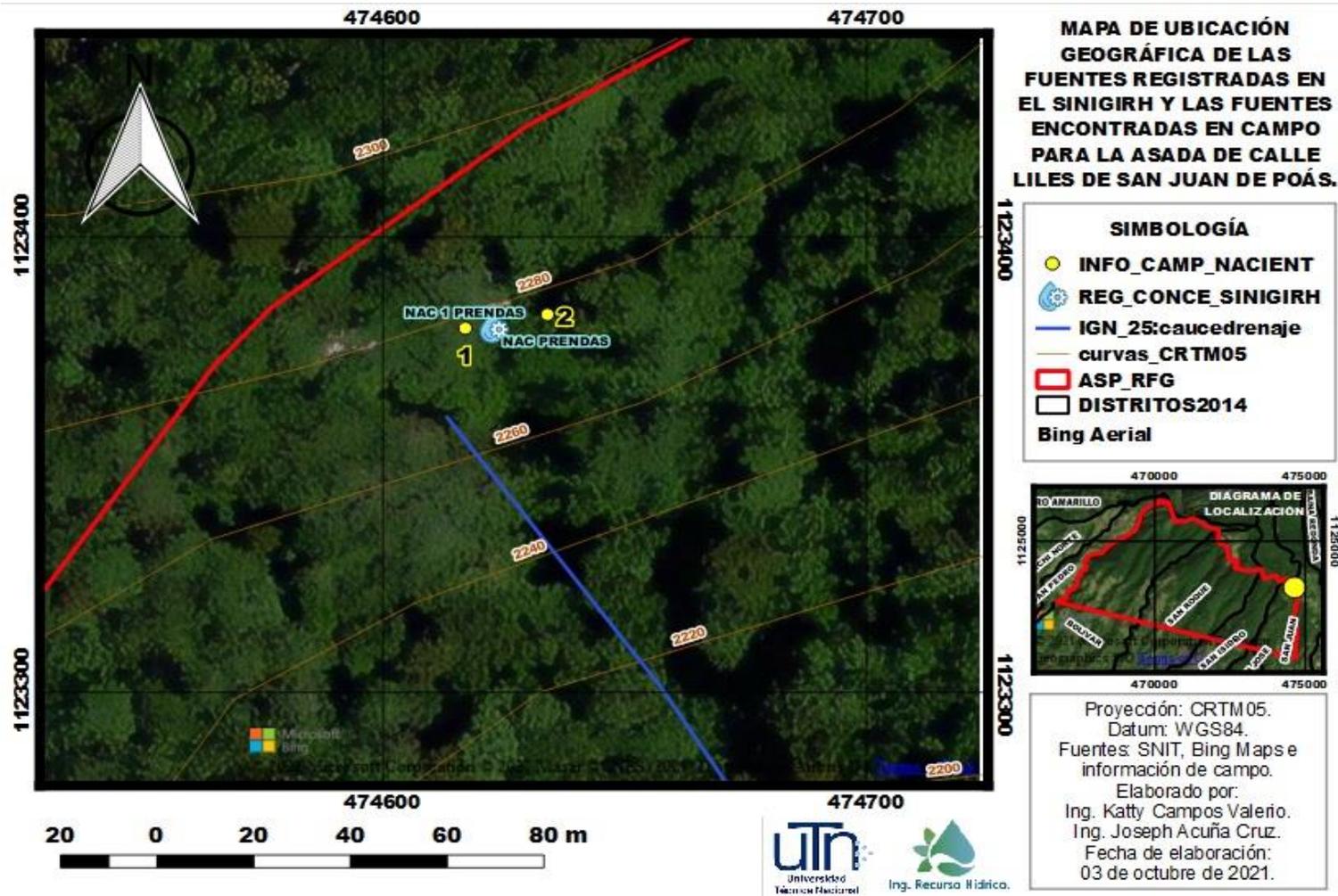


Figura 36. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en la base de datos del SINIGIRH para la ASADA de Calle Liles, y las fuentes encontradas en campo

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

Para cada una de las fuentes reflejadas en el siguiente mapa, se toma como referencia la ubicación obtenida en campo, denotando el área de protección que establece la Ley Forestal N° 7575 de 1996 en su artículo 33 y la Ley de Aguas N° 276 en su artículo 31.

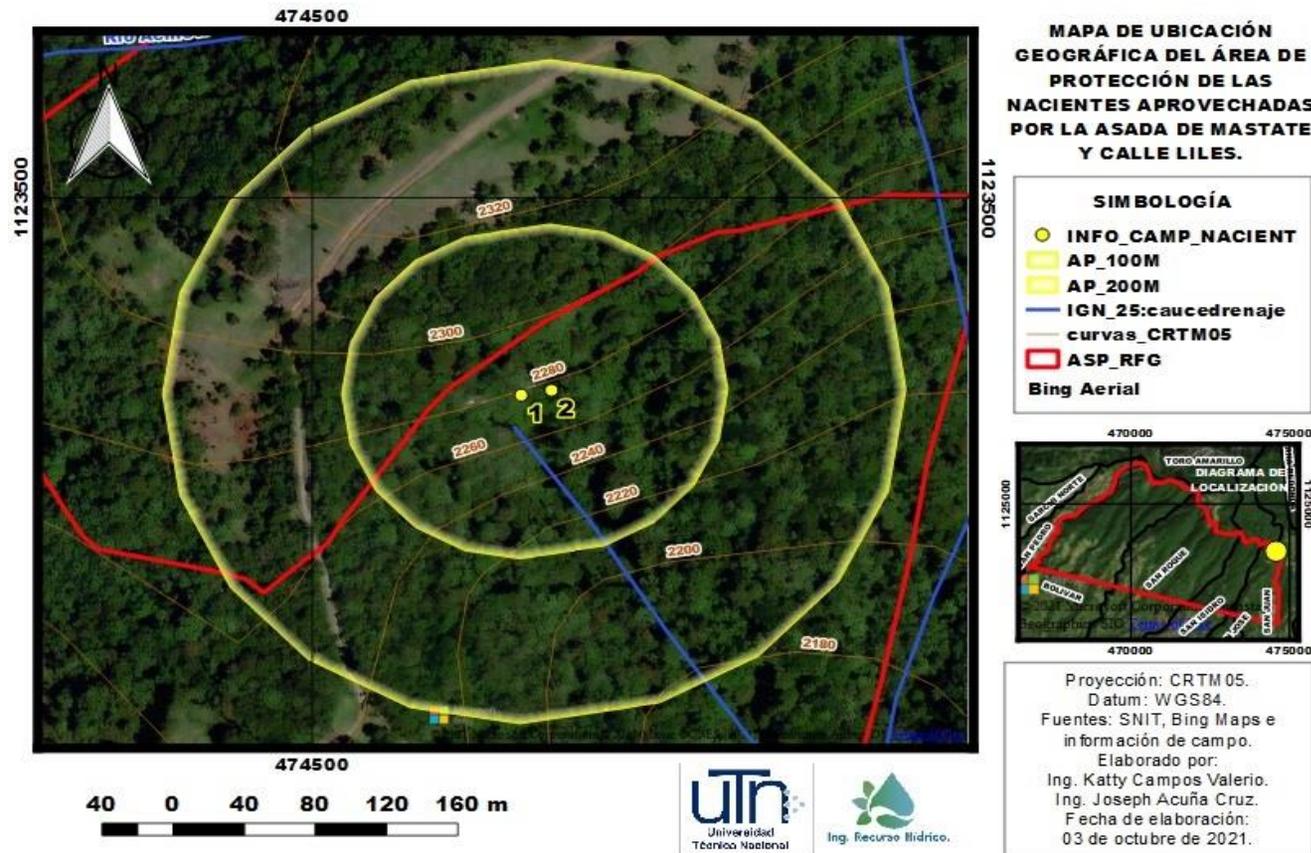


Figura 37. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996 en su artículo 33 y la Ley de Aguas N° 276 en su artículo 31 para la ASADA de Calle Liles

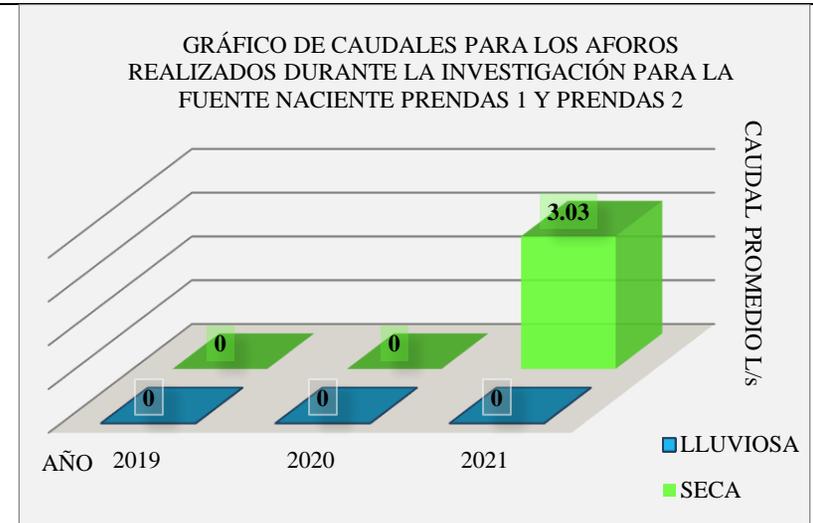
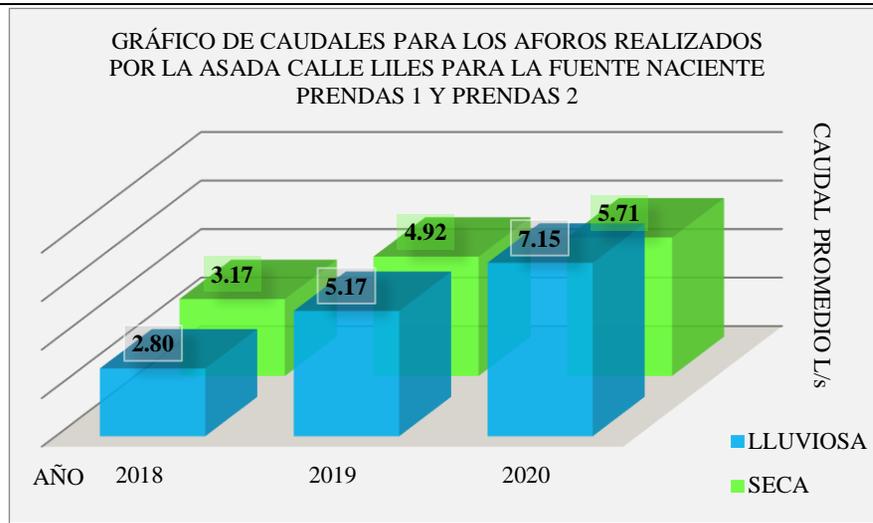
Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

El estudio de comparación entre los resultados de los aforos efectuados en un periodo de tres años por funcionarios de la ASADA de Calle Liles durante la época seca y lluviosa, y el resultado del aforo realizado durante esta investigación, correspondiente a la época seca del año 2021, permiten definir características importantes de la capacidad hídrica de cada una de las fuentes. En la tabla 39, a continuación, se detallan los resultados promedio de cada año para los aforos realizados por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación para cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 39

*Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA de Calle Liles durante los años 2018, 2019 y 2020, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época seca del año 2021 para la fuente naciente Prendas*

<b>Fuente naciente Prendas 1 y Prendas 2</b>					
<b>Datos generados por la ASADA</b>			<b>Datos generados durante la investigación</b>		
<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>	<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>
	2019	2.80		2019	-
Lluviosa	2020	5.17	Lluviosa	2020	-
	2021	7.15		2021	-
	2019	3.17		2019	-
Seca	2020	4.92	Seca	2020	-
	2021	5.71		2021	3.03



Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

### Resultados de los muestreos de calidad del agua

A continuación, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante el muestreo de calidad del agua para cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 40

*Registro del análisis de calidad del agua realizado en campo para las fuentes de la ASADA de Calle Liles*

<b>ID</b>	<b>Fuente</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Turbidez Ntu</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
1	Naciente sin nombre (Prendas 1)	7.02	17	0-20	0	0
2	Naciente sin nombre (Prendas 2)	7.02	17	0-20	0	0

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 41

*Resultados promedio de los análisis de calidad realizados en los años 2020 y 2021 por la ASADA de Calle Liles mediante laboratorio acreditado*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Turbidez Ntu</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
1	Naciente sin nombre (Prendas 1)	7.52	17.75	0.08	0	0
2	Naciente sin nombre (Prendas 2)	7.52	17.75	0.08	0	0

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Para la comparación de los resultados de la calidad del agua de las diferentes fuentes aprovechadas por la ASADA, se analizan los resultados obtenidos por un periodo de dos años realizados por un laboratorio certificado, en comparación con el resultado obtenido *in situ* durante la investigación. A continuación, se presenta un gráfico comparativo con ambos resultados.

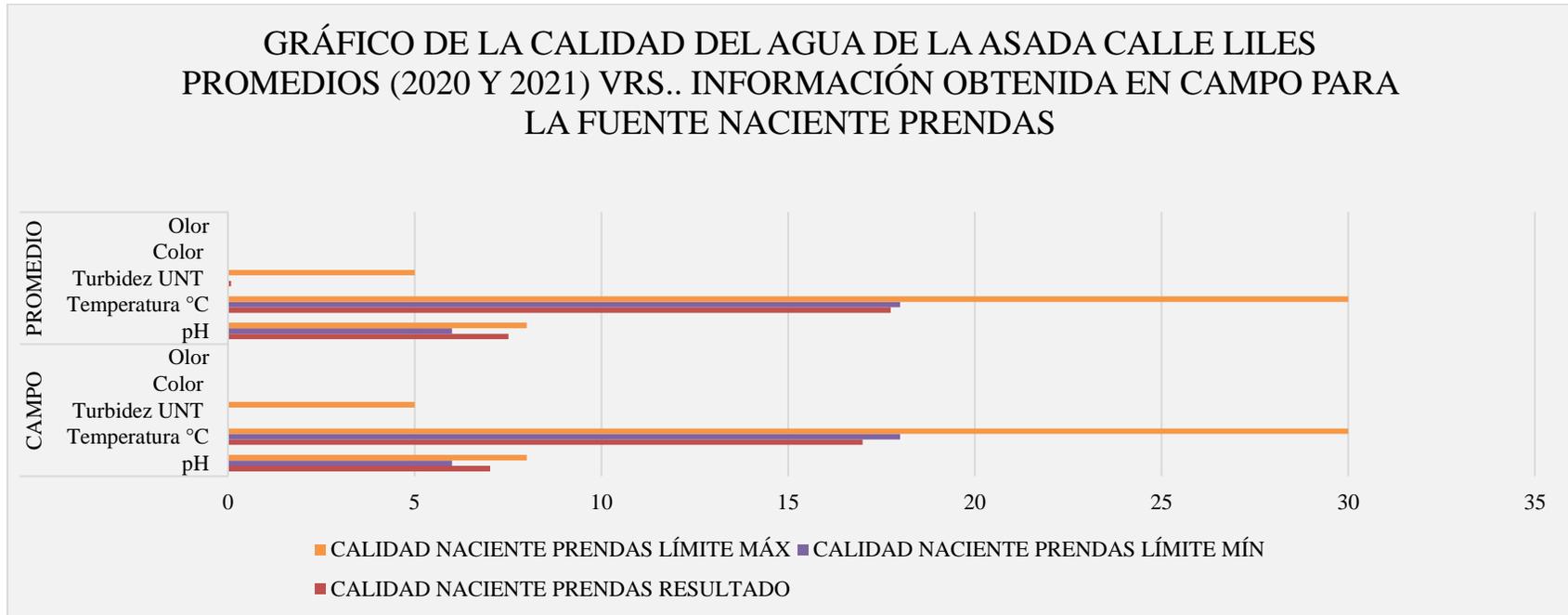


Figura 38. Resultados de la calidad del agua de la ASADA de Calle Liles, Promedios (2020 Y 2021) vrs. información obtenida en campo para la fuente naciente Prendas

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

## **Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de Cajón de Bolívar de Grecia**

La ASADA de Cajón de Bolívar de Grecia se encuentra ubicada en el distrito de San Miguel del cantón de Grecia. Sus oficinas se ubican de la Escuela El Cajón 25 metros al norte y ofrece como contacto el número telefónico 24448787 y el correo electrónico [asadacajongrecia@gmail.com](mailto:asadacajongrecia@gmail.com).

Para la determinación de las condiciones actuales de las fuentes que se encuentran dentro de la RFG y son utilizadas por este acueducto, se llevó a cabo una visita el día 10 de julio del año 2021 en compañía del señor Gilbert Bolaños Salas, miembro de la ASADA. Durante la visita, se realizaron pruebas de caudal, calidad, ubicación de precisión, visualización de la vegetación, cobertura boscosa y sobrevuelo para el levantamiento de fotografías y videos aéreos. A continuación, se describen los resultados obtenidos durante las pruebas.

### **Resultados de aforos y ubicaciones.**

Seguidamente, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante la realización de aforos y georreferenciación de la ubicación de cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 42

*Registro de aforos y ubicaciones obtenidos en campo para las fuentes de la ASADA de Cajón de Bolívar de Grecia ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia*

Id	Fuente	Caudal total L/s	Fecha de Aforo	Caudal aprovechado L/s	Ubicación CRTM05		Altura MSNM
					Longitud	Latitud	
1	Naciente sin nombre (La Forestal 1)	0.35	10/07/2021	0.35	469230	1123197	1741
2	Naciente sin nombre (La Forestal 2)	0.35	10/07/2021	0.35	469220	1123180	1737
3	Naciente sin nombre (La Forestal 3)	0.35	10/07/2021	0.35	469221	1123167	1735
4	Naciente sin nombre (La Forestal 4)	0.19	10/07/2021	0.19	469174	1123116	1715

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 43

*Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE para la ASADA de Cajón de Bolívar de Grecia*

Id	Fuente	Caudal autorizado L/s	Uso autorizado	Ubicación CRTM05	
				Longitud	Latitud
1	Antolín 2			470098.9476	1124928.899
2	Antolín 1			470088.9545	1124934.909

3	Forestal 2	0.21	Poblacional	469220.2195	1123179.928
4	Forestal 3	0.21	Poblacional	469230.2362	1123196.916
5	Toma Suzo	0.02	Poblacional	470560.7933	1124811.433
6	Antolín	1.74	Poblacional	470148.2559	1125232.826
7	Fabio 4	0.1	Poblacional	469174.1575	1123115.98
8	Fabio 3	0.52	Poblacional	469227.2037	1123164.922
9	Fabio 1	0.52	Poblacional	469225.2038	1123164.924
10	Fabio 2	0.52	Poblacional	469221.2062	1123166.928

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

A continuación, se muestra el mapa con las ubicaciones de las fuentes aprovechadas por la ASADA de Cajón de Bolívar de Grecia, contraponiendo la información georreferenciada obtenida en campo con las ubicaciones registradas en el SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE.

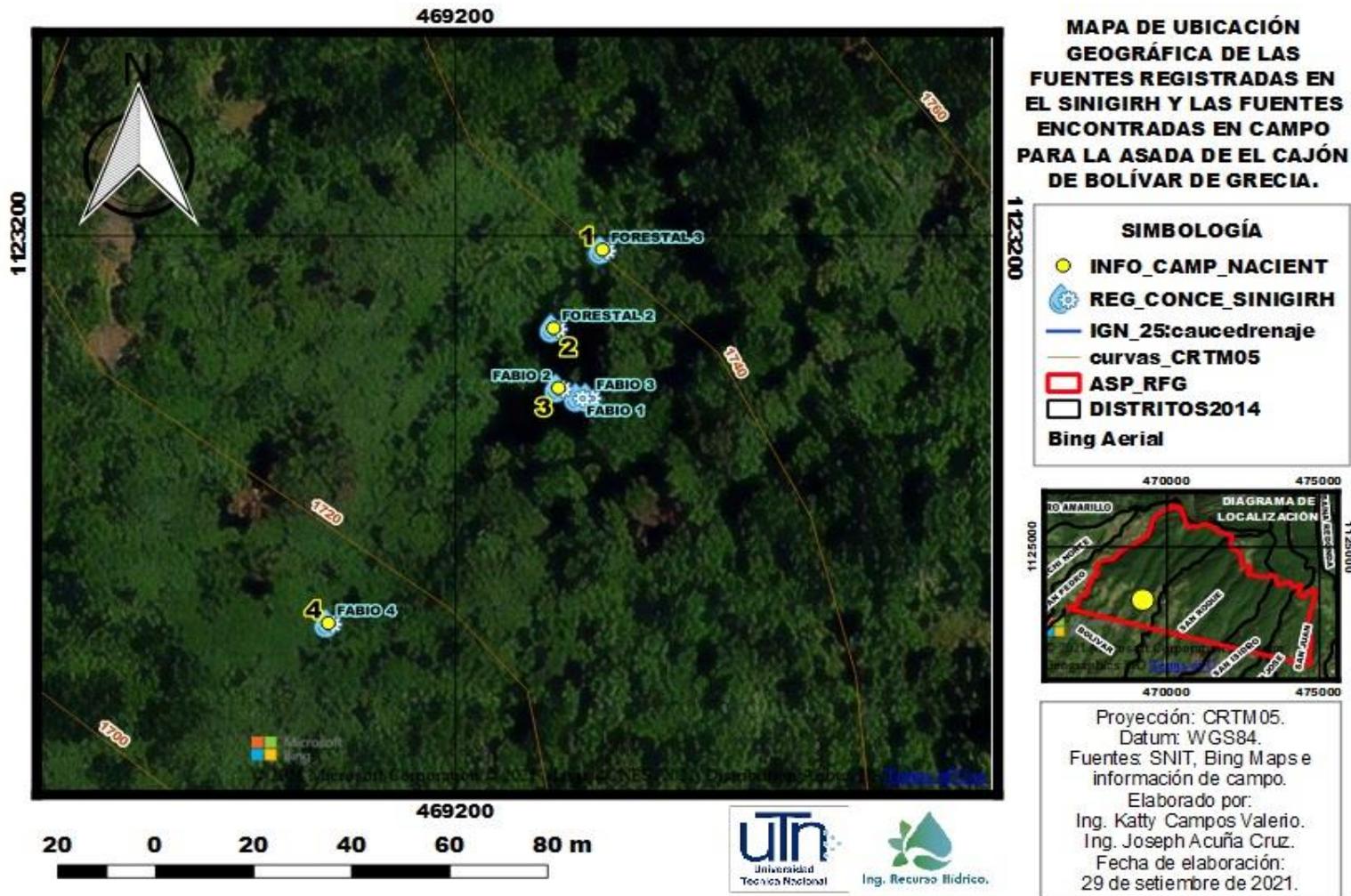


Figura 39. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en la base de datos del SINIGIRH para la ASADA de Cajón de Bolívar de Grecia, y las fuentes encontradas en campo

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

Para cada una de las fuentes reflejadas en el siguiente mapa, se toma como referencia la ubicación obtenida en campo, denotando el área de protección que establece la Ley Forestal N° 7575 de 1996 en su artículo 33 y la Ley de Aguas N° 276 en su artículo 31.

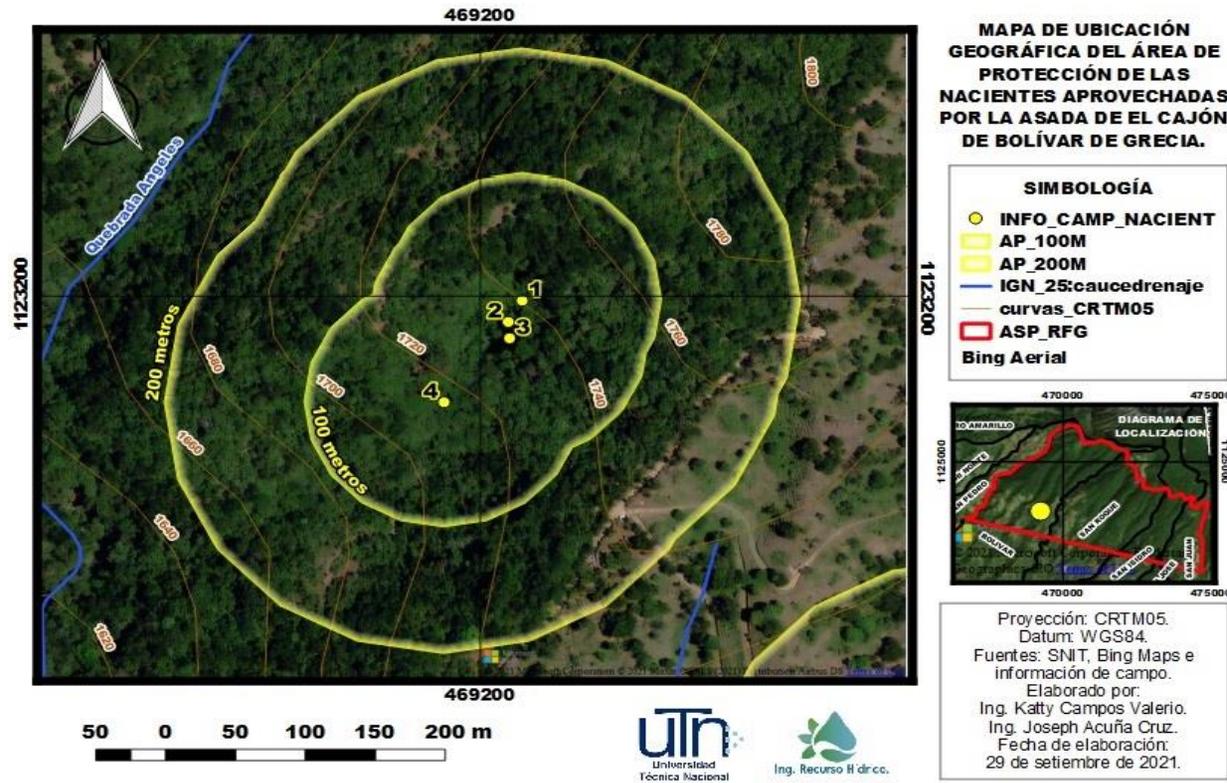


Figura 40. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes encontradas en campo y su respectiva área de protección conforme a la Ley Forestal N° 7575 de 1996, en su Artículo 33; y la Ley de Aguas N° 276, en su Artículo 31, Fuentes La Forestal 1, La Forestal 2, La Forestal 3 y La Forestal 4

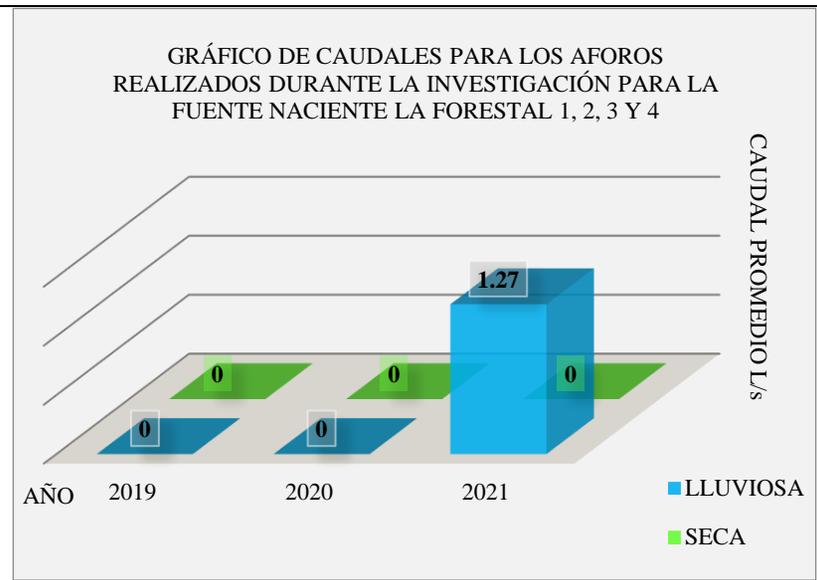
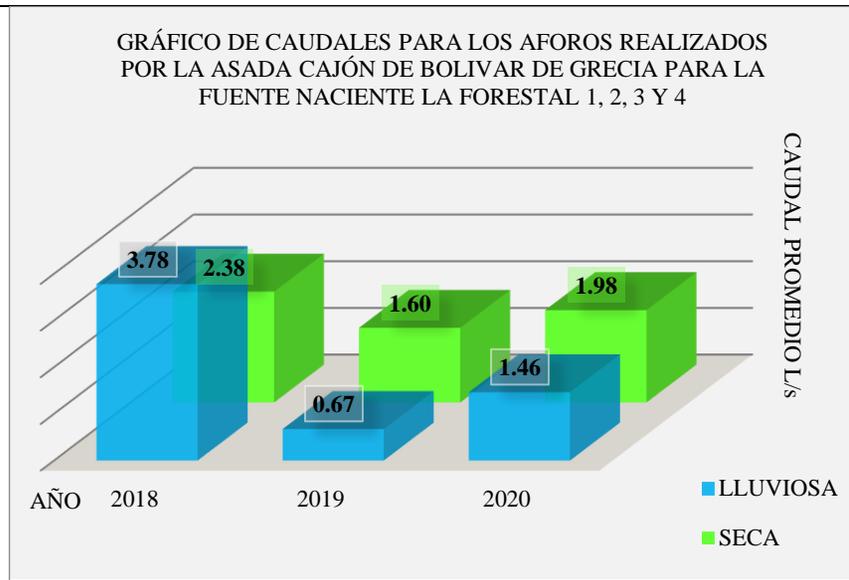
Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

El estudio de comparación entre los resultados de los aforos efectuados en un periodo de tres años por funcionarios de la ASADA de Cajón de Bolívar de Grecia durante la época seca y lluviosa, y el resultado del aforo realizado durante esta investigación, correspondiente a la época lluviosa del año 2021, permiten definir características importantes de la capacidad hídrica de cada una de las fuentes. En la tabla 44, a continuación, se detallan los resultados promedio de cada año para los aforos realizados por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación para cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 44

*Comparación de la información de caudales recopilados por la ASADA de Cajón de Bolívar de Grecia durante los años 2018, 2019 y 2020, con el aforo realizado durante la investigación correspondiente a la época lluviosa del año 2021 para la fuente naciente La Forestal*

<b>Fuente naciente La Forestal 1, Forestal 2, Forestal 3 y Forestal 4</b>					
<b>Datos generados por la ASADA</b>			<b>Datos generados durante la investigación</b>		
<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>	<b>Época</b>	<b>Año</b>	<b>Caudal promedio L/s</b>
Lluviosa	2018	3.78		2019	-
	2019	0.67	Lluviosa	2020	-
	2020	1.46		2021	1.27
Seca	2018	2.38		2019	-
	2019	1.60	Seca	2020	-
	2020	1.98		2021	-



Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

### Resultados de los muestreos de calidad del agua

A continuación, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante el muestreo de calidad del agua para cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 45

*Registro del análisis de calidad del agua realizado en campo para las fuentes de la ASADA de Cajón de Bolívar de Grecia*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Turbidez Ntu</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
1	Naciente sin nombre (La Forestal 1)	6.7	19	0	0	0
2	Naciente sin nombre (La Forestal 2)	6.7	19	0	0	0
3	Naciente sin nombre (La Forestal 3)	6.7	19	0	0	0
4	Naciente sin nombre (La Forestal 4)	6.7	19	0	0	0

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

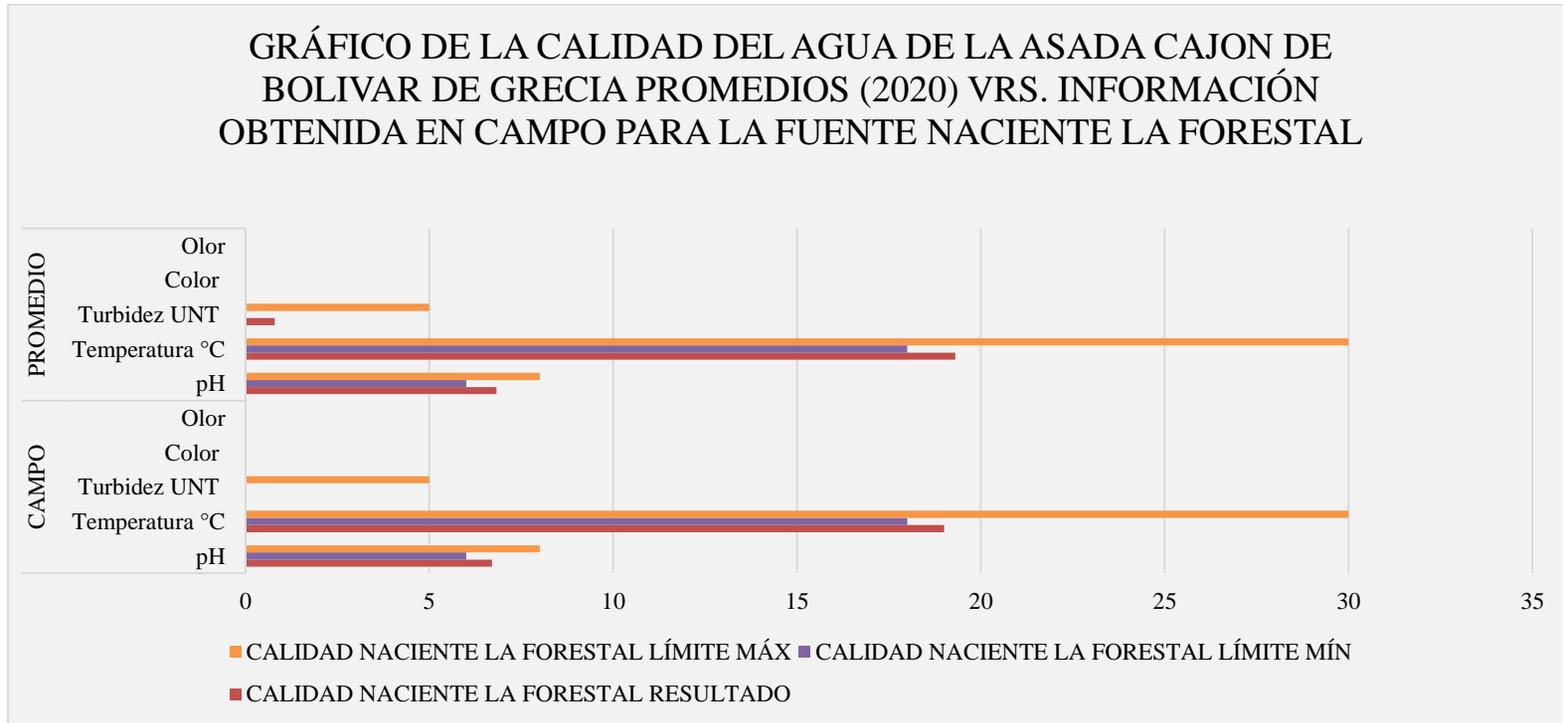
Tabla 46

*Resultados promedio de los análisis de calidad realizados en los años 2020 y 2021 por la ASADA de Cajón de Bolívar de Grecia mediante laboratorio acreditado*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>pH</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Turbidez Ntu</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
1	Naciente sin nombre (La Forestal 1)	6.82	19.30	0.79	0	0
2	Naciente sin nombre (La Forestal 2)	6.82	19.30	0.79	0	0
3	Naciente sin nombre (La Forestal 3)	6.82	19.30	0.79	0	0
4	Naciente sin nombre (La Forestal 4)	6.82	19.30	0.79	0	0

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Para la comparación de los resultados de la calidad del agua de las diferentes fuentes aprovechadas por la ASADA, se analizan los resultados obtenidos por un periodo de dos años realizados por un laboratorio certificado, en comparación con el resultado obtenido *in situ* durante la investigación. A continuación, se presenta un gráfico comparativo con ambos resultados.



*Figura 41.* Resultados de la calidad del agua de la ASADA de Cajón de Bolívar de Grecia, promedios 2020 vsr. información obtenida en campo para la fuente naciente La Forestal

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigación

### **Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de San Roque**

La ASADA de San Roque se encuentra ubicada en el distrito de San Roque del cantón de Grecia. Sus oficinas se ubican al costado noreste del templo católico de la localidad y ofrece como contacto el número telefónico 2444-6449 y el correo electrónico [info@acueductosanroque.com](mailto:info@acueductosanroque.com).

Para la determinación de las condiciones actuales de las fuentes que se encuentran dentro de la RFG y son utilizadas por el acueducto, se llevó a cabo una visita el día 29 de mayo del año 2021 en compañía del señor Alberto Rodríguez Rodríguez, miembro de la ASADA. Durante la visita, se determinó únicamente la ubicación de las fuentes debido a que éstas se encontraban fuera del área de la RFG.

### **Resultados de las ubicaciones**

A continuación, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante la georreferenciación de la ubicación de cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 47

*Registro de ubicaciones obtenidas en campo para las fuentes de la ASADA de San Roque*

Id	Fuente	Ubicación CRTM05		Altura
		Longitud	Latitud	MSNM
1	Naciente sin nombre (Zapote 1)	469969	1119374	1340
2	Naciente sin nombre (Zapote 2)	470005	1119360	1340
3	Naciente sin nombre (Zapote 3)	470009	1119365	1340
4	Naciente sin nombre (Zapote 4)	469827	1119278	1340
5	Naciente sin nombre (Zapote 5)	469825	1119275	1340
6	Naciente sin nombre (Zapote 6)	469820	1119270	1340
7	Naciente sin nombre (Zapote 7)	469784	1119337	1340

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 48

*Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE para la ASADA de San Roque de Grecia*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>Ubicación CRTM05</b>	
		<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>
1	Sin nombre 2	472967.3049	1123537.058
2	Sin nombre 3	473307.3814	1123636.701

A continuación, se muestra el mapa con las ubicaciones de las fuentes aprovechadas por la ASADA de San Roque de Grecia, contraponiendo la información georreferenciada obtenida en campo, con las ubicaciones registradas en el SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE.

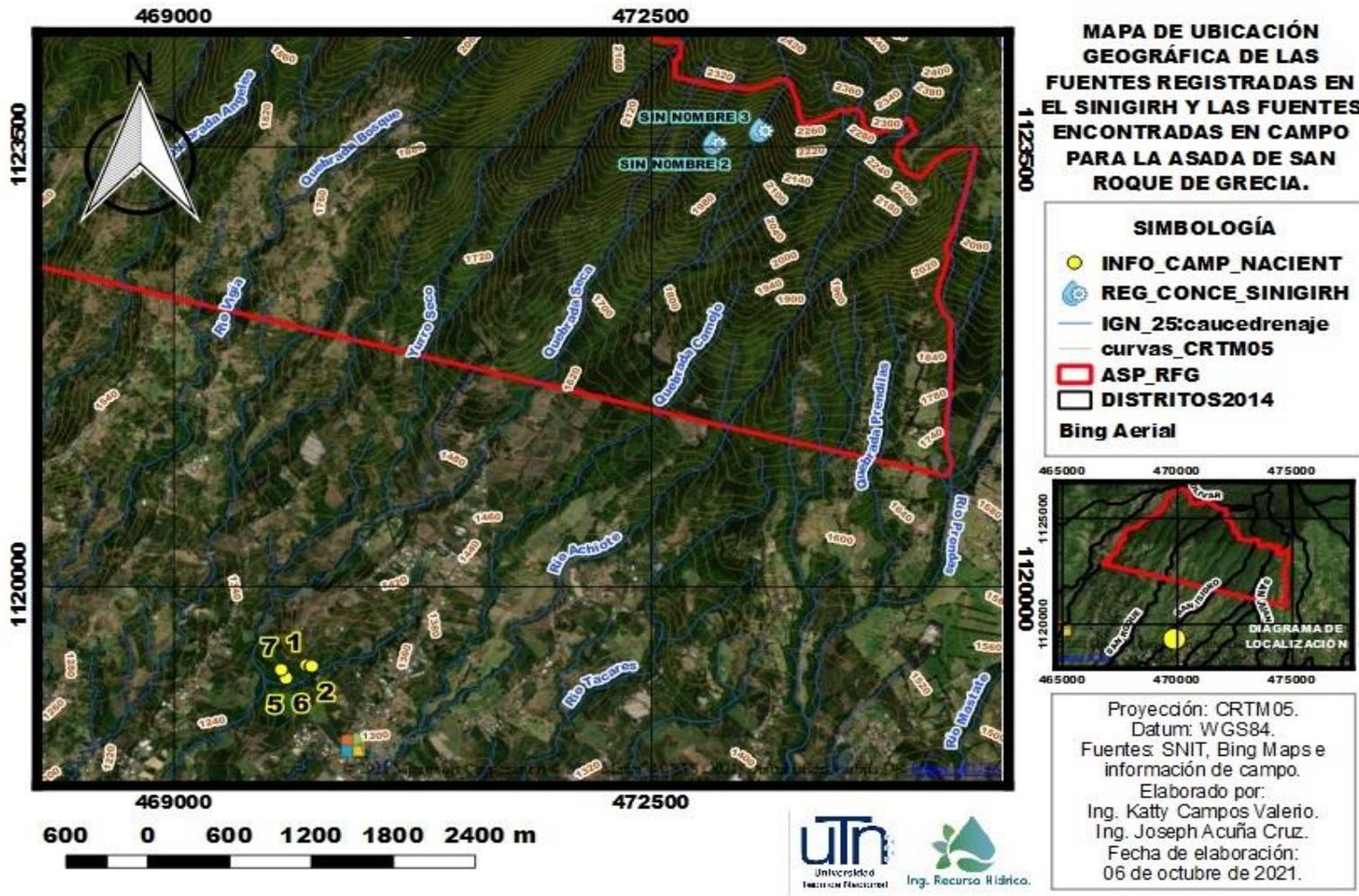


Figura 42. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en la base de datos del SINIGIRH y las fuentes encontradas en campo para la ASADA de San Roque de Grecia

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

## **Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de San Juan de Grecia**

La ASADA de San Juan de Grecia se encuentra ubicada en el poblado de San Juan del distrito de Bolívar del cantón de Grecia. Sus oficinas se ubican a un costado del templo católico de la localidad y ofrece como contacto el número telefónico 24445332 / 86980927 / 62665760 y el correo electrónico [asadasanjuangrecia@gmail.com](mailto:asadasanjuangrecia@gmail.com).

Para la determinación de las condiciones actuales de las fuentes que se encuentran dentro de la RFG y son utilizadas por este acueducto, se llevó a cabo una visita el día 19 de junio del año 2021 en compañía del señor Gerald Castro Cruz, miembro de la ASADA. Durante la visita, se realiza un levantamiento de la ubicación, visualización de la vegetación, cobertura boscosa y sobrevuelo para el levantamiento de fotografías y videos aéreos. A continuación, se describen los resultados obtenidos durante las pruebas.

### **Resultados de las ubicaciones**

Seguidamente, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante la realización de aforos y georreferenciación de la ubicación de cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 49

*Registro de ubicación obtenida en campo para la fuente de la ASADA de San Juan de Grecia*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>Ubicación CRTM05</b>		<b>Altura</b>
		<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>MSNM</b>
1	Naciente Murillo William	467608	1122173	1519

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 50

*Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE para la ASADA de San Juan de Grecia*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>Ubicación CRTM05</b>		<b>Altura</b>
		<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>MSNM</b>
1	Naciente Murillo William	467608	1122173	1519

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

A continuación, se muestra el mapa con las ubicaciones de las fuentes aprovechadas por la ASADA de San Juan de Grecia, contraponiendo la información georreferenciada obtenida en campo, con las ubicaciones registradas en el SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE.

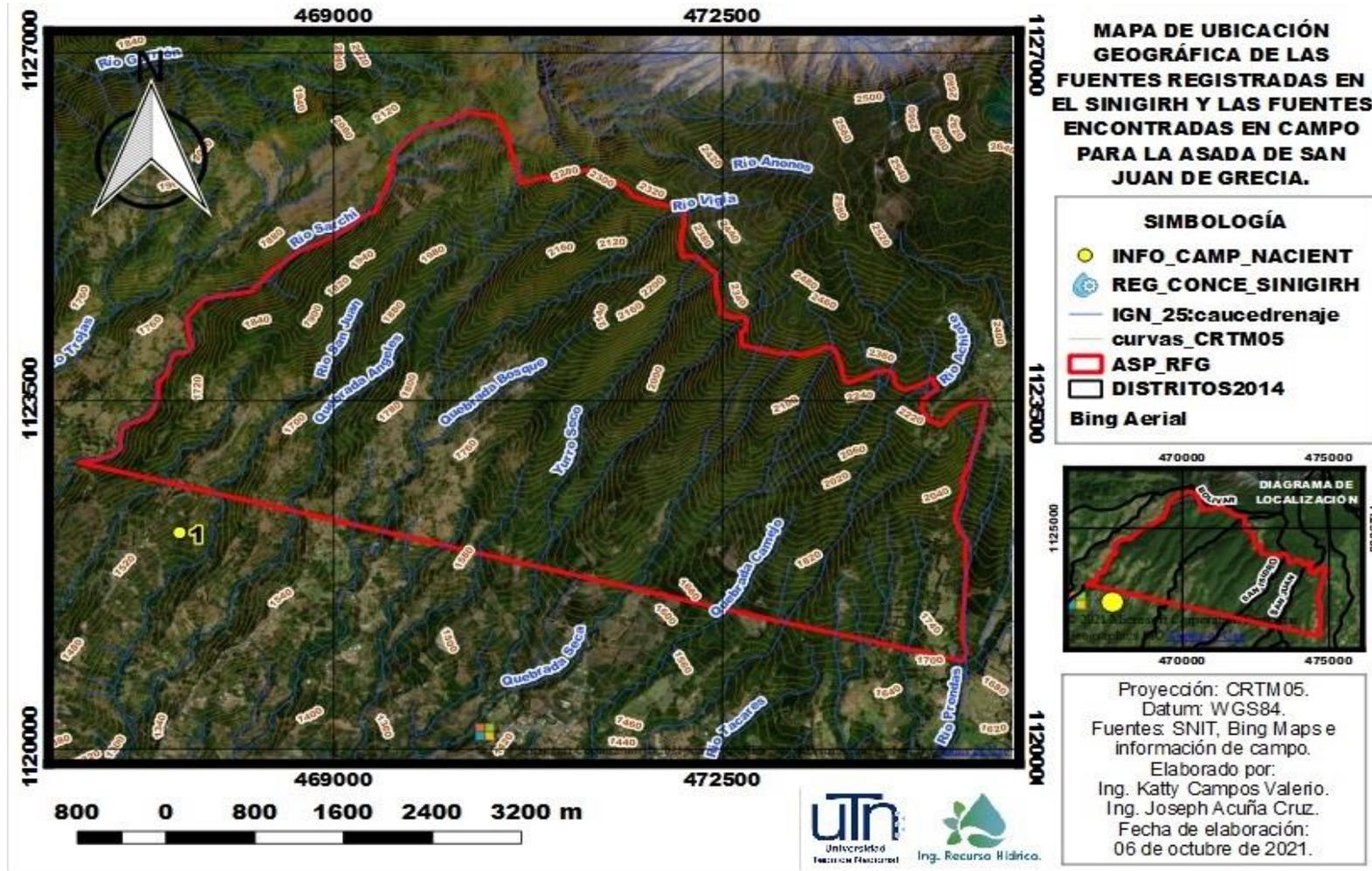


Figura 43. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en la base de datos del SINIGIRH y las fuentes encontradas en campo para la ASADA de San Juan de Grecia

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

## **Asociación Administradora del Sistema de Acueducto y Alcantarillado Comunal de Los Ángeles**

La ASADA de Los Ángeles se encuentra ubicada en el poblado El Cajón de del distrito de Bolívar del cantón de Grecia. Sus oficinas se ubican a un costado del templo católico de la localidad y ofrece como contacto los números telefónicos 24440132/83700110 y el correo electrónico [acueductolosangeles@hotmail.com](mailto:acueductolosangeles@hotmail.com).

Para la determinación de las condiciones actuales de las fuentes que se encuentran dentro de la RFG y son utilizadas por este acueducto, se llevó a cabo una visita el día 5 de julio del año 2021 en compañía del señor José Jesús Vásquez Rojas, miembro de la ASADA. Durante la visita, se realiza un levantamiento de la ubicación, visualización de la vegetación, cobertura boscosa y sobrevuelo para el levantamiento de fotografías y videos aéreos. A continuación, se describen los resultados obtenidos durante las pruebas.

### **Resultados de las ubicaciones**

Seguidamente, se muestra el cuadro con los resultados obtenidos durante la realización de aforos y georreferenciación de la ubicación de cada una de las fuentes superficiales.

Tabla 51

*Registro de ubicación obtenida en campo para las fuentes de la ASADA de Los Ángeles*

<b>Id</b>	<b>Fuente</b>	<b>Ubicación CRTM05</b>		<b>Altura</b>
		<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>MSNM</b>
1	Naciente sin nombre	472585	1125812	2500
2	Naciente sin nombre	472574	1125823	2500
3	Naciente sin nombre	472560	1125822	2500

4	Naciente sin nombre	472544	1125813	2500
5	Naciente sin nombre	472520	1125805	2500
6	Naciente sin nombre	472509	1125805	2500

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Tabla 52

*Registro de fuentes y ubicaciones según la base de datos del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE para la ASADA de Los Ángeles*

Id	Fuente	Ubicación CRTM05		Altura
		Longitud	Latitud	MSNM
1	Sin nombre	471689.3026	1125388.232	-

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

A continuación, se muestra el mapa con las ubicaciones de las fuentes aprovechadas por la ASADA de Los Ángeles, contraponiendo la información georreferenciada obtenida en campo, con las ubicaciones registradas en el SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE.

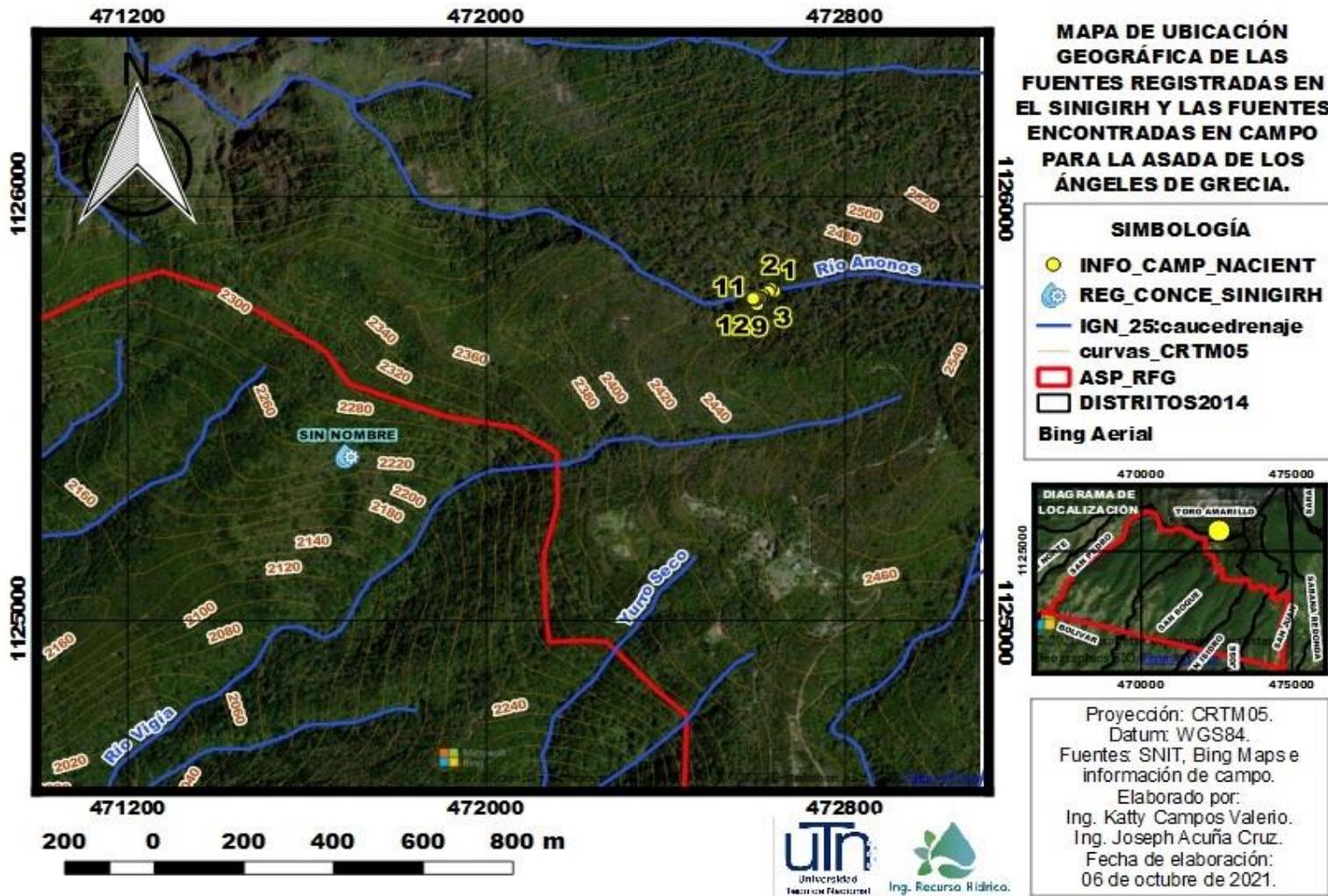


Figura 44. Mapa de ubicación geográfica de las fuentes registradas en la base de datos del SINIGIRH, y las fuentes encontradas en campo para la ASADA de Los Ángeles

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras con base en datos de SNIT, Bing Maps e información de campo

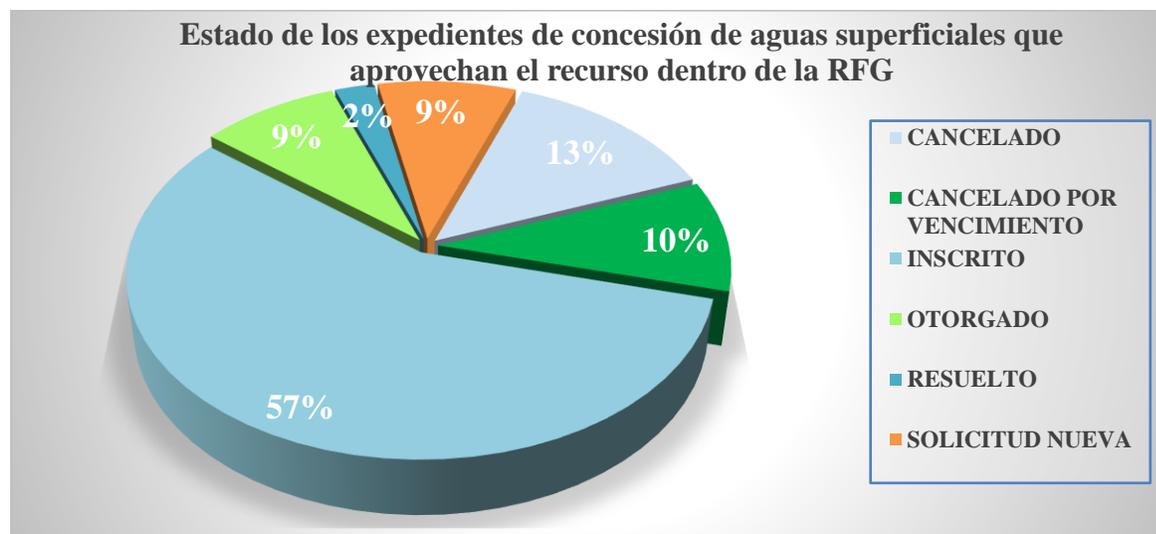
## Hallazgos

### Registro de aforos

En la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE, se determinó la existencia de una cantidad de 53 aforos realizados en las distintas fuentes que se encuentran dentro del territorio de la reserva. Estos aforos corresponden, tanto a los expedientes R (acueducto rural), como a los expedientes A (aguas superficiales).

### Concesiones para aprovechamiento de agua

En la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE, se encontró que, actualmente, se cuenta con un registro de 82 concesiones, de las cuales la mayoría se encuentra inscritas para consumo poblacional (expedientes tipo R), seguido por el estado cancelado y cancelado por vencimiento, y en menor medida los otorgados, solicitud nueva y resueltos.



*Figura 45.* Estado de los expedientes de concesión de aguas superficiales que aprovechan el recurso dentro de la RFG

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

### **Ordenamiento territorial zona catastrada**

Para determinar las condiciones del ordenamiento territorial predominante dentro del territorio de la RFG, se realiza un análisis fundamentado en la información catastral del SNIT. En ese sentido, se encontró un total de 11 propiedades pertenecientes al Estado, las cuales son administradas por el SINAC: una perteneciente a la ASADA de San Roque de Grecia y las restantes pertenecientes a entes privados.

### **Ordenamiento territorial usos del suelo**

La información de usos del suelo indica que el 85% del territorio se encuentra cubierto por bosque, mientras el otro 15% se encuentra dedicado a actividades varias, entre ellas, asentamientos humanos, desarrollos ganaderos, actividades agrícolas.

### **ASADA San Luis de Grecia**

La ASADA de San Luis de Grecia establece sus fuentes en dos únicos nombres: sistema 1 y sistema 2. El sistema 1 está compuesto por cinco fuentes superficiales o afloramientos distintos; todas son nacientes, de las cuales cuatro de ellas son captadas y llevadas a un mismo punto (tanque de reunión), donde se realizan los aforos y muestreos de la calidad del agua. Igualmente, el sistema 2 está compuesto únicamente por una fuente superficial o afloramiento, la cual corresponde a una naciente; sus aforos y muestreos de calidad se realizan en el punto de toma.

Con respecto a las inscripciones ante la Dirección de Agua del MINAE, se encontró que esta ASADA cuenta con 15 fuentes superficiales inscritas ubicadas dentro de los límites de la RFG. No obstante, en campo, se determinó que solo seis de ellas se encuentran siendo aprovechadas. Se desconoce la ubicación e información de las nueve fuentes superficiales restantes, que, según la base de datos, se encuentran dentro del territorio de la reserva; sin embargo, no fueron mencionadas

por los representantes de la ASADA que acompañaron a las personas investigadoras durante las visitas.

Por otra parte, de acuerdo con las ubicaciones registradas en el SINIGIRH, se encuentra que éstas cuentan con desplazamiento de varios metros con respecto a las coordenadas reales obtenidas en campo durante la investigación, las cuales, a la hora de realizar el levantamiento georreferenciado, cuentan con un margen de error de  $\pm 3$  metros. Esto se establece para las únicas seis fuentes visitadas.

Con respecto a las áreas de protección, se encontró que el territorio circundante en los 100 y 200 metros está cubierto en un 90% por bosque y el 10% restante por posibles actividades agropecuarias (potreros para ganado vacuno y equino), lo cual es similar para las seis fuentes visitadas.

En relación con el análisis de caudales, se realiza una tabulación de los aforos realizados durante tres años por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación. Ello permite comparar únicamente una época y un año, además de obtener un estimado de las fluctuaciones que han tenido los caudales durante estos tres años.

En lo referente a los análisis de calidad del agua realizados en campo durante la investigación, se hace la medición en un solo punto donde las aguas convergen, por lo tanto, el resultado es el mismo para las seis fuentes. Con respecto a los análisis realizados por la ASADA (laboratorio acreditado), se encontró que éstos son realizados individualmente para el sistema 1 y sistema 2.

### **ASADA San Miguel de Grecia**

La ASADA de San Luis de Grecia cuenta con seis fuentes superficiales o afloramientos captados, todas las cuales son nacientes. Ellas se dividen por nombre de la siguiente manera: Suzo 1 y Suzo 2, Los Pedros, La Cueva 1, La Cueva 2 y La Cueva 3.

Con respecto a las inscripciones ante la Dirección de Agua del MINAE, se encontró que esta ASADA cuenta con tres fuentes superficiales inscritas ubicadas dentro de los límites de la reserva; sin embargo, en campo, se determinó que las fuentes superficiales aprovechadas son seis. Se desconoce la ubicación e información de la fuente Los Carlos, la cual, según la base de datos, se encuentra dentro del territorio de la reserva, pero que no fue mencionada por los representantes de la ASADA que acompañaron a las personas investigadoras durante las visitas.

Por otra parte, de acuerdo con las ubicaciones registradas en el SINIGIRH, se encuentra que éstas cuentan con desplazamiento de varios metros con respecto a las coordenadas reales obtenidas en campo durante la investigación, las cuales, a la hora de realizar el levantamiento georreferenciado, cuentan con un margen de error de  $\pm 3$  metros. Esto se establece para las únicas seis fuentes visitadas.

Con respecto a las áreas de protección, se encontró que el territorio circundante en los 100 y 200 metros para las fuentes Suzo 1 y Suzo 2 está cubierto en un 30% por bosque y un 70% para actividades agropecuarias (potreros). Mientras tanto, para la fuente Los Pedros, un 40% cubierto por bosque y un 60% entre actividades agropecuarias (poteros) y asentamientos (viviendas). Finalmente, las fuentes La Cueva 1, La Cueva 2 y La Cueva 3 se encuentran cubiertas en un 50% por bosque y un 50% entre actividades agropecuarias (poteros).

En lo referente al análisis de caudales, se realiza una tabulación de los aforos realizados durante tres años por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación, lo cual permite comparar únicamente una época y un año, además de obtener un estimado de las fluctuaciones que han tenido los caudales durante estos tres años.

En relación con los análisis de calidad del agua realizados en campo durante la investigación, se realiza la medición en un solo punto para las fuentes Suzo 1 y Suzo 2, otro para la fuente Los Pedros y otro punto para las fuentes La Cueva 1, La Cueva 2 y La Cueva 3. Por lo tanto, el resultado es el mismo para las fuentes que comparten el mismo nombre. Con respecto a los análisis realizados por la ASADA (laboratorio acreditado), se encontró que éstos son realizados de la misma forma.

### **ASADA El Mastate**

La ASADA de Mastate a la fecha no cuenta con oficinas propias, por lo tanto, las gestiones administrativas son realizadas en la vivienda de los señores Gilbert Ramírez y Yesenia Núñez, quienes son miembros del acueducto.

Dicha ASADA cuenta con dos fuentes superficiales o afloramientos captados, todas las cuales son nacientes y se dividen en nombres de la siguiente manera: Prendas 1 y Prendas 2. Es importante resaltar que, a pesar de estar cerca de la fuente Prendas captada por la ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez, no se tratan de las mismas fuentes superficiales.

Además, las dos fuentes superficiales son compartidas por las ASADAS de Calle Liles, San Juan Norte de Poás y Mastate. Estas dos fuentes superficiales son captadas y llevadas a un solo punto donde se divide en tres partes distintas para cada aprovechamiento.

Con respecto a las inscripciones ante la Dirección de Agua del MINAE, se encontró que esta ASADA cuenta con una fuente superficial inscrita, la cual está ubicada dentro de los límites de la reserva; sin embargo, en campo, se determinó que las fuentes superficiales aprovechadas son dos.

Uno de los hallazgos más importantes es que, en el registro de la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE, esta ASADA aparece con el nombre de ASADA EL MATASTE DE SAN JUAN DE POÁS y no como correctamente debe leerse: ASADA EL MASTATE DE SAN JUAN DE POÁS.

En lo referente a las áreas de protección, se encontró que el territorio circundante en los 100 y 200 metros para ambas fuentes se encuentra cubierto un 80% por bosque y un 20% para actividades agropecuarias (potreros).

Respecto del análisis de caudales, se hace una tabulación de los aforos realizados durante dos años por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación; sin embargo, no se logra hacer una comparación ya que, para la fecha del aforo realizado durante la investigación, la ASADA no pudo presentar el dato de los años solicitados.

Para los análisis de calidad del agua realizados en campo durante la investigación, se realiza la medición en un solo punto para ambas fuentes en el único tanque de almacenamiento con que cuenta la ASADA, por lo cual ambos resultados son los mismos. Con respecto a los análisis realizados por la ASADA (laboratorio acreditado), se encontró que éstos son realizados de la misma forma.

### **ASADA Calle San José-Calle Rodríguez**

La ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez cuenta con dos fuentes superficiales o afloramientos captados, los cuales se ubican dentro del territorio de la reserva. Ambas fuentes son nacientes y se encuentran a varios kilómetros de distancia una de la otra.

La fuente superficial Prendas captada por esta ASADA se encuentra cercana a las fuentes superficiales Prendas 1 y Prendas 2 de las ASADAS de San Juan Norte de Poás, Calle Liles y Mastate, sin embargo, no se trata de la misma fuente.

Con respecto a las inscripciones ante la Dirección de Agua del MINAE, se encontró que la ASADA cuenta con ocho fuentes superficiales inscritas, sin embargo, solo se encuentran aprovechándose dos. Se desconoce la ubicación e información de las restantes seis, las cuales, según la base de datos, se encuentran dentro del territorio de la reserva, pero que no fueron mencionadas por los representantes de la ASADA que acompañaron a las personas investigadoras durante las visitas.

En relación con las áreas de protección, se encontró que, para la fuente Prendas, el territorio circundante en los 100 y 200 metros se encuentra cubierto un 80% por bosque y un 20% para actividades agropecuarias (potreros), mientras para la fuente superficial El Achiote, se encuentra cubierto por un 100% de bosque.

En lo referente al análisis de caudales, se hace una tabulación de los aforos realizados durante tres años por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación. Ello permite realizar una comparación en los resultados y verificar la fluctuación de caudales registrados a través de los tres años.

Con respecto a los análisis de calidad del agua realizados en campo durante la investigación, se realiza la medición en las dos tuberías de ingreso al tanque de reunión, por lo cual se pueden obtener resultados individuales para cada de las fuentes superficiales. En lo referente a los análisis realizados por la ASADA (laboratorio acreditado), se encontró que éstos son realizados en un solo punto donde convergen las aguas. Por este motivo, se obtiene un único resultado.

### **ASADA Carbonal**

La ASADA de Carbonal cuenta con tres fuentes superficiales o afloramientos captados, los cuales están ubicados dentro del territorio de la reserva. Ambas son nacientes y se encuentran cercanas entre sí.

Respecto de las inscripciones ante la Dirección de Agua del MINAE, se encontró que la ASADA cuenta con tres fuentes superficiales inscritas, las cuales corresponden a las fuentes superficiales encontradas en campo durante la investigación.

Considerando las áreas de protección, se encontró que el territorio circundante en los 100 y 200 metros se encuentra cubierto en 40% por bosque y un 60% para actividades agropecuarias (potreros) y asentamientos (viviendas).

Con respecto al análisis de caudales, se realiza una tabulación de los aforos realizados durante tres años por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación. Ello permite realizar una comparación de los resultados y verificar la fluctuación de caudales registrados a través de los tres años.

En relación con los análisis de calidad del agua realizados en campo durante la investigación, se hace la medición en el tanque de reunión donde convergen los tres caudales. Con respecto a los

análisis realizados por la ASADA (laboratorio acreditado), se realiza de la misma forma. Por este motivo, se obtiene únicamente un resultado para las tres fuentes.

### **ASADA Calle Liles**

La ASADA de Calle Liles cuenta con dos fuentes superficiales o afloramientos captados; todas ellas son nacientes y se denominan de la siguiente manera: Prendas 1 y Prendas 2. Es importante resaltar que, a pesar de estar cerca de la fuente superficial Prendas captada por la ASADA de Calle San José - Calle Rodríguez, no se tratan de las mismas fuentes superficiales.

En lo referente a las inscripciones ante la Dirección de Agua del MINAE, se encontró que la ASADA cuenta con cuatro fuentes superficiales inscrita, sin embargo, solo se encuentran aprovechándose dos. Se desconoce la ubicación e información de las fuentes Nac 2 Santiago y Nac Avispero, las cuales, según la base de datos, se encuentran dentro del territorio de la reserva, pero que no fueron mencionadas por los representantes de la ASADA que acompañaron a las personas investigadoras durante las visitas.

En relación con las áreas de protección, se encontró que, para la fuente superficial Prendas, el territorio circundante en los 100 y 200 metros se encuentra cubierto un 80% por bosque y un 20% para actividades agropecuarias (potreros), mientras, para la fuente El Achiote, se encuentra cubierto por un 100% de bosque.

Considerando el análisis de caudales, se hace una tabulación de los aforos realizados durante tres años por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación, lo cual permite comparar los resultados y verificar la fluctuación de caudales registrados a través de los tres años.

Con respecto a los análisis de calidad del agua realizados en campo durante la investigación, se realiza la medición en las dos tuberías de ingreso al tanque de reunión, por lo tanto, se pueden

obtener resultados individuales para cada de las fuentes superficiales. En referencia a los análisis realizados por la ASADA (laboratorio acreditado), se encontró que éstos son hechos en un solo punto donde convergen las aguas. Por este motivo, se obtiene un único resultado.

### **ASADA El Cajón de Bolívar de Grecia**

La ASADA de El Cajón de Bolívar de Grecia cuenta con cuatro fuentes superficiales o afloramientos captados; todas nacientes, a estas fuentes se les conoce como naciente La Forestal.

En referencia a las inscripciones ante la Dirección de Agua del MINAE, se encontró que la ASADA cuenta con 10 fuentes superficiales inscritas; sin embargo, solo se encuentran aprovechando cuatro. Se desconoce la ubicación e información de las fuentes Antolín 2, Antolín 1, Toma Suzo, Antolín, Fabio 4, Fabio 3, Fabio 1 y Fabio 2, las cuales, según la base de datos, se encuentran dentro del territorio de la reserva, pero que no fueron mencionadas por los representantes de la ASADA que acompañaron a las personas investigadoras durante las visitas.

Con respecto a las áreas de protección, se encontró que las cuatro fuentes superficiales se encuentran rodeadas, dentro de los 200 metros, por un 90% de bosque y un 10% para actividades agropecuarias (potreros).

Con respecto al análisis de caudales, se hace una tabulación de los aforos realizados durante 3 años por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación. Ello permite hacer una comparación en los resultados y verificar la fluctuación de caudales registrados a través de los tres años.

En relación con los análisis de calidad del agua realizados en campo durante la investigación, se hace la medición en el tanque de reunión de éstos para las fuentes La Forestal 1, La Forestal 2 y La Forestal 3, ya que éstas llegan a un mismo tanque, mientras, para la Forestal 4, se realiza por

aparte, ya que ésta se encuentra unos metros más abajo del tanque. Respecto de los análisis realizados por la ASADA (laboratorio acreditado), se encontró que éstos son hechos de la misma forma.

### **ASADA San Roque de Grecia**

Según la base de datos del SINIGIRH, la ASADA de San Roque de Grecia tiene dos fuentes superficiales ubicadas dentro de la RFG (naciente sin nombre 1 y nacimiento sin nombre 2); sin embargo, se comprobó que las coordenadas de ubicación como se encuentran inscritas son erróneas y las fuentes superficiales se encuentran fuera del territorio de la reserva. Además, se determinó que no son únicamente dos fuentes superficiales, sino que son siete las fuentes aprovechadas (naciente Zapote 1, nacimiento Zapote 2, nacimiento Zapote 3, nacimiento Zapote 4, nacimiento Zapote 5, nacimiento Zapote 6 y nacimiento Zapote 7). Al ser fuentes superficiales que nacen fuera del territorio de la RFG, se determinó únicamente su ubicación y no se incluyeron dentro del análisis integral del proyecto.

### **ASADA San Juan de Grecia**

Se informó, a las personas investigadoras durante algunas visitas, que la ASADA de San Juan de Grecia también realizaba un aprovechamiento de una fuente superficial ubicada dentro del territorio de la reserva; sin embargo, se realizó un análisis y se determinó que existe una confusión de esta ASADA con la ASADA de San Juan Norte de Poás, la cual sí aprovecha una fuente superficial dentro de la reserva. Igualmente, se visitó la fuente William Murillo y se determinó que, en efecto, se encuentra fuera de este territorio.

### **ASADA Los Ángeles de Grecia**

De acuerdo con la base de datos del SINIGIRH, la ASADA de Los Ángeles de Grecia tiene una fuente superficial ubicada dentro de la RFG (naciente sin nombre); sin embargo, se comprobó que las coordenadas de ubicación como se encuentra inscrita son erróneas y la fuente se encuentra fuera del territorio de la reserva. Además, se determinó que no es únicamente una fuente, sino que son 10 las fuentes superficiales aprovechadas (naciente sin nombre 1, naciente sin nombre 2, naciente sin nombre 3, naciente sin nombre 4, naciente sin nombre 5, naciente sin nombre 6, naciente sin nombre 7, naciente sin nombre 8, naciente sin nombre 9 y naciente sin nombre 10). Al ser fuentes que nacen fuera del territorio de la RFG, se determinó únicamente su ubicación y no se incluyeron dentro del análisis integral del proyecto.

### **ASADA Vista de Atenas**

Según el SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE, dentro de los límites de la RFG, se ubica una fuente superficial inscrita para la ASADA de Vista de Atenas de Alajuela, precisamente en el punto con coordenadas en proyección CRTM05: latitud 1122240 y longitud 470156. Sin embargo, a lo largo de esta investigación, no se logró obtener información de la existencia, contactos o ubicación de la ASADA para poder consultarles si, efectivamente, contaban con una fuente dentro de este territorio o si se trata de un error en las coordenadas de ubicación. Por este motivo, dicha ASADA se excluyó del proyecto.

### **ASADA San Isidro de Grecia y ASADA San Juan Norte de Poás**

A pesar de los esfuerzos realizados para lograr la participación de todas las ASADAS, no se obtuvo respuesta de parte de la ASADA de San Isidro de Grecia y de la ASADA de San Juan Norte de Poás. Por ende, no se tomaron en cuenta en la elaboración del proyecto.

## **UNAGUAS**

Esta organización fue creada el 14 de setiembre del 2002 y busca, en forma integral, el manejo de las cuencas, la conservación y el adecuado manejo del recurso hídrico de la zona de Grecia. Actualmente, tiene como su asesora principal y encargada a la licenciada Geisel Sánchez Murillo, profesional en el área de gestión ambiental, quien puede ser contactada a través del correo electrónico [info@unaguas.org](mailto:info@unaguas.org) o al número telefónico 2495-2000.

Uno de los hallazgos más importantes fue el conocer la forma de actuar de esta organización, ya que agrupa a varias ASADAS del cantón de Grecia con el fin de gestionar y elaborar acciones conjuntas para el beneficio del recurso hídrico, tal como es el objetivo de esta investigación. Este ente cuenta con amplia información en materia técnica y administrativa, lo cual facilita la gestión de cada una de las ASADAS que la conforman; sin embargo, hasta la conclusión de este documento, no se logró obtener información por parte de dicho organismo.

## Conclusiones

La Reserva Forestal Grecia, por su ubicación y características ambientales, es de gran importancia para la generación de recurso hídrico superficial a nivel de la cuenca del río Grande de Tárcoles. Al haber realizado un análisis de la cantidad de agua de las distintas fuentes estudiadas, se obtiene, como resultado, un caudal estimado de 88 L/s, siendo éste el total de caudal aforado y aprovechado por varios usuarios, y no el total generado por todas las fuentes que se encuentran dentro de la RFG. En ese sentido, se estima que el proyecto abarcó aproximadamente un 30% de las fuentes superficiales de agua que conforman los sistemas hídricos de la Reserva Forestal Grecia.

La mayoría de las fuentes superficiales captadas no cuenta con un caudal ecológico que garantice el adecuado manejo y conservación de los ecosistemas de manera racional y sostenible.

Por otro lado, la mayoría de usuarios afirma que la disponibilidad de agua de las fuentes es cada vez menor, lo cual se asocia con el crecimiento de la población, la amplia demanda de disponibilidad y el uso irracional.

El Registro Nacional de Concesiones de la Dirección de Agua del MINAE alberga múltiples inscripciones y concesiones, las cuales tienen una ubicación incorrecta. Ello causa una afectación directa a la definición real de las áreas de protección establecidas por Ley. Esta afectación impacta igualmente a las municipalidades, las cuales son las principales encargadas de otorgar permisos de construcción y gestionar el ordenamiento territorial.

La falta de acompañamiento por parte de las instituciones gubernamentales encargadas de dar seguimiento y protección al recurso hídrico, según lo indicado, se debe principalmente a la falta de personal y presupuesto para llevar a cabo visitas y coordinar actividades que fomenten la conservación ambiental.

La capacidad hídrica con la que cuentan las microcuencas que conforman el territorio de la Reserva Forestal Grecia son de suma importancia para el desarrollo de la población de los cantones de Sarchí, Poás, Grecia y Atenas. Lo anterior es así, puesto que, durante la investigación, se determinó que varios de estos cantones cuentan únicamente con el caudal generado por estas fuentes superficiales, y sin éstas, no sería posible el abastecimiento a la población.

La conservación de las áreas de protección de las fuentes superficiales captadas para consumo humano es un tema preocupante en la zona, debido a que, con el respaldo de las tomas aéreas en la aeronave no tripulada, se observa que muchas de estas zonas se encuentran sin la cobertura boscosa idónea. En efecto, dentro de algunas de estas áreas de protección (100 y 200 metros), se continúan realizando actividades económicas, como cultivo de café, cultivo de pasto para ganado y viviendas o asentamientos, principalmente.

Sobre la calidad de las aguas, se concluye que ésta goza de calidades excelentes según los análisis realizados y la información certificada por laboratorio facilitada por las ASADAS. La variación de resultados no es significativa con respecto a agentes contaminantes que causen alteraciones a la salud humana, siempre enfocándose en los parámetros estudiados y obtenidos de la información nombrada con anterioridad.

Para las obras de captación, se concluye que la mayoría no cuenta con los mecanismos de protección indicados en el Reglamento de ASADAS, tales como obras complementarias que, si bien no son exigidas, mejoran en muchos aspectos la calidad y cantidad de agua de las fuentes, así como la seguridad de su inocuidad.

En referencia a los sistemas de cloración, se determinó una variedad significativa en los métodos utilizados, sin embargo, el nivel de cloro, tanto residual, como para desinfección, mantiene

parámetros cerca del rango permitido para el consumo humano. La cloración es el único mecanismo de desinfección utilizado por las ASADAS visitadas.

Con respecto a los sistemas de desarenado o sedimentadores, se determinó que, en muy pocos casos, es utilizado como un mecanismo de tratamiento, exceptuando algunos sistemas muy completos. Esta característica de poco arrastre de materiales de las aguas captadas puede deberse a que la mayoría de fuentes es captada desde su nacimiento. Ello no genera gran cantidad de arrastre de arcillas, limos, arenas y rocas.

Se resalta que, a la fecha de realización de este trabajo investigativo, no existe un registro de aforos certero para cada una de las fuentes superficiales aprovechadas y registradas dentro de los límites de la RFG.

La participación ciudadana, comisiones, organizaciones e instituciones tienen una gran brecha que se debe de atender, lo cual se debe, principalmente, a la falta de coordinación y comunicación que ha transcurrido por años. De esta manera, se encuentra afectando directamente al recurso que funciona como servicio de provisión principal en las actividades diarias y que no es visto con la responsabilidad suficiente para comprender las posibles repercusiones negativas por la diversidad de eventos vulnerables a los que nos enfrentamos, por ejemplo, el cambio climático.

A pesar del esfuerzo realizado en esta investigación, se recalca la importancia de dar seguimiento a las fuentes de aguas superficiales que no se lograron visitar o ubicar. Si se logra determinar, mediante estudios de este tipo, la capacidad hídrica real aproximada, se puede optar por decisiones de mayor peso, enfocándose hacia la gestión integrada del recurso hídrico. Obtener datos más concretos podría incidir en un desarrollo sostenible estratégico y conocer el valor

económico del agua, a su vez, contabilizando en detalle la inversión con la cual se debe contar para el manejo adecuado de las cuencas hidrográficas.

Una manera de fortalecer la gestión sostenible del recurso hídrico en la RFG es mediante una educación ambiental ciudadana participativa, donde, mediante la acción interdisciplinaria de los actores clave, se cumpla con las responsabilidades compartidas y se busque la mejora continua para mantener el equilibrio entre lo ambiental, lo social y lo económico siempre de la mano con la legislación y los entes gubernamentales responsables.

## **Recomendaciones**

### **Recomendaciones específicas**

#### **Registro de Aforos**

Con la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE, se determinó la existencia de una cantidad de 53 aforos realizados en las distintas fuentes que se encuentran dentro del territorio de la reserva. Estos aforos corresponden, tanto a los expedientes R (acueducto rural), como a los expedientes A (aguas superficiales) y, en su mayoría, se cuenta con registros incompletos o desactualizados. Como entes administradores del recurso hídrico, tanto a ASADAS, como a concesionarios privados, se les recomienda mantener informada a la Dirección de Agua del MINAE y al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, acerca de los aforos realizados a las diversas fuentes de aguas superficiales. Esto permitirá mantener bases de datos actualizadas que instruyan en la buena gestión del recurso.

#### **Concesiones para Aprovechamiento de Aguas Superficiales**

En la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE, se encontró que, actualmente, se cuenta con un registro de 82 concesiones, de las cuales, como puede verse en la figura 10, el 57% que se encuentra inscrito con uso R (acueducto rural) representa el valor más alto de aprovechamiento con el que cuenta la zona en estudio. No obstante, de acuerdo con lo recabado en campo, hace falta un porcentaje importante por inscribir, siendo una recomendación de mejora en pro de iniciar el proceso sostenible para la gestión integrada del recurso hídrico.

Seguidamente, el 13% que se encuentra cancelada y el 10% cancelada por vencimiento son los otros valores de importancia, lo cual refleja que se debe concientizar hacia una extracción de agua racional y segura, tanto para sus usos, como para el ecosistema. Al respecto, se recomienda buscar

técnicas de calibración para las obras de captación y el caudal derivado, para que se garantice el uso racional y adecuado del recurso con respecto a la cantidad aprovechada. Estos mecanismos de calibración buscan mantener el caudal ecológico recomendado para la conservación de los ecosistemas de la fuente y los aledaños a su cauce. Todo lo correspondiente a las herramientas de calibración puede ser consultado en el Manual Técnico de Dotaciones de Agua R-0327-2021-MINAE. Por otra parte, este tipo de obras deberán ser costeadas por cada usuario.

Además, se recomienda realizar estudios técnicos de abastecimiento y de capacidad hídrica para cada afloramiento con el fin de utilizar, únicamente, el caudal requerido y proyectar a futuro un caudal hídrico adecuado para el desarrollo de las actividades diarias, lo cual garantizaría el abastecimiento de las futuras generaciones.

Considerando tal situación, se recomienda, a los usuarios del recurso, mantenerse al tanto de sus permisos o inscripciones, los cuales, en su mayoría, para usos poblacionales solo deben inscribirse una única vez, manteniendo actualizado el caudal requerido y población abastecida; igualmente, se podrá consultar el estado de su trámite a través del correo electrónico [aguas@da.go.cr](mailto:aguas@da.go.cr), o bien, contactando directamente a la plataforma administrativa de la Dirección de Agua del MINAE.

El 9% otorgado, el 2% resuelto y el 9% de solicitudes nuevas son parámetros que indican el crecimiento de la demanda del agua en la zona, lo cual refleja la necesidad de dar seguimiento por parte de todos los actores clave para que, en conjunto, se fiscalice que se esté ejecutando un aprovechamiento sostenible y cumpliendo las regulaciones de ley.

### **Ordenamiento territorial zona catastrada**

Se determina que la información de catastro presenta únicamente la existencia de 11 propiedades pertenecientes al Estado y una aparece inscrita a la Asociación Administrativa del Acueducto Rural de San Roque de Grecia. El total restante se encuentra en manos privadas, dedicando los terrenos a actividades que, en gran cantidad, ponen en riesgo la cantidad y calidad del recurso hídrico. Por esta situación, se recomienda buscar incentivos, donaciones o inversiones para la compra de terrenos dentro del área de la Reserva, la cual es un área principal de recarga hídrica muy importante para gran parte de la cuenca del río Grande de Tárcoles y brinda abastecimiento a varios cantones de la zona.

Asimismo, se recomienda mantener informadas a las instituciones acerca de cualquier daño ambiental que pueda afectar directamente al ambiente y sus recursos naturales. Para informar sobre posibles delitos ambientales a las instituciones competentes, se puede realizar una llamada telefónica al 1192 o presentarse en las oficinas gubernamentales del Ministerio de Salud, Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Dirección de Agua del MINAE, municipalidad, o bien, interponer la denuncia ante el Ministerio Público.

### **Ordenamiento territorial usos del suelo**

La información de usos del suelo indica que el 85% del territorio se encuentra cubierto por bosque. Sin embargo, en las zonas donde predominan los potreros (aproximadamente un 10%), no deja de ser importante su rehabilitación para devolver las condiciones naturales y evitar el deterioro y afectación de los ecosistemas y, principalmente, de los recursos hídricos. Por esta razón, se recomienda establecer actividades y campañas de recuperación y restauración de las áreas más vulnerables para la recarga acuífera, respaldándose en las áreas de protección establecidas por ley

y en las áreas definidas mediante estudios técnicos sobre el tubo de flujo de cada afloramiento superficial. Estas actividades podrán ser ejecutadas por los usuarios directos del recurso, o bien, por parte del AyA y de las municipalidades, coordinando directamente a través del Programa de Recurso Hídrico del Área de Conservación Central del SINAC.

### **ASADA San Luis de Grecia**

La ASADA de San Luis de Grecia establece sus fuentes con dos únicos nombres: sistema 1 y sistema 2. El sistema 1 está compuesto por cinco fuentes superficiales que afloran en distintos puntos. Todas son nacientes, de las cuales cuatro de ellas son captadas y llevadas a un mismo punto (tanque), donde se realizan los aforos y muestreos de calidad del agua. Igualmente, el sistema 2 está compuesto únicamente por una fuente superficial, la cual corresponde a una naciente; sus aforos y muestreos de calidad se realizan en el punto de toma. Por esta razón, se recomienda establecer obras de captación individuales para cada una de las fuentes, en las cuales se puedan realizar mediciones de caudal y muestreos de calidad individuales, las cuales permitan tener un mayor control en caso de existir algún imprevisto por contaminación, deslaves o disminución del recurso.

En lo referente a las inscripciones ante la Dirección de Agua del MINAE, se encontró que esta ASADA cuenta con 15 fuentes inscritas ubicadas dentro de los límites de la reserva. Sin embargo, en campo, se determinó que solo seis de ellas se encuentran aprovechadas y las otras no se encuentran en condiciones de aprovechamiento debido a la falta de inversión en los sistemas de captación y distribución, según lo comentado por el representante. Se desconoce la ubicación e información de las restantes nueve fuentes superficiales, que, según la base de datos, se encuentran dentro del territorio de la reserva.

Por este motivo, se recomienda rotular cada una de las fuentes con su nombre de inscripción, o bien, colocar un nombre específico a cada una de las fuentes para tener mayor claridad con respecto a la toma de muestras o análisis de calidad del agua. Además, se recomienda actualizar la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE y del AyA en relación con las fuentes que se encuentran en uso y en desuso. Este punto es de gran importancia ya que, al estar inscritas como fuentes para uso poblacional, el área de protección graba una línea imaginaria con un perímetro horizontal de 200 metros desde cada punto de afloramiento. Además, el monto del canon por aprovechamiento incrementa a pesar de no estar aprovechando el recurso y, finalmente, limita su uso que quizá otro usuario requiera para el desarrollo de sus actividades.

Por otra parte, se determinó que las ubicaciones como se encuentran registradas las fuentes superficiales en el SINIGIRH cuentan con un desplazamiento de varios metros con respecto a las coordenadas obtenidas en campo durante la investigación, las cuales poseen un margen de error de  $\pm 3$  metros. Por tal motivo, se recomienda realizar la solicitud al AyA para que realice las gestiones correspondientes en la actualización de datos de ubicación de las fuentes superficiales que, en la actualidad, se encuentren en uso.

Respecto de las áreas de protección, se encontró que el territorio circundante en los 100 y 200 metros se encuentra cubierto en un 90% por bosque en lo referente a las seis fuentes visitadas. Por ende, se recomienda realizar campañas de rehabilitación y restauración forestal, concientización de la población y de los propietarios de estos terrenos, educación en materia de ecotecnias y desarrollo sostenible. Asimismo, se sugiere considerar la normativa vigente, Ley Forestal y Ley de Aguas según como se indica para las áreas de protección.

Para la recuperación de las áreas de protección que se encuentran vulnerables, es importante poner en acción la Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes 2020 – 2040, donde, con el acompañamiento del SINAC, se cumpla con la legislación vigente y, en conjunto con los propietarios de estos terrenos, se incentive y se acuerde el desarrollo de campañas de reforestación con árboles nativos, aplicando metodologías técnicas establecidas por las personas profesionales competentes para una rehabilitación adecuada del ecosistema.

Con respecto al análisis de caudales, se realiza una tabulación de los aforos realizados durante tres años por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación. Estos datos permiten identificar que la cantidad de recurso es variable y no mantiene un caudal constante, por lo tanto, se recomienda establecer un plan preventivo en caso de que las fuentes disminuyan su caudal, tomando en consideración fuentes alternas como pozos perforados que puedan servir de apoyo, tanto en situaciones esporádicas, como para sustentar el amplio crecimiento población y la gran demanda hídrica.

En lo respectivo a los análisis de calidad del agua realizados en campo durante la investigación, se realiza la medición en un solo punto donde las aguas convergen. Por lo tanto, el resultado es el mismo para las seis fuentes superficiales. En lo referente a los análisis realizados por la ASADA (laboratorio acreditado), se encontró que éstos son realizados individualmente para el sistema 1 y sistema 2. Los resultados indican que las calidades del agua de ambas fuentes son aptas para el consumo humano y que, además, no requieren un tratamiento avanzado para su consumo.

### **ASADA San Miguel de Grecia**

En relación con las inscripciones ante la Dirección de Agua del MINAE, se encontró que esta ASADA cuenta con tres fuentes inscritas ubicadas dentro de los límites de la reserva. Sin embargo,

en campo, se determinó que las fuentes aprovechadas son seis. Se desconoce la ubicación e información de la fuente Los Carlos, la cual, según la base de datos, se encuentra dentro del territorio de la reserva, pero no fue mencionada por los representantes que acompañaron durante las visitas. Por esta razón, se recomienda realizar las inscripciones correspondientes de las fuentes superficiales que, actualmente, se encuentran en uso y no se reflejan en la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE, ya que podrían considerarse como aprovechamientos ilegales y, por ende, correspondería una denuncia ante el Ministerio Público.

Por otra parte, se recomienda rotular cada una de las fuentes con su nombre de inscripción, o bien, colocar un nombre a cada una de las fuentes para tener mayor claridad respecto de la toma de muestras o análisis de calidad del agua. Además, se recomienda actualizar la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE y del AyA.

Asimismo, se determinó que las ubicaciones como se encuentran registradas las fuentes superficiales en el SINIGIRH cuentan con un desplazamiento de varios metros con respecto a las coordenadas obtenidas en campo durante la investigación, las cuales poseen un margen de error de  $\pm 3$  metros. Esto se establece para las únicas seis fuentes visitadas. Por lo tanto, se recomienda realizar la solicitud al AyA para que realice la actualización de datos de ubicación de las fuentes que, actualmente, se encuentren en uso.

En lo referente a las áreas de protección, se encontró que el territorio circundante en los 100 y 200 metros para las fuentes Suzo 1 y Suzo 2 se encuentra cubierto en un 30% por bosque, para la fuente Los Pedros, un 40% cubierto por bosque y las fuentes La Cueva 1, La Cueva 2 y La Cueva 3 se encuentran cubiertas en un 50% por bosque. Por lo tanto, se recomienda realizar campañas de rehabilitación y restauración forestal, concientización de la población y de los propietarios de estos

terrenos, educación en materia de ecotecnias y desarrollo sostenible. Igualmente, se recomienda la aplicación de la normativa vigente, Ley Forestal y Ley de Aguas, según como se indica para las áreas de protección.

Para la recuperación de las áreas de protección que se encuentran vulnerables, es importante poner en acción la Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes 2020 – 2040, donde, con el acompañamiento del SINAC, se cumpla con la legislación vigente y, en conjunto con los propietarios de estos terrenos, se incentive y se acuerde el desarrollo de campañas de reforestación con árboles nativos, aplicando metodologías técnicas establecidas por las personas profesionales competentes para una rehabilitación adecuada del ecosistema.

En relación con el análisis de caudales, se hace una tabulación de los aforos realizados durante tres años por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación. Estos datos permiten identificar que la cantidad de recurso es variable y no mantiene un caudal constante. Por lo tanto, se recomienda establecer un plan preventivo en caso de que las fuentes superficiales disminuyan su caudal, tomando en consideración otras fuentes alternas, como pozos perforados, los cuales puedan servir de apoyo en situaciones esporádicas o para sustentar el amplio crecimiento población y la gran demanda hídrica.

En lo referente a los análisis de calidad del agua realizados en campo durante la investigación, se realiza la medición en un solo punto para las fuentes Suzo 1 y Suzo 2, otro para la fuente Los Pedros y otro punto para las fuentes La Cueva 1, La Cueva 2 y La Cueva 3; por lo tanto, el resultado es el mismo para las fuentes que comparten el mismo nombre. Con respecto a los análisis realizados por la ASADA (laboratorio acreditado), se encontró que éstos son realizados de la misma forma.

Los resultados indican que las calidades del agua de ambas fuentes son aptas para el consumo humano y que, además, no requieren un tratamiento avanzado para su consumo.

### **ASADA El Mastate**

Las fuentes superficiales Prendas 1 y Prendas 2 son compartidas por las ASADAS de Calle Liles, San Juan Norte de Poás y Mastate. Estas dos fuentes son captadas y llevadas a un solo punto donde se divide en tres partes distintas cada aprovechamiento. Por esta razón y en vista de que los caudales derivados no son divididos equitativamente, se recomienda la instalación de una obra de calibración para cada una de las tres tuberías de derivación, la cual deberá cumplir con lo estipulado en el “Manual técnico de dotaciones de agua de la Dirección de Agua”. Además, se recomienda ajustar el tanque de reunión, de tal forma que se puedan realizar aforos y análisis de calidad para cada una de las fuentes de manera individual.

Considerando la inscripción de fuentes ante la Dirección de Agua del MINAE, se encontró que esta ASADA se encuentra registrada con un nombre distinto al que realmente tiene. Por esta razón, se recomienda realizar las gestiones correspondientes ante la Dirección de Agua para que se realice la modificación correspondiente.

Con respecto a las áreas de protección, se encontró que el territorio circundante en los 100 y 200 metros para ambas fuentes se encuentra cubierto un 80% por bosque. Por lo tanto, se recomienda realizar campañas de rehabilitación y restauración forestal, concientización de la población y de los propietarios de estos terrenos, educación en materia de ecotecnias y desarrollo sostenible. Igualmente, la aplicación de la normativa vigente, Ley Forestal y Ley de Aguas, según como se indica para las áreas de protección.

Para la recuperación de las áreas de protección que se encuentran vulnerables, es importante poner en acción la Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes 2020 – 2040, donde, con el acompañamiento del SINAC, se cumpla con la legislación vigente y, en conjunto con los propietarios de estos terrenos, se incentive y se acuerde el desarrollo de campañas de reforestación con árboles nativos, aplicando metodologías técnicas establecidas por las personas profesionales competentes para una rehabilitación adecuada del ecosistema.

En lo respectivo al análisis de caudales, se realiza una tabulación de los aforos realizados durante dos años por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación. Sin embargo, no se logra realizar una comparación, ya que, para la fecha de aforo realizado durante la investigación, la ASADA no pudo presentar el dato.

En relación con los análisis de calidad del agua, los resultados indican que las calidades del agua de ambas fuentes superficiales son aptas para el consumo humano y que, además, no requieren un tratamiento avanzado para su consumo.

### **ASADA Calle San José - Calle Rodríguez**

En lo referente a las inscripciones ante la Dirección de Agua del MINAE, se encontró que la ASADA cuenta con ocho fuentes superficiales inscritas. Sin embargo, solo se encuentran aprovechando dos. Por este motivo, se recomienda rotular cada una de las fuentes con su nombre de inscripción, o bien, colocar un nombre a cada una de las fuentes para tener mayor claridad en relación con la toma de muestras o análisis de calidad del agua. Además, se recomienda actualizar la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE y del AyA con respecto a las fuentes que se encuentran en uso y en desuso. Este punto es de gran importancia, ya que, al estar inscritas como fuentes para uso poblacional, el área de protección graba un perímetro horizontal de 200 metros

desde el punto de afloramiento. Asimismo, el monto del canon por aprovechamiento de aguas superficiales incrementa a pesar de no estar aprovechándose el recurso, lo cual limita su uso que quizá otro usuario requiera para el desarrollo de sus actividades.

Respecto de las áreas de protección, se encontró que, para la fuente superficial Prendas, el territorio circundante en los 100 y 200 metros se encuentra cubierto un 80% por bosque, mientras para la fuente superficial El Achiote, se encuentra cubierto por un 100% de bosque. Por lo tanto, se recomienda realizar campañas de rehabilitación y restauración forestal, concientización de la población y de los propietarios de estos terrenos, educación en materia de ecotecnias y desarrollo sostenible. Asimismo, la aplicación de la normativa vigente, Ley Forestal y Ley de Aguas, según como se indica para las áreas de protección.

Para la recuperación de las áreas de protección que se encuentran vulnerables, es importante poner en acción la Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes 2020 – 2040, donde, con el acompañamiento del SINAC, se cumpla con la legislación vigente y, en conjunto con los propietarios de estos terrenos, se incentive y se acuerde el desarrollo de campañas de reforestación con árboles nativos, aplicando metodologías técnicas establecidas por las personas profesionales competentes para una rehabilitación adecuada del ecosistema.

Considerando el análisis de caudales, se realiza una tabulación de los aforos realizados durante tres años por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación. Ello permite realizar una comparación de los resultados y verificar la fluctuación de caudales registrados a través de los tres años. Estos datos permiten identificar que la cantidad de recurso es variable y no mantiene un caudal constante, por lo tanto, se recomienda establecer un plan preventivo en caso de que las fuentes disminuyan su caudal, tomando en consideración fuentes alternas, como pozos perforados,

los cuales puedan servir de apoyo en situaciones esporádicas o para sustentar el amplio crecimiento población y la gran demanda hídrica.

En lo referente a los análisis de calidad del agua, se concluye que las calidades del agua de ambas fuentes superficiales son aptas para el consumo humano y que, además, no requieren un tratamiento avanzado para su consumo.

### **ASADA Carbonal**

Con respecto a las áreas de protección, se encontró que el territorio circundante en los 100 y 200 metros se encuentra cubierto en 40% por bosque. Por lo tanto, se recomienda realizar campañas de rehabilitación y restauración forestal, concientización de la población y de los propietarios de estos terrenos, educación en materia de ecotecnias y desarrollo sostenible, así como la aplicación de la normativa vigente, Ley Forestal y Ley de Aguas, según como se indica para las áreas de protección.

Para la recuperación de las áreas de protección que se encuentran vulnerables, es importante poner en acción la Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes 2020 – 2040, donde, con el acompañamiento del SINAC, se cumpla con la legislación vigente y, en conjunto con los propietarios de estos terrenos, se incentive y se acuerde el desarrollo de campañas de reforestación con árboles nativos, aplicando metodologías técnicas establecidas por las personas profesionales competentes para una rehabilitación adecuada del ecosistema.

En lo referente al análisis de caudales, se hace una tabulación de los aforos realizados durante tres años por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación. Estos datos permiten identificar que la cantidad de recurso es variable y no mantiene un caudal constante. Por lo tanto, se recomienda establecer un plan preventivo en caso de que las fuentes superficiales disminuyan

su caudal, tomando en consideración las fuentes alternas y los pozos perforados que puedan servir de apoyo, tanto en situaciones esporádicas, como para sustentar el amplio crecimiento población y la gran demanda hídrica.

Respecto de los análisis de calidad del agua realizados, éstos indican que las calidades del agua de ambas fuentes superficiales son aptas para el consumo humano y que, además, no requieren un tratamiento avanzado para su consumo.

### **ASADA Calle Liles**

Las fuentes superficiales Prendas 1 y Prendas 2 son compartidas por las ASADAS de Calle Liles, San Juan Norte de Poás y Mastate. Estas dos fuentes son captadas y llevadas a un solo punto donde se divide en tres partes distintas cada aprovechamiento. Por esta razón y en vista de que los caudales derivados no son divididos equitativamente, se recomienda la instalación de una obra de calibración para cada una de las tres tuberías de derivación, la cual deberá cumplir con lo estipulado en el “Manual técnico de dotaciones de agua de la Dirección de Agua”. Además, se recomienda ajustar el tanque de reunión de tal forma que se puedan realizar aforos y análisis de calidad para cada una de las fuentes de manera individual.

Con respecto a las inscripciones ante la Dirección de Agua del MINAE, se encontró que la ASADA cuenta con cuatro fuentes superficiales inscritas, sin embargo, solo se están aprovechando dos. Por este motivo, se recomienda rotular cada una de las fuentes con su nombre de inscripción, o bien, colocar un nombre a cada una de las fuentes para tener mayor claridad en relación con la toma de muestras o análisis de calidad del agua. Además, se recomienda actualizar la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE y del AyA con respecto a las fuentes superficiales que se encuentran en uso y en desuso. Este punto es de gran importancia, ya que, al estar inscritas como

fuentes para uso poblacional, el área de protección graba un perímetro horizontal desde el punto de afloramiento de 200 metros. Ello provoca que el monto del canon por aprovechamiento de agua se incremente a pesar de no estar aprovechándose el recurso, además de limitar su uso que quizá otro usuario requiera para el desarrollo de sus actividades.

En lo referente a las áreas de protección, se encontró que, para la fuente superficial Prendas, el territorio circundante en los 100 y 200 metros se encuentra cubierto un 80% por bosque y para la fuente superficial El Achiote se encuentra cubierto por un 100% de bosque. En ese sentido, se recomienda realizar campañas de rehabilitación y restauración forestal, concientización de la población y de los propietarios de estos terrenos, educación en materia de ecotecnias y desarrollo sostenible, además de la aplicación de la normativa vigente, Ley Forestal y Ley de Aguas, según como se indica para las áreas de protección.

Para la recuperación de las áreas de protección que se encuentran vulnerables, es importante poner en acción la Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes 2020 – 2040, donde, con el acompañamiento del SINAC, se cumpla con la legislación vigente y, en conjunto con los propietarios de estos terrenos, se incentive y se acuerde el desarrollo de campañas de reforestación con árboles nativos, aplicando metodologías técnicas establecidas por las personas profesionales competentes para una rehabilitación adecuada del ecosistema.

En referencia al análisis de caudales, se hace una tabulación de los aforos realizados durante tres años por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación. Ello permite realizar una comparación de los resultados y verificar la fluctuación de caudales registrados a través de los tres años. Estos datos permiten identificar que la cantidad de recurso es variable y no mantiene un caudal constante, por lo tanto, se recomienda establecer un plan preventivo en caso de que las

fuentes superficiales disminuyan su caudal, tomando en consideración las fuentes alternas y los pozos perforados, los cuales puedan servir de apoyo, tanto en situaciones esporádicas, como para sustentar el amplio crecimiento población y la gran demanda hídrica.

Considerando los análisis de calidad del agua, los resultados indican que las calidades del agua de ambas fuentes superficiales son aptas para el consumo humano y que, además, no requieren un tratamiento avanzado para su consumo.

### **ASADA Cajón de Bolívar de Grecia**

La ASADA de Cajón de Bolívar de Grecia cuenta con cuatro fuentes superficiales captadas, todas las cuales son nacientes sin nombre conocidas como sistema o naciente La Forestal. Son captadas y dirigidas hacia un mismo tanque de reunión, exceptuando la última de las cuatro que se capta y distribuye en forma individual hasta el sistema de distribución principal. Por esta razón, se recomienda establecer obras de captación individuales para cada una de las fuentes superficiales, en las cuales se puedan realizar mediciones de caudal y muestreos de calidad individuales, que permitan tener un mayor control en caso de existir algún imprevisto por contaminación, deslaves o deficiencia del recurso.

Con respecto a las inscripciones ante la Dirección de Agua del MINAE, se encontró que la ASADA cuenta con 10 fuentes superficiales inscritas; sin embargo, solo se encuentran aprovechándose 4. Se desconoce la ubicación e información de las fuentes Antolín 2, Antolín 1, Toma Suzo, Antolín, Fabio 4, Fabio 3, Fabio 1 y Fabio 2. Por este motivo, se recomienda rotular cada una de las fuentes superficiales con su nombre de inscripción, o bien, colocar un nombre a cada una de las fuentes para tener mayor claridad en relación con la toma de muestras o análisis de calidad del agua. Además, se recomienda actualizar la base de datos de la Dirección de Agua del

MINAE y del AyA en lo referente a las fuentes que se encuentran en uso y en desuso. Este aspecto es de gran importancia, ya que, al estar inscritas como fuentes para uso poblacional, el área de protección graba un perímetro horizontal de 200 metros desde el punto de afloramiento. Además, esto hace que el monto del canon por aprovechamiento de agua se incremente a pesar de no estar aprovechándose el recurso y limita su uso que quizá otro usuario requiera para el desarrollo de sus actividades.

En lo que respecta a las áreas de protección, se encontró que las cuatro fuentes superficiales se encuentran rodeadas por un 90% de bosque. Se recomienda realizar campañas de rehabilitación y restauración forestal, concientización de la población y de los propietarios de estos terrenos, educación en materia de ecotecnias y desarrollo sostenible. Asimismo, se debe aplicar la normativa vigente, Ley Forestal y Ley de Aguas, según como se indica para las áreas de protección.

Para la recuperación de las áreas de protección que se encuentran vulnerables, es importante poner en acción la Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes 2020 – 2040, donde, con el acompañamiento del SINAC, se cumpla con la legislación vigente y, en conjunto con los propietarios de estos terrenos, se incentive y se acuerde el desarrollo de campañas de reforestación con árboles nativos, aplicando metodologías técnicas establecidas por las personas profesionales competentes para una rehabilitación adecuada del ecosistema.

En lo referente al análisis de caudales, se hace una tabulación de los aforos realizados durante tres años por la ASADA y el aforo realizado durante la investigación, lo cual permite realizar una comparación de los resultados y verificar la fluctuación de caudales registrados a través de los tres años. Estos datos permiten identificar que la cantidad de recurso es variable y no mantiene un caudal constante. Por lo tanto, se recomienda establecer un plan preventivo en caso de que las

fuentes superficiales disminuyan su caudal, tomando en consideración las fuentes alternas y los pozos perforados, que puedan servir de apoyo, tanto en situaciones esporádicas, como para sustentar el amplio crecimiento población y la gran demanda hídrica.

Respecto de los análisis de calidad del agua realizados en campo durante la investigación, se realiza la medición en el tanque de reunión de éstos para las fuentes superficiales La Forestal 1, La Forestal 2 y La Forestal 3, ya que éstas llegan a un mismo tanque, mientras para la Forestal 4, se realiza por aparte, ya que se encuentra unos metros más abajo del tanque. En relación con los análisis realizados por la ASADA (laboratorio acreditado), se encontró que éstos son realizados de la misma forma.

Los resultados indican que las calidades del agua de ambas fuentes son aptas para el consumo humano y que, además, no requieren un tratamiento avanzado para su consumo.

### **ASADA San Roque de Grecia**

Según la base de datos del SINIGIRH, la ASADA de San Roque de Grecia tiene dos fuentes superficiales ubicadas dentro de la Reserva Forestal Grecia (naciente sin nombre 1 y nacimiento sin nombre 2); sin embargo, se comprobó que las coordenadas de ubicación como se encuentran inscritas son erróneas y las fuentes se encuentran fuera del territorio de la reserva. Además, se determinó que no son únicamente dos fuentes superficiales, sino que son siete las fuentes aprovechadas (nacimiento Zapote 1, nacimiento Zapote 2, nacimiento Zapote 3, nacimiento Zapote 4, nacimiento Zapote 5, nacimiento Zapote 6 y nacimiento Zapote 7). Al ser fuentes que nacen fuera del territorio de la RFG, se determinó solo su ubicación y no se incluyeron dentro del análisis integral del proyecto.

Se recomienda solicitar la actualización de la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE y del AyA con respecto a las fuentes que se encuentran en uso y en desuso. Este aspecto es de gran

importancia, pues, al estar inscritas como fuentes para uso poblacional, el área de protección graba un perímetro horizontal desde el punto de afloramiento de 200 metros. Por ende, el monto del canon por aprovechamiento de aguas se incrementa a pesar de no estar aprovechándose el recurso, lo cual limita su uso que quizá otro usuario requiera para el desarrollo de sus actividades.

Se recomienda realizar la solicitud al AyA para que realice la actualización de datos de ubicación de las fuentes superficiales que, en la actualidad, se encuentren en uso.

### **ASADA San Juan de Grecia**

Se informó, a las personas investigadoras durante algunas visitas, que la ASADA de San Juan de Grecia también realizaba aprovechamiento de una fuente superficial ubicada dentro del territorio de la reserva. Sin embargo, se realizó un análisis y se determinó que existe una confusión de esta ASADA con la ASADA de San Juan Norte de Poás, la cual sí aprovecha una fuente dentro de la reserva. Igualmente, se visitó la fuente William Murillo y se determinó que, en efecto, se encuentra fuera de este territorio.

Se recomienda solicitar la actualización de la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE y del AyA con respecto a las fuentes superficiales que se encuentran en uso y en desuso. Este aspecto es de gran importancia, pues, al estar inscritas como fuentes para uso poblacional, el área de protección graba un perímetro horizontal desde el punto de afloramiento de 200 metros. En ese sentido, el monto del canon por aprovechamiento de agua incrementa a pesar de no estar aprovechándose el recurso y se limita su uso que quizá otro usuario requiera para el desarrollo de sus actividades.

Se recomienda realizar la solicitud al AyA para que realice la actualización de datos de ubicación de las fuentes superficiales que, actualmente, se encuentren en uso.

### **ASADA Los Ángeles de Grecia**

De acuerdo con la base de datos del SINIGIRH, la ASADA de Los Ángeles de Grecia tiene una fuente superficial ubicada dentro de la Reserva Forestal Grecia (naciente sin nombre). Sin embargo, se comprobó que las coordenadas de ubicación como se encuentra inscrita son erróneas y la fuente se encuentra fuera del territorio de la reserva. Asimismo, se determinó que no es solo una fuente superficial, sino que son 10 las fuentes aprovechadas (naciente sin nombre 1, nacimiento sin nombre 2, nacimiento sin nombre 3, nacimiento sin nombre 4, nacimiento sin nombre 5, nacimiento sin nombre 6, nacimiento sin nombre 7, nacimiento sin nombre 8, nacimiento sin nombre 9 y nacimiento sin nombre 10). Al ser fuentes superficiales que nacen fuera del territorio de la RFG, se determinó únicamente su ubicación y no se incluyeron dentro del análisis integral del proyecto.

Se recomienda solicitar la actualización de la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE y del AyA con respecto a las fuentes superficiales que se encuentran en uso y en desuso. Este aspecto es de gran importancia, pues, al estar inscritas como fuentes para uso poblacional, el área de protección graba un perímetro horizontal desde el punto de afloramiento de 200 metros y el monto del canon por aprovechamiento de agua se incrementa a pesar de no estar aprovechando el recurso. Además, limita su uso que quizá otro usuario requiera para el desarrollo de sus actividades.

Se recomienda realizar la solicitud al AyA para que realice la actualización de datos de ubicación de las fuentes que, actualmente, se encuentren en uso.

### **ASADA Vista de Atenas**

Según el registro de la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE, dentro de los límites de la Reserva Forestal Grecia, se ubica una fuente superficial inscrita para la ASADA de Vista de Atenas de Alajuela, precisamente, en la ubicación latitud 1122240 y longitud 470156. Sin embargo,

a lo largo de esta investigación, no se logró obtener información del contactos o ubicación de la ASADA para poder consultarles si, en efecto, contaban con una fuente dentro de este territorio o si se trataba de un error en las coordenadas de ubicación. Por este motivo, se excluyó del proyecto.

### **Recomendaciones generales**

Para que la población general y los actores estratégicos involucrados en esta investigación logren realizar un manejo sostenible del recurso hídrico, gestionar proyectos y ejecutar acciones que prevengan o mitiguen el daño ambiental causado por el desarrollo de actividades agropecuarias, crecimiento urbano y otros factores reconocidos durante esta investigación, se recomienda la implementación de las siguientes herramientas e instrumentos, describiendo su objetivo, composición y aplicación.

### **Ordenamiento territorial**

El ordenamiento territorial y la planificación urbana son instrumentos que, inicialmente, consideran ordenar todas las actividades realizadas por el hombre dentro del territorio. Para el caso específico de esta investigación, al encontrarse actividades de aprovechamiento, manejo y distribución del recurso hídrico, se recomienda que los usuarios realicen propuestas de ordenamiento territorial que contemplen la protección del recurso y se estimen lineamientos de la capacidad hídrica de cada fuente de agua.

Estas propuestas deben ser fundamentadas en estudios técnicos realizados por profesionales del ámbito gubernamental o privados avalados por las instituciones del Estado. Estos estudios deben manifestar las necesidades de todos los sectores, tanto el ambiental para su conservación, como el poblacional para el desarrollo eficiente de los pobladores y sus actividades económicas.

Los planes de ordenamiento territorial son realizados por las municipalidades de cada cantón, por lo tanto, en este caso, las propuestas generadas por los administradores del recurso hídrico, díganse ASADAS, deberán ser entregadas en las Municipalidades de Grecia y de Poás, haciendo hincapié en las mayores necesidades y requerimientos del recurso. Asimismo, se puede hacer referencia a las diversas leyes que rigen nuestros recursos y deben ser respetadas y consideradas por los municipios.

Como guía para determinar los parámetros por considerar, se recomienda consultar el documento “Política Nacional de Ordenamiento Territorial 2012 – 2040”, el cual enmarca todos los aspectos que deben abarcarse para la elaboración de un plan de esta índole.

Es importante resaltar que la planificación territorial, a través de los planes de ordenamiento, es indispensable para la protección de las áreas de recarga acuífera de las nacientes, ríos, cuencas hidrográficas y, en sí, de todo el sistema hídrico. Una vez establecidos en el plan regulador del cantón, la municipalidad deberá velar por el cumplimiento de éstos a través de inspectores municipales y los actores clave que formen alianza en conjunto para el bien común.

Lo anterior se debe realizar conforme a lo indicado en la Ley de Planificación Urbana N° 4240 del 15 de noviembre 1968, artículo 1.

### **Tierras privadas o convenios de servidumbres ecológicas**

Las servidumbres ecológicas son un acuerdo legal realizado con las personas propietarias de terrenos ajenos al Estado. Estas servidumbres se establecen tipificando el potencial que pueda tener un sector de su propiedad, donde se pueden preservar los recursos naturales, los territorios históricos o sitios con belleza escénica. Este convenio o acuerdo legal, una vez recibido el visto

bueno del propietario, se debe inscribir ante el Registro de la Propiedad y queda debidamente legitimado ante las autoridades costarricenses.

Por lo anterior, se recomienda, a los usuarios, miembros de comités, administradores de ASADAS y organizaciones, buscar sitios estratégicos para la conservación de estos recursos, establecer convenios con sus actuales propietarios con el fin de ampliar las áreas de protección de las nacientes, ríos o fuentes superficiales que funjan como principal fuente de abastecimiento para el desarrollo de la población en la ejecución de actividades socioeconómicas.

Según el “Manual de Regulaciones Jurídicas para la Gestión del Recurso Hídrico en Costa Rica”, los pasos para establecer una servidumbre ecológica son los siguientes:

1. Se debe constituir mediante escritura pública, donde comparecen los dueños de las fincas sobre las cuales se impone la misma, tanto el del fondo sirviente, como el del fondo dominante.
2. Es un requisito para poder inscribir en el asiento correspondiente del Registro, la individualización clara del terreno y su exacta delimitación a través del plano catastral.
3. Debe indicarse el tipo de servidumbre que se constituye, y por último debe indicarse la estimación de la servidumbre.
4. Las servidumbres ecológicas pueden ser de conservación, escénicas, arqueológicas o constituirse para impedir el cambio de uso del suelo.

La ventaja que tiene este instituto es que es voluntario, a perpetuidad si así se estipula y predial, lo que implica que están adscritas al terreno. Dentro de este contexto, la conservación de tierras privadas y, en especial, la utilización de servidumbres ecológicas surge como una excelente herramienta para lograr la protección de las tierras que circundan las nacientes de agua, al tiempo que se logra involucrar a

propietarios privados y a la comunidad en los esfuerzos de conservación. Por otra parte, la herramienta aparece como una alternativa a la compra de tierras (Schramm, 2001)

### **Pago por la prestación de servicios ambientales**

El pago de servicios ambientales consiste en la remuneración económica para los propietarios de terrenos donde predominen el bosque y las plantaciones forestales, los cuales brindan, a la sociedad, beneficios por la producción de oxígeno, conservación ambiental y otros factores de gran importancia. Por esta razón, el Estado cuenta con un programa que devuelve al propietario una cantidad de dinero por la prestación de este servicio.

Esta herramienta busca remunerar, en forma justa, el valor del bosque, tratando de evitar que éste sea cortado y comercializado por su madera, buscando proteger, de manera eficiente, los beneficios generados por formar parte del bosque y, de mayor forma, por la preservación que este presta al recurso hídrico.

Esta herramienta se estableció a partir de la Ley Forestal N° 7575, la cual en sus artículos establece lo siguiente:

Mitigación de gases de efecto invernadero, protección de agua para uso urbano, rural e hidroeléctrico, protección de la biodiversidad para conservarla y uso sostenible, científico y farmacéutico, investigación y mejoramiento genético, protección de ecosistemas, formas de vida y belleza escénica natural para fines turísticos y científicos (Ley Forestal N° 7575, 2021).

Al conocer que muchos de los usuarios que forman parte de esta investigación cuentan con terrenos destinados únicamente a la protección y conservación de los recursos naturales, específicamente del recurso hídrico, se recomienda que se inscriban las propiedades que cumplen con los requerimientos de este programa para que la institución o propietario pueda recibir una

remuneración económica que pueda ser utilizada en algún proyecto de interés, o bien, para el mantenimiento de la misma.

La inscripción de las fincas es evaluada por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación a través del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO). Esta institución es la encargada de administrar los recursos y distribuirlos a cada uno de los propietarios de estos terrenos.

Para el caso de las ASADAS y en vista de que éstas cuentan con terrenos de poca extensión para la aplicación en el PSA, podría gestionarse, ante las instituciones encargadas del proceso, un proyecto que permita unificar las áreas de terreno con que cuenta el sector de Grecia y Poás para la protección de zonas de recarga acuífera, para poder cumplir con uno de los requisitos establecidos como área mínima para la inscripción, es decir, 2 hectáreas de terreno.

### **Tarifa hídrica de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos**

En Costa Rica, la Ley de la Biodiversidad permite la implementación de tarifas para el financiamiento de obras o proyectos que garanticen la conservación y sostenibilidad del recurso, tal como la tarifa hídrica establecida por la ARESEP. Esto pretende fijar, en el cobro del servicio de abastecimiento de agua potable, un porcentaje de dinero que, posteriormente, podrá ser implementado en el desarrollo de obras o proyectos para el beneficio del acueducto o del ente prestatario del servicio de abastecimiento.

El cobro por el uso y aprovechamiento de agua pretende reconocer este recurso como un bien económico, dándole un valor real, el cual sea perceptible. De esta forma, se concientiza su uso y desperdicio con el fin de que la población perciba lo preciado del recurso a través de un costo económico.

Esta herramienta pretende ejecutar proyectos en la zona específica donde se recolecta la tarifa, posterior a haberse aprobado por el área de conservación del lugar y por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. Podrán destinarse los fondos a proyectos específicos como la compra de terrenos para la protección del recurso hídrico, realización de estudios y programas para la implementación de una nueva cultura del agua entre los pobladores, compra de terrenos privados en áreas protegidas del Estado, pago de gastos y costos operativos o administrativos para el mantenimiento de las áreas silvestres protegidas, financiamiento de acueductos rurales, todos previa presentación de la evaluación de impacto ambiental que garantice la efectividad y sostenibilidad del proyecto para el recurso hídrico.

Para poder realizar la aplicación de esta tarifa, se requiere de la presentación de estudios técnicos correspondientes ante la ARESEP, los cuales justifiquen el monto que se desea cobrar, siguiendo el trámite correspondiente para aprobación de proyectos que maneja esta institución.

Como dato relevante, se cuenta con el hecho de que la primera tarifa hídrica aprobada en Costa Rica fue publicada en el diario oficial La Gaceta el 8 de marzo del 2000, siendo la Empresa de Servicios Públicos de Heredia la pionera en la aplicación de esta herramienta. En este caso, el monto cobrado por metros cubico de agua consumida es de 1.90 colones para los usuarios con medidor y de 46 colones para los usuarios con tarifa fija. Este dinero se dirige a un fideicomiso administrado por la junta del acueducto y representantes del MINAE.

En vista de que esta herramienta contribuye en forma exitosa al desarrollo y financiamiento de obras y proyectos que benefician a los acueductos y entes prestatarios del servicio de abastecimiento de agua potable, se recomienda, a las ASADAS involucradas en este proyecto,

implementar la aplicación de la tarifa hídrica en el cobro mensual del servicio, previo a haber realizado la solicitud ante los entes encargados.

### **Canon por Concepto de Aprovechamiento de Agua**

Según lo indicado en el decreto N° 32868 – MINAE, el canon por concepto de aprovechamiento del agua debe utilizarse como instrumento económico para la regulación del aprovechamiento y administración del agua que permita la disponibilidad hídrica para el abastecimiento confiable en el consumo humano y el desarrollo socioeconómico del país, además de la generación de recursos económicos para financiar a largo plazo una gestión sostenible del recurso hídrico en Costa Rica.

Según se define en el documento, cualquier persona física o jurídica, pública o privada, incluyendo las instituciones de gobierno que aprovechen el agua mediante la figura de concesión, deben sufragar los montos por concepto de canon.

La Dirección de Agua del MINAE es la organización facultada para realizar el cobro del canon. Del dinero recaudado, un 25% es transferido al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) para realizar proyectos para la protección del recurso hídrico. Otro 25% es transferido al Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) para realizar proyectos orientados al Pago de Servicios Ambientales (PSA). Un 5% es transferido a la Comisión para el Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Reventazón (COMCURE), y finalmente, un 45% lo administra la DA para realizar proyectos orientados a optimizar la gestión del recurso hídrico (Dirección de Agua, MINAE, 2020).

Como se indicó anteriormente, el decreto constitutivo del canon por concepto de aprovechamiento de agua establece, principalmente, el valor económico dado a la generación de los servicios ecosistémicos brindados por el recurso hídrico, el cual es aprovechado por la población para diversos usos en actividades socioeconómicas y desarrollo poblacional. Este

incentivo cobra efecto basándose en la aplicación de medidas de recuperación o compensación que beneficiarán al ambiente y los ecosistemas, mediante los recursos económicos recolectados a través de esta herramienta.

El Canon por Concepto de Aprovechamiento de Agua establece lo siguiente en el artículo N° 14:

El 50% de los ingresos totales por concepto del canon deberá invertirse en la cuenca que los genera a través del servicio de protección del recurso hídrico, en conservación, mantenimiento y recuperación de ecosistemas, tanto en áreas privadas, como en las áreas silvestres protegidas del Estado, tales como los parques nacionales y reservas biológicas. En ambos casos, se aplicarán en zonas de importancia para la sostenibilidad del régimen hídrico y consecuente con la oferta de agua en cada una de las microcuencas o cuencas con el fin de garantizar su aprovechamiento multiuso.

Siendo éste el caso, podría utilizarse esta herramienta para la elaboración y ejecución de proyectos para el beneficio y protección del recurso hídrico de la Reserva Forestal Grecia, mediante la solicitud directa ante el Sistema Nacional de Áreas de Conservación como ente administrador de esta ASP.

### **Canon Ambiental por Vertido**

El Canon Ambiental por Vertido es un instrumento aplicable en el financiamiento de proyectos para la mejora del saneamiento ambiental. Si bien este proyecto no involucra permisos de vertido directamente, sí es posible optar por obtener estos fondos, ya que la constitución del reglamento no limita áreas de aplicación.

El reglamento tiene como propósito regular el canon por el uso que se hace del recurso hídrico para descargar en ellos aguas residuales que, de algún modo, alteren o generen daños en su calidad al ambiente o a la sociedad

Según lo indica el reglamento en su artículo 4, el canon es un instrumento económico de regulación ambiental, que se fundamenta en el principio de quien contamina paga y que pretende alcanzar un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Cualquier persona física o jurídica, pública o privada incluyendo las instituciones de gobierno que utilicen el servicio ambiental de los cuerpos de agua del dominio público, para el transporte y eliminación de desechos líquidos originados de vertimientos puntuales, deben sufragar dinero por esta actividad.

Para estimar el monto que debe sufragar el ente generador, se utilizan tres fórmulas que se aplican según los siguientes criterios:

- El ente generador hace uso consuntivo del agua y cumple con el límite de descarga.
- El ente generador hace uso consuntivo del agua y no cumple con el límite de descarga.
- El ente generador hace uso no consuntivo del agua.

Para todos los casos mencionados, se analizan parámetros como la Demanda Química de Oxígeno Soluble (DQOsol) y Sólidos Suspendidos Totales (SST).

La Dirección de Agua es la organización facultada para realizar el cobro del canon. Según se establece en el reglamento, el dinero recaudado se debe invertir de la siguiente manera: un 5% en educación ambiental, un 10% en gastos de administración, un 10% en el monitoreo de fuentes emisoras, un 15% en proyectos de producción más limpia y, finalmente, un 60% en proyectos de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales (Dirección de Agua, MINAE, 2020).

Si bien el Canon Ambiental por Vertidos no tiene un campo de aplicación directo para ejecutar los fondos recaudados de la misma forma que se establece en el Canon de Aprovechamiento de Agua, éste se puede invertir a través de proyectos para la implementación de alcantarillados sanitarios o tratamiento de las aguas residuales.

Esta fuente de financiamiento recibe solicitudes de cualquier institución conformada, y con funciones enfocadas en el tratamiento y recolección de aguas residuales, tal es el caso de AyA o entes delegados de la misma institución como las ASADAS.

Que la Procuraduría General de la República en su Dictamen N° C-257-2003 del 27 de agosto de 2003 ha obligado al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados a hacerse cargo de la operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales ordinarias que sirven a urbanizaciones y fraccionamientos en aquellos lugares donde administra el sistema de abastecimiento de agua potable, en ese sentido señala: " ... Lo cual significa que, en principio, corresponde, al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, la administración y operación de los sistemas de recolección y evacuación de aguas negras, excepto que estén siendo administrados y operados por un ente municipal, el cual podrá seguir haciéndolo mientras lo haga en forma eficiente, y hasta tanto el ente nacional, sea el Instituto, no asuma su administración y operación directa junto con el sistema de agua potable (Procuraduría General de la República, 2003).

En vista de esta situación, a través de las entidades prestatarias del servicio de abastecimiento de agua potable, podrán presentarse solicitudes para participar en la convocatoria pública de proyectos de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para optar por fondos no reembolsables provenientes del Canon Ambiental por Vertidos administrados y gestionados ante

la Dirección de Agua del MINAE. Actualmente, se encuentra abierta la recepción de proyectos para participar por un presupuesto aproximado de ₡ 576 212 076,03.

En específico, se busca financiar proyectos para conducción pública de aguas residuales a una planta de tratamiento, construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, mejoras en la infraestructura de sistemas de conducción y tratamiento existentes, y sus procesos de operación.

### **Exoneración de impuestos municipales**

Según establecen los artículos 22, 23 y 24 de la Ley Forestal N° 7575, los terrenos que actualmente se dispongan a la conservación, y protección de los recursos naturales, podrán ser exentos de realizar los pagos correspondientes por impuestos municipales. A continuación, se citan estos artículos:

Artículo 22: Certificado para la Conservación del Bosque, se crea el Certificado para la Conservación del Bosque (CCB), con el propósito de retribuir, al propietario o poseedor, por los servicios ambientales generados al conservar su bosque, mientras no haya existido aprovechamiento maderable en los dos años anteriores a la solicitud del certificado ni durante su vigencia, la cual no podrá ser inferior a veinte años.

El Fondo Nacional de Financiamiento Forestal confeccionará, expedirá y suscribirá anualmente estos certificados, cuyos beneficiarios serán determinados por el Ministerio del Ambiente y Energía. De acuerdo con los recursos disponibles y la importancia relativa de los servicios ambientales que se quieran maximizar, el Poder Ejecutivo establecerá el orden de prioridad al otorgamiento de los certificados y los distribuirá en proporción con el área de cada propietario o poseedor. Los certificados serán títulos valores nominativos que podrán negociarse o utilizarse para pagar impuestos, tasas nacionales o cualquier otro tributo.

El valor de los certificados, las condiciones a que debe someterse el propietario beneficiado con ellos y la prioridad de las áreas por incentivar serán determinados en el reglamento. En un plazo de diez años a partir de la vigencia de estos certificados, el Poder Ejecutivo deberá evaluar los resultados para determinar si continúa otorgándolos o no.

Un cinco por ciento (5%) del monto del certificado deberá depositarse en la cuenta del Fondo Forestal para que la Administración Forestal del Estado cubra costos de control y fiscalización. Los poseedores de certificados podrán beneficiarse, además, con los siguientes incentivos: a) La exoneración del pago del impuesto a los bienes inmuebles. b) La protección citada en el artículo 36 de esta ley. c) La exención del pago del impuesto a los activos. Este beneficio deberá inscribirse en el Registro Público como afectación a la propiedad por el plazo prorrogable que determine el reglamento respectivo (N° 7575 Ley Forestal, 2012, art. 22).

Artículo 23: Incentivos para retribuirles los beneficios ambientales que generen, los propietarios de bosques naturales que los manejan, tendrán los siguientes incentivos para esas áreas:

a) La exención del pago del impuesto a los bienes inmuebles, creado mediante ley N1 7509, del 9 de mayo de 1995.4

b) La exención del pago de impuestos sobre los activos, establecido mediante ley N1 7543, del 19 de setiembre de 1995.5

c) La protección mencionada en el artículo 36 de esta ley. La Administración Forestal del Estado expedirá la documentación necesaria para disfrutar de estos beneficios e inscribirá en un registro a los interesados, una vez cumplidos los requisitos reglamentarios (N° 7575 Ley Forestal, 2012, art. 23).

Artículo 24: Regeneración voluntaria de bosques. Los propietarios de terrenos con aptitud forestal denudados, cuando voluntariamente deseen regenerarlos en bosque, gozarán de los incentivos

incluidos en el artículo 22 de esta ley para las áreas que, por el estado de deterioro y las necesidades ambientales, deban convertirse al uso forestal con base en criterios técnicos determinados por el Ministerio del Ambiente y Energía. Los beneficios de la presente disposición serán inscritos en el Registro Público como una afectación a la propiedad, por el plazo que determine el contrato respectivo. Este período no podrá ser inferior a veinte años (N° 7575 Ley Forestal, 2012, art. 24).

Esta herramienta permite que los propietarios de terrenos enfocados, principalmente, a la regeneración natural y conservación del bosque, obtengan el beneficio de la exoneración del pago de los impuestos municipales, entre otros. Este proceso se debe realizar a través del Sistema Nacional de Áreas de Conservación correspondiente a la zona donde se encuentre el terreno. Posterior a una visita de campo, esta institución emitirá criterio sobre el mismo, brindando la documentación correspondiente para presentarse ante la municipalidad y, posteriormente, éste realizará la exoneración de los pagos.

Tal es el caso de los terrenos pertenecientes a las ASADAS involucradas en este proyecto, y asimismo, algunos terrenos de propietarios privados que desean conservar las zonas boscosas cercanas a fuentes de agua o con una porción amplia dedicada al bosque, únicamente, podrán gozar de este beneficio. Por ello, se recomienda, a los involucrados, revisar las condiciones de este beneficio y realizar las acciones correspondientes para obtener dicho beneficio, que, si bien no es una remuneración económica, sí reduce o elimina el gasto en impuestos.

### **Programa de Pequeñas Donaciones (PPD)**

El Programa de Pequeñas Donaciones (PPD) se establece en Costa Rica en el año de 1993. El PPD es un programa corporativo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), que propone apoyar a los países signatarios de estos acuerdos multilaterales de ambiente

mediante el financiamiento de iniciativas comunitarias que puedan articularse con programas nacionales, regionales e internacionales que visibilicen su aporte a las problemáticas mundiales.

Una de las áreas focales del GEF en las que trabaja el PPD es la de Conservación de la Biodiversidad en el área temática de Manejo del Recurso Hídrico (Programa Pequeñas Donaciones del FMAM, 2021).

Este programa busca financiar proyectos para el mejoramiento ambiental, tanto de los ecosistemas, como para la protección del recurso hídrico. De la mano con instituciones internacionales, nacionales gubernamentales y organizaciones sin fines de lucro, se ha realizado un amplio esfuerzo para ejecutar y diseñar proyectos de alto impacto en el mejoramiento de las condiciones ambientales del país.

A la fecha, Costa Rica se ha visto beneficiado con el financiamiento de muchos proyectos, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- Conservación del recurso hídrico mediante la implementación de reservorios de agua de escorrentía en la producción agropecuaria en la parte media-alta de la cuenca río Jesús María.
- Protección y gestión del recurso hídrico del Acueducto Rural de Llano Brenes, cuenca del río Jesús María.
- Protección del recurso hídrico en la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Alberto Manuel Brenes.
- Siete ASADAS de Piedades Sur de San Ramón- cuenca del río Barranca cuentan con estudios hidrogeológicos de sus manantiales como insumo para el cabildeo de propuestas técnicas y financieras ante instituciones del Estado.

- Manejo sostenible y racional del recurso hídrico en la comunidad de Estanquillos de Atenas.

Debido a que esta organización se encuentra en constante recepción de proyectos, se recomienda, a los actores clave mencionados a lo largo de la investigación, analizar las propuestas y proyectos que sean requeridos en sus áreas de influencia y puedan ser financiados por esta organización.

Para obtener mayor información de los objetivos, se puede visitar la página *web* de la organización. En ella, se puede encontrar información importante con respecto a la aplicación de proyectos y los requisitos necesarios para la presentación de los mismos. Además, cuenta con un Departamento de Información para la atención de consultas específicas.

### **Procesos de educación ambiental**

Mediante un enfoque participativo que incluya todos los actores clave, se recomienda, a los actores estratégicos, planificar procesos de educación ambiental que conlleve acciones a mediano y largo plazo, donde mediante la organización con entes como el SINAC y la Dirección de Agua del MINAE mediante programas de educación ambiental y recurso hídrico enfocado en cuencas hidrográficas, se inste por la mejora continua en proyectos como la recuperación y restauración boscosa de las áreas de protección establecidas en la legislación vigente; mismo mandato que señala la Contraloría General de la República el 10 de diciembre de 2014, donde se emitió el Informe de la Auditoría de carácter especial acerca del cumplimiento de las obligaciones establecidas en la normativa para el resguardo de las AP de los ríos ubicados en la GAM con documento número DFOE-AE-IF-14-2014, mediante la Política Nacional de Áreas de Protección de ríos, quebradas, arroyos y nacientes 2020 - 2040 y su Plan de Acción.

Además, mediante entes como el AyA, las ASADAS, comités comunales, ONG, entre otros, se deben crear alianzas empoderadas en desarrollar acciones como campañas de siembras de árboles, caminatas guiadas en los sitios de aprovechamiento de agua para crear conciencia de donde se extrae tan importante recurso, campañas de recolección de residuos sólidos que estén contaminando zonas vulnerables, buen manejo de las aguas residuales generadas en las actividades diarias, tanto en el hogar, como en actividades mayores, campañas de aprendizaje para separación de residuos y traslado a los centros de acopio, entre otros. Esto permite que el ordenamiento del recurso hídrico y su gestión integrada esté más cerca de poder proyectarse y en sí de realizar un uso sostenible de los ecosistemas que el área conforma.

Por otro lado, mediante la búsqueda de especialistas en temas de interés relacionados con el recurso hídrico, se recomienda la búsqueda de especialistas de la Academia para que, mediante talleres técnicos, se instruyan y se fortalezcan las capacidades en el manejo y gestión del agua a nivel general.

### **Gestión sostenible del recurso hídrico**

Una vez conocido el estado actual de las fuentes de aguas superficiales aprovechadas dentro de los límites del área silvestre protegida, se recomienda iniciar una coordinación, desarrollo y administración equitativa de los recursos naturales y sus servicios ecosistémicos, maximizando el factor económico y social de manera sostenible y logrando introducirse en la gestión integrada del recurso hídrico y sus cuencas hidrográficas.

### **Gobernanza de áreas vulnerables**

Se recomienda determinar prioridades de gobernanza de terrenos en áreas vulnerables para la recarga y conservación del agua. Para esto, es fundamental tomar en cuenta la delimitación de las

áreas de protección ilustradas en los mapas correspondientes para cada aprovechamiento contemplado en la investigación, donde, al estar respaldado por la legislación vigente, es un aspecto de gran peso para una negociación compartida que beneficie a los sectores involucrados.

### **Financiamiento para la compra de terrenos y ejecución de proyectos**

En Costa Rica existen herramientas que permiten financiar proyectos para la compra de terrenos y para la ejecución de proyectos en pro de la conservación ambiental. En la actualidad existen presupuestos disponibles que pueden ser ejecutados por diferentes organizaciones, algunas de ellas tales como lo son las ASADAS y las comisiones de cuenca.

- Premio de la Acción Mundial sobre el Clima 2020 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Este premio fue otorgado a Costa Rica en el año 2020 por ser a nivel internacional el país que realiza mayores esfuerzos para reducir la crisis climática. El premio fue de \$60 millones, el cual se recibirá en tres tramos y en reconocimiento por la captura de 12 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente. Los tramos se proyectan de la siguiente forma: Primer pago en el año 2021, por 3.4 millones de toneladas métricas de tCO<sub>2</sub>e capturadas entre el 2018 y 2019. Segundo pago en el año 2022, por 3.4 millones de toneladas métricas de tCO<sub>2</sub>e capturadas entre el 2020 y 2021. Tercer pago en 2025, por 5.2 millones de toneladas métricas de tCO<sub>2</sub>e capturadas entre el 2022 y 2024.
- Canon por Concepto de Aprovechamiento de Agua, en el artículo N° 13 del Reglamento de referencia se indica que el 50% de los ingresos totales que se recauden del Canon por Concepto de Aprovechamiento serán destinados a facilitar una gestión integrada de aguas a nivel nacional realizada por la Dirección de Agua del MINAE. El otro 50% de los ingresos totales por concepto del canon, deberán invertirse en la cuenca que los genera a través del

servicio de protección del recurso hídrico, en conservación, mantenimiento y recuperación de ecosistemas, tanto en áreas privadas como en las Áreas Silvestres Protegidas del Estado, tales como los Parques Nacionales y Reservas Biológicas, entre otras. En ambos casos, se aplicarán en zonas de importancia para sostenibilidad del régimen hídrico y consecuente con la oferta de agua en cada una de las microcuencas o cuencas, a fin de garantizar su aprovechamiento multiuso. Para el cumplimiento de lo anterior, se destinará del monto anterior, el 50% al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) dineros que se ejecutarán mediante transferencia presupuestaria.

- Canon Ambiental por Vertidos, realiza una convocatoria pública para presentar proyectos de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, para optar por fondos no reembolsables provenientes del Canon Ambiental por Vertidos, para el año 2023 el monto aproximado disponible calculado según proyecciones es de ₡ 576 212 076,03. Con los fondos del Canon Ambiental por Vertidos se apoyará el financiamiento de la fase de ejecución de los proyectos, donde se pueden incluir los diseños finales, considerando que el impacto positivo en la mejora de la calidad de los cuerpos de agua se verá reflejado en el corto y mediano plazo.

Es importante mencionar que de acuerdo a la investigación los terrenos prioritarios a ser adquiridos para la conservación y protección del recurso, debido a la presión que generan las actividades realizadas en los alrededores, son aquellas que primeramente establece la Ley de Aguas y la Ley Forestal, pero principalmente los terrenos que se ubican en la parte alta de cada aprovechamiento y que previamente podría someterse a un estudio técnico para determinarse el tubo de flujo y zona específica de recarga.

A raíz de lo anterior, se concluye que a mediano o corto plazo se podrían adquirir los terrenos privados ubicados en los alrededores de las nacientes: Prendas, Suzo 1, Suzo 2, los Pedros, la Cueva 1, la Cueva 2 y la Cueva 3, el Río, la Roca y el Alto, respectivamente.

### **Divulgación de los resultados**

Para la divulgación de los resultados obtenidos durante la investigación se realizarán una serie de reuniones con cada uno de los actores clave. Las reuniones serán ejecutadas en los primeros meses del año 2022 de forma virtual o presencial según las disposiciones del Ministerio de Salud con respecto a la crisis que enfrenta el país actualmente. A continuación, se enlistan las posibles fechas para la ejecución de las reuniones.

- ASADA Carbonal: sábado 5 de febrero del 2022 a las 9:00 am.
- ASADA Calle Liles: sábado 5 de febrero del 2022 a las 9:00 am.
- ASADA El Cajón: sábado 5 de febrero del 2022 a las 9:00 am.
- ASADA San Miguel: sábado 5 de febrero del 2022 a las 9:00 am.
- ASADA San Luis: sábado 5 de febrero del 2022 a las 9:00 am.
- ASADA Calle San José - Calle Rodríguez: sábado 5 de febrero del 2022 a las 9:00 am.
- ASADA Mastate: sábado 5 de febrero del 2022 a las 9:00 am.
  
- ASADA Los Ángeles: sábado 12 de febrero del 2022 a las 9:00 am.
- ASADA San Roque: sábado 12 de febrero del 2022 a las 9:00 am.
- ASADA San Juan: sábado 12 de febrero del 2022 a las 9:00 am.
  
- Corredor Biológico Interurbano el Achiote: martes 15 de febrero del 2022 a las 5:00 pm.
- Subcomisión Tárcoles Alajuela: martes 15 de febrero del 2022 a las 5:00 pm.

- Comisión GIRH microcuenca alta del río Poás: martes 15 de febrero del 2022 a las 5:00 pm.
- Municipalidad de Poás: martes 15 de febrero del 2022 a las 5:00 pm.
- Municipalidad de Grecia: martes 15 de febrero del 2022 a las 5:00 pm.
- Administración de la Reserva Forestal Grecia: martes 15 de febrero del 2022 a las 5:00 pm.
- Administración del Parque Nacional Volcán Poás: martes 15 de febrero del 2022 a las 5:00 pm.

### **Seguimiento y aplicación de la propuesta**

La propuesta para la gestión sostenible del recurso hídrico de la Reserva Forestal Grecia es un instrumento de aplicación práctica y efectiva. El éxito de la misma va de la mano con la participación asertiva y constante de los actores clave, para esto el documento presenta en cada uno de sus apartados la metodología y ejecución de las herramientas para obtener resultados concretos y aplicables.

La intención principal es que cada uno de los actores involucrados en la investigación aplique las recomendaciones dadas, para que a corto y mediano plazo se obtengan resultados tangibles para el beneficio del recurso hídrico y de la población.

Por otra parte, este documento cuenta con la facilidad de ser aplicado en otros sectores del país, tanto en cuencas, microcuencas, cantones, Áreas Silvestres Protegidas, entre otras, siempre buscando el bien común, el equilibrio ambiental y respaldado con la legislación vigente.

Además, se considera que esta propuesta puede ser ampliada o modificada por estudiantes u organizaciones interesadas en continuar con la mejora integrada del recurso hídrico, esto a través de trabajos de graduación, tesis, voluntariados o implementación de planes de aplicación de comisiones, mediante la participación interinstitucional.

## i. Referencias bibliográficas

Aguilar, A., Jiménez, María, y Cruz, M. (2001). *Manual de Regulaciones Jurídicas para la Gestión del Recurso Hídrico en Costa Rica*. San José: CEDARENA.

Asamblea Legislativa (16 de mayo, 2021). "Ley Forestal". *Diario oficial La Gaceta*. San José, Costa Rica.

Asamblea Legislativa (21 de noviembre, 2008). "Ley de biodiversidad". *Diario oficial La Gaceta*. San José, Costa Rica. Recuperado desde:  
[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_norma.aspx?param1=NRM&nValor1=1&nValor2=39796&nValor3=74714&strTipM=FN](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_norma.aspx?param1=NRM&nValor1=1&nValor2=39796&nValor3=74714&strTipM=FN)

Asamblea Legislativa (29 de octubre, 2019). "Ley de Biodiversidad". *Diario Oficial La Gaceta*. Recuperado desde:  
[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=39796&nValor3=74714](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=39796&nValor3=74714)

Barrantes, E. V. (2015). *Costa Rica demanda una gestión integral del recurso hídrico*. San José, Costa Rica.

BBC News. (24 de agosto, 2015). *BBC NEWS*. Recuperado desde:  
[https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/08/140821\\_tierra\\_agua\\_escasez\\_finde\\_dv](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/08/140821_tierra_agua_escasez_finde_dv)

Calderón, A. M. (2019). *INVU, PNUD*. Recuperado desde:  
[http://www.paisajesproductivos.org/archivos/multimedia\\_8.pdf](http://www.paisajesproductivos.org/archivos/multimedia_8.pdf)

Calderón, J. M. (14 de julio, 2015). "Presentación del señor José María Zeledón". Recuperado desde:

[https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/presentacion\\_del\\_sr.\\_jose\\_m.\\_zeledon.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/presentacion_del_sr._jose_m._zeledon.pdf)

Dirección de Agua del MINAE (2020). "Descripción SINIGIRH". *Dirección de Agua*. Recuperado desde: <http://www.da.go.cr/descripcion-sinigirh/>

Dirección de Agua del MINAE (16 de diciembre, 2020). "Dirección de Agua". Recuperado desde: <http://www.da.go.cr/>

FAO. (2011). "FAO". En O. d. agricultura. Madrid, España.: Mundi - Prensa.

Global Water Partnership (2005). *Planes de gestión integrada del recurso hídrico*. Recuperado desde: [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam\\_files/manual-planes-girh.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/manual-planes-girh.pdf)

Gobierno de Costa Rica (18 de febrero, 2018). "Reglamento de Gestión Integral de la Cuenca del Río Grande de Tárcoles". *Diario Oficial La Gaceta*. Recuperado desde: <http://monitor.cne.go.cr/sites/default/files/Reglamento%20%20Comisi%C3%B3n%20de%20Gesti%C3%B3n%20Integral%20de%20la%20Cuenca%20del%20R%C3%ADo%20Grande%20de%20T%C3%A1rcoles.pdf>

Gobierno de Costa Rica (5 de junio, 2020). "Ley N°9849". *Diario Oficial La Gaceta*. San José, Costa Rica: Sistema Costarricense de Información Jurídica.

Gobierno de Costa Rica (25 de junio, 2012). "Ley Forestal N°7575". *Diario Oficial La Gaceta*. San José, Costa Rica.

GWP (2000). *Manejo integrado de recursos hídricos*. Estocolmo, Suecia.

GWP (26 de diciembre, 2011). "Principios de Global Water Partnership". Recuperado desde:  
<https://www.gwp.org/es/GWP-Sud-America/ACERCA/como/Principios-de-GWP/>

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Sexta edición. México. McGraw Hill Education.

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (11 de agosto, 2021). "Información institucional básica". Recuperado desde:  
[https://www.aya.go.cr/transparenciaInst/acceso\\_informacion/Paginas/InformacionBasica.aspx](https://www.aya.go.cr/transparenciaInst/acceso_informacion/Paginas/InformacionBasica.aspx)

La Motte Earth Force (17 de diciembre de 2020). *Agriculture solutions*. Recuperado desde:  
<https://www.agriculturesolutions.com/lamotte-earthforce-standard-water-monitoring-kit-5848>

Martínez, Y. (2018). "La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos". En V. Villalejo. La Habana.

MINAE (2020). *Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes, 2020-2040*. San José: Página Dirección de Agua del MINAE. Recuperado desde: <http://www.da.go.cr/politica-nacional-de-areas-de-proteccion-2020-2040/>

MINAET (2008). "Plan\_Nacional\_de Gestión\_Integrada\_de Recursos Hídricos". Recuperado desde: [http://www.da.go.cr/wp-content/uploads/2018/05/Plan\\_Nacional\\_Gestion\\_Integrada\\_Recursos\\_Hidrico.pdf](http://www.da.go.cr/wp-content/uploads/2018/05/Plan_Nacional_Gestion_Integrada_Recursos_Hidrico.pdf)

MINAMBIENTE (2014). "Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico". Recuperado desde:  
[https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Plan-de-ordenamiento-del-Recurso-Hidrico/GUIA\\_TECNICA\\_PORH.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Plan-de-ordenamiento-del-Recurso-Hidrico/GUIA_TECNICA_PORH.pdf)

Ministerio de Ambiente y Energía (Octubre 2008). " "Plan Nacional de Gestión\_Integrada\_de Recursos Hídricos". Recuperado desde: [http://www.da.go.cr/wp-content/uploads/2018/05/Plan\\_Nacional\\_Gestion\\_Integrada\\_Recurso\\_Hidrico.pdf](http://www.da.go.cr/wp-content/uploads/2018/05/Plan_Nacional_Gestion_Integrada_Recurso_Hidrico.pdf)

Ministerio de Salud (12 de agosto, 2021). "Información financiera". Gobierno de Costa Rica. Recuperado desde:  
[https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php?option=com\\_content&view=article&layout=edit&id=1105](https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php?option=com_content&view=article&layout=edit&id=1105)

Mora, F. (14 de mayo, 2013). "Escasez de agua preocupa a griegos". *El Sol*.

Motte, L. (2021). *La Motte Solving Analytical Challenges Since 1919*. Recuperado desde:  
<https://lamotte.com/earth-forcer-standard-water-monitoring-kit-5848>

ONU (2019). "No dejará a nadie atrás". En Organización de las Naciones Unidas. París, Francia: Lucar Estudio.

Pérez, L. R. (2021). *Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox*. Recuperado desde:  
<https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/fuentes-de-abastecimiento-de-agua/lagos%2C-lagunas-y-embalses-%28reservorios%29>

Poder Ejecutivo (2012). "Reglamento del Canon por Concepto de Aprovechamiento de Agua". *Diario Oficial La Gaceta*. Gobierno de Costa Rica. Recuperado desde:

[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=65097&nValor3=75920&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=65097&nValor3=75920&strTipM=TC)

Pradillo, B. (12 de setiembre, 2016). *iAgua*. Recuperado desde: <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>

Pradillo, B. (2016). *Parametros de control del agua potable*. Madrid: Iagua.

Procuraduría General de la República (2003). "Dictamen C-257-2003". Recuperado desde: Sistema Costarricense de Información Jurídica. Recuperado desde: [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/pronunciamento/pro\\_ficha.aspx?param1=PRD&param6=1&nDictamen=12050&strTipM=T](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/pronunciamento/pro_ficha.aspx?param1=PRD&param6=1&nDictamen=12050&strTipM=T)

Programa pequeñas donaciones del FMAM. (2 de setiembre, 2021). "Manejo del recurso hídrico". Recuperado desde: <http://www.pequenasdonacionescr.org/area-tematica/manejo-del-recurso-hidrico>

Rojas, V. M. (2011). *Metodología de la investigación*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

Salguero, M. E. (Noviembre, 2007). "Resumen ejecutivo. Estudio hidrogeológico". *Universidad de Costa Rica*. Recuperado desde: [https://www.grecia.go.cr/images/RESUMENEJECUTIVO\\_ESTUDIO\\_HIDROGEOLOGICO.pdf](https://www.grecia.go.cr/images/RESUMENEJECUTIVO_ESTUDIO_HIDROGEOLOGICO.pdf)

Sautu, R. (2015). *Metodologías de la investigación I*. Buenos Aires, Argentina.

Schramm, A. A. (2001). "Manual de regulaciones jurídicas para la gestión del recurso hídrico en Costa Rica".

SINAC (2020). *Sistema Nacional de Áreas de Conservación*. Recuperado desde:

<http://www.sinac.go.cr/ES/ac/accvc/rfg/Paginas/default.aspx>

Sistema Internacional de Investigación (2020). *SIS International research*. Recuperado desde:

<https://www.sisinternational.com/investigacion-cuantitativa/>

Solano, M. (Noviembre, 2011). "Impacto ambiental por aguas residuales y residuos sólidos en la

calidad del agua de la parte media-alta de la microcuenca del río Damas y propuesta de

manejo". Tesis para optar por la Licenciatura en Manejo de Recursos Hídricos, Universidad

Nacional, Costa Rica. Recuperado desde:

<https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Impacto%20ambiental%20por%20aguas%20residuales%20y%20residuos%20s%C3%B3lidos%20en%20la%20calidad%20del%20agua.pdf>

Universidad de Alicante (2011). *Mecánica de Fluidos*. California. Recuperado desde:

[https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/7/tema3\\_medida%20de%20caudales.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/7/tema3_medida%20de%20caudales.pdf)

Universidad Nacional (junio de 2013). "El agua en Costa Rica". *Revista semestral de la Escuela*

*de Ciencias Ambientales*. Recuperado desde:

<http://www.ambientico.una.ac.cr/pdfs/ambientales/45.pdf>

Vega y Vargas, (2016). *Plan general de manejo de la Reserva Forestal Grecia 2016-2023*.

Recuperado desde:

<http://www.sinac.go.cr/ES/planmanejo/Plan%20Manejo%20ACC/Reserva%20Forestal%20Grecia.pdf>

a.pdf

William, M. D. (2006). "Estrategia de la investigación experimental". Recuperado desde:  
<https://noemagico.blogia.com/2006/092201-la-investigaci-n-experimental.php>

World Health Organization. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano. En W. h.  
organization. Ginebra.

## ii. Anexos



*Figura 46.* Fotografía tomada durante las reuniones de coordinación con el tutor del proyecto

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



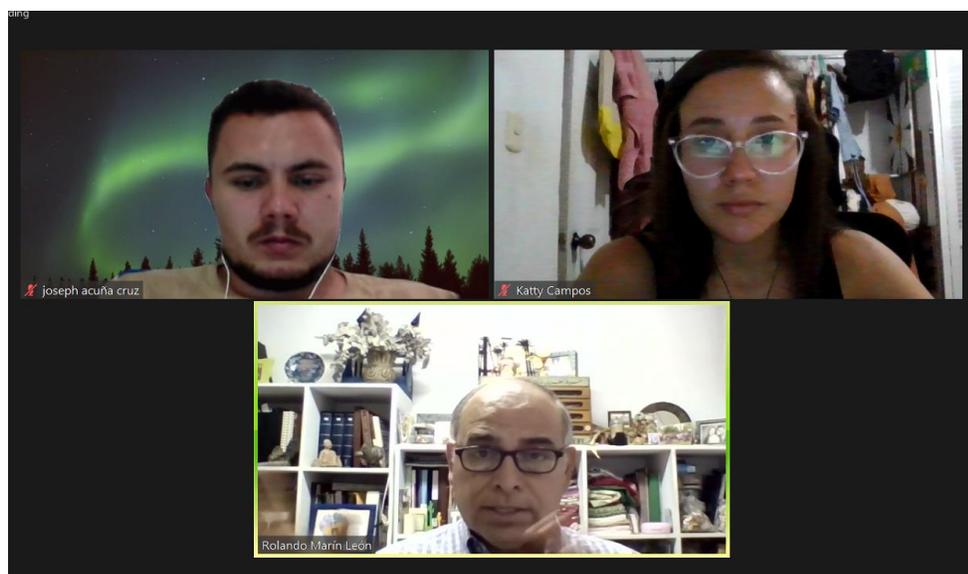
*Figura 47.* Fotografía tomada durante las reuniones de coordinación con el lector externo del proyecto

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 48.* Fotografía tomada durante las reuniones de coordinación con el lector interno y tutor del proyecto

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 49.* Fotografía tomada durante las reuniones de coordinación con el tutor del proyecto

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Nombre del usuario: **ASADA San Luis**

Nombre del acompañante: *Jean Carlo Barrantes Rodríguez*

Nombre de la fuente	Fecha de visita	Tiempo (Segundos)	Volumen (Litros)	Caudal (L/s)	Caudal ecológico	Cobertura boscosa	Temperatura °C	Ph	Turbidez NTU	Color	Olor
Sistema 1	27/3/21			0.65 3.91	NO SÍ	SÍ	20.30	6.82	0.24	NO	NO
Sistema 2	27/3/21			0.30	NO	SÍ	19.10	6.84	0.28	NO	NO

Observaciones: El sistema 1 se conforma por 5 nacientes, se toma y muestra en 2 puntos distintos.  
 CRTH05 (468459-1124151) (468594-1124229) (468625-1124229) (468560-1124189) (468397-1124043)

El sistema 2 se conforma por 1 naciente. (468234-1124001) CRTH05

Nombre del usuario: **ASADA San Miguel**

Nombre del acompañante: *Carlos Alvarado*

Nombre de la fuente	Fecha de visita	Tiempo (Segundos)	Volumen (Litros)	Caudal (L/s)	Caudal ecológico	Cobertura boscosa	Temperatura °C	Ph	Turbidez	Color	Olor
Suzo 1 Suzo 2	15/5/21	1 20.72 1 25.59	20	0.23	NO	SÍ	18.5	7.02	0	NO	NO
Los Pedros	15/5/21	— NO se abrió por no abrir el candado	—	—	—	SÍ	18.8	7.04	0-20	NO	NO
La cueva 1 La cueva 2 La cueva 3	15/5/21	3.14 6.69 6.53 6.83 6.66	20	2.95	NO	SÍ	19.1	7.02	0	NO	NO

Observaciones:  
 Suzo 1 (469564-1122782) Suzo 2 (469553-1122791) Los Pedros (469676-1122171)  
 La cueva 1 (469210-1122292) La cueva 2 (469200-1122286) La cueva 3 (469191-1122298)

Figura 50. Hoja de recolección de datos de campo

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Nombre del usuario: **ASADA El Mastate**

Nombre del acompañante: Gilbert Ramírez

Nombre de la fuente	Fecha de visita	Tiempo (Segundos)	Volumen (Litros)	Caudal (L/s)	Caudal ecológico	Cobertura boscosa	Temperatura °C	Ph	Turbidez	Color	Olor
Prendas	15/01/21	—	—	18.46	—	Sí	15.5	7.03	0	NO	NO

Observaciones:

La fuente prendas se comprende de 2 nacientes (474617-112380) (474634-1123383) CRTM05

El aforo se realiza en conjunto con las ASADAS San Juan Norte de Poás, Calle Lila y Mastate ya que comparten las mismas fuentes.

Nombre del usuario: **ASADA Calle San José Calle Rodríguez**

Nombre del acompañante: Alonso Rodríguez

Nombre de la fuente	Fecha de visita	Tiempo (Segundos)	Volumen (Litros)	Caudal (L/s)	Caudal ecológico	Cobertura boscosa	Temperatura °C	Ph	Turbidez NTU	Color	Olor
Prendas	15/21	3.06 3.01 3.00 3.10 2.89	19	6.25	Sí 0.43	Sí	15.7	7.03	0-20	NO	NO
Achiote	22/05/21	4.14 4.30 4.54 4.28 3.24	20	4.73	Sí	Sí	15	7.03	0	NO	NO

Observaciones:

Prendas (474594-1123383) Achiote ( ) CRTM05

Figura 51. Hoja de recolección de datos de campo

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Nombre del usuario: **ASADA Carbonal**

Nombre del acompañante: David Bolaños

Nombre de la fuente	Fecha de visita	Tiempo (Segundos)	Volumen (Litros)	Caudal (L/s)	Caudal ecológico	Cobertura boscosa	Temperatura °C	Ph	Turbidez	Color	Olor
El Río	22/05/21	1.28.04 1.26.28	20	0.23	NO	SÍ	18.8	7.02	0-20	NO	NO
La Roca	22/05/21	46.22 46.02	20	0.43	NO	SÍ	18.3	7.02	0	NO	NO
El Alto	22/05/21	1.44.34 1.43.10	20	1.93	NO	SÍ	18.3	7.02	0	NO	NO

Observaciones:

Nombre del usuario: **ASADA Calle Liles**

Nombre del acompañante: Alvaro Castro Granados

Nombre de la fuente	Fecha de visita	Tiempo (Segundos)	Volumen (Litros)	Caudal (L/s)	Caudal ecológico	Cobertura boscosa	Temperatura °C	Ph	Turbidez	Color	Olor
Prendas	15/02/21	—	—	3.03	NO	SÍ	17	7.02	0-20	NO	NO

Observaciones:

El trabajo se realizó en conjunto con la ASADA de Masate y San Juan Nte de Poás, ya que comparten las mismas fuentes.  
(474617-1123380) (474634-1123383) (ETMOS)

Figura 52. Hoja de recolección de datos de campo

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

4

Nombre del usuario: **ASADA El Cajón**

Nombre del acompañante: Gilbert Bolaños Salas

Nombre de la fuente	Fecha de visita	Tiempo (Segundos)	Volumen (Litros)	Caudal (L/s)	Caudal ecológico	Cobertura boscosa	Temperatura	Ph	Turbidez	Color	Olor
La Forestal		19.35 19.41 19.48 19.42	20.5	1.27	NO	SÍ			0	NO	NO

Observaciones:

La forestal corresponde a una semilla de vacuantes (4) captadas sobre un mismo cauce, todas reciben el nombre y se abran en conjunto ya que todas llegaron a un mismo tanque.  
condenadas CETMOS.

Nombre del usuario: **ASADA Los Ángeles**

Nombre del acompañante: José Jesús Vasquez Rojas

Nombre de la fuente	Fecha de visita	Tiempo (Segundos)	Volumen (Litros)	Caudal (L/s)	Caudal ecológico	Cobertura boscosa	Temperatura	Ph	Turbidez	Color	Olor
Naciente sin nombre	05/07/21	09.19 09.20 09.19	208L	22.58	NO	SÍ	13.4	7.4	0	NO	NO
sin nombre	11										
sin nombre	11										

Figura 53. Hoja de recolección de datos de campo

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

sin nombre	11										
sin nombre	11										
sin nombre	11										
sin nombre	11										
sin nombre	11										
sin nombre	11										
sin nombre	11										

**Observaciones:**

Las 10 fuentes se ubican a lo largo de un mismo cauce, todas son captadas y llevadas a un tanque de reunión donde se realiza el aforo.

Del caudal total de las fuentes se divide un 74% para la ASADA de Los Angeles y un 26% para la ASADA de Cajón.

Las fuentes de la ASADA Los Angeles se encuentran fuera de la RTE

Figura 54. Hoja de recolección de datos de campo

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

6

Nombre del usuario: **ASADA San Roque**Nombre del acompañante: **Alberto Rodríguez Rodríguez**

Nombre de la fuente	Fecha de visita	Tiempo (Segundos)	Volumen (Litros)	Caudal (L/s)	Caudal ecológico	Cobertura boscosa	Temperatura	Ph	Turbidez	Color	Olor
Zapote 1	29/05/21										
Zapote 2											
Zapote 3											
Zapote 4											
Zapote 5											
Zapote 6											
Zapote 7											

Observaciones:

Las fuentes de la ASADA de San Roque se encuentran fuera de la RFA

Figura 55. Hoja de recolección de datos de campo

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Nombre del usuario: **ASADA San Juan**

Nombre del acompañante: *Gerard Castro Cruz*

Nombre de la fuente	Fecha de visita	Tiempo (Segundos)	Volumen (Litros)	Caudal (L/s)	Caudal ecológico	Cobertura boscosa	Temperatura	Ph	Turbidez	Color	Olor
William Murillo.	19/06/21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Observaciones:

*Ubicación (467608-1122173) CRTM05*

*La fuente de la ASADA de San Juan se encuentra fuera de la RFG*

Nombre del usuario: **ASADA Vista de Atenas**

Nombre del acompañante:

Nombre de la fuente	Fecha de visita	Tiempo (Segundos)	Volumen (Litros)	Caudal (L/s)	Caudal ecológico	Cobertura boscosa	Temperatura	Ph	Turbidez	Color	Olor

Observaciones:

*NO se obtuvo información de contacto de la ASADA*

Figura 56. Hoja de recolección de datos de campo.

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo

Nombre del usuario: **ASADA San Isidro**

Nombre del acompañante:

Nombre de la fuente	Fecha de visita	Tiempo (Segundos)	Volumen (Litros)	Caudal (L/s)	Caudal ecológico	Cobertura boscosa	Temperatura	Ph	Turbidez	Color	Olor

Observaciones:

*No participa*

Nombre del usuario: **ASADA San Juan Norte de Poás**

Nombre del acompañante:

Nombre de la fuente	Fecha de visita	Tiempo (Segundos)	Volumen (Litros)	Caudal (L/s)	Caudal ecológico	Cobertura boscosa	Temperatura	Ph	Turbidez	Color	Olor

Observaciones:

*No participa*

*Figura 57.* Hoja de recolección de datos de campo

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 58.* Visita realizada a la ASADA de Calle Liles

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



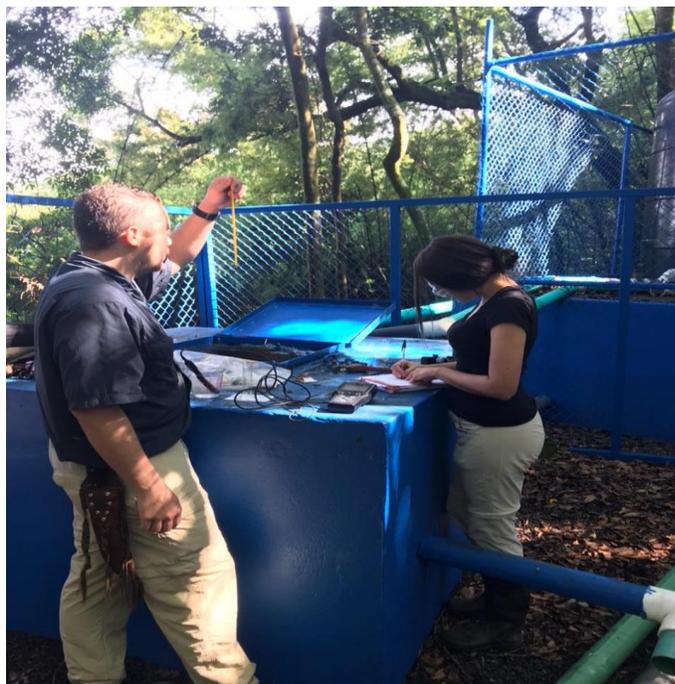
*Figura 59.* Visita realizada a la ASADA de Calle Liles

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 60.* Visita realizada a la ASADA de Calle San José-Calle Rodríguez

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 61.* Visita realizada a la ASADA de Calle San José-Calle Rodríguez

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



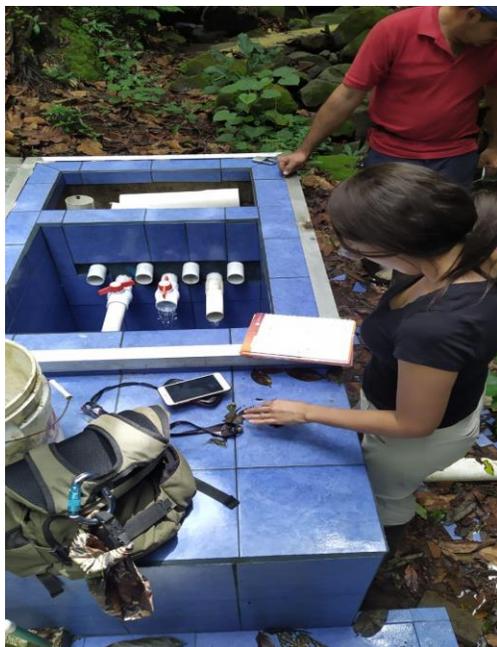
*Figura 62.* Visita realizada a la ASADA de Calle San José-Calle Rodríguez

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



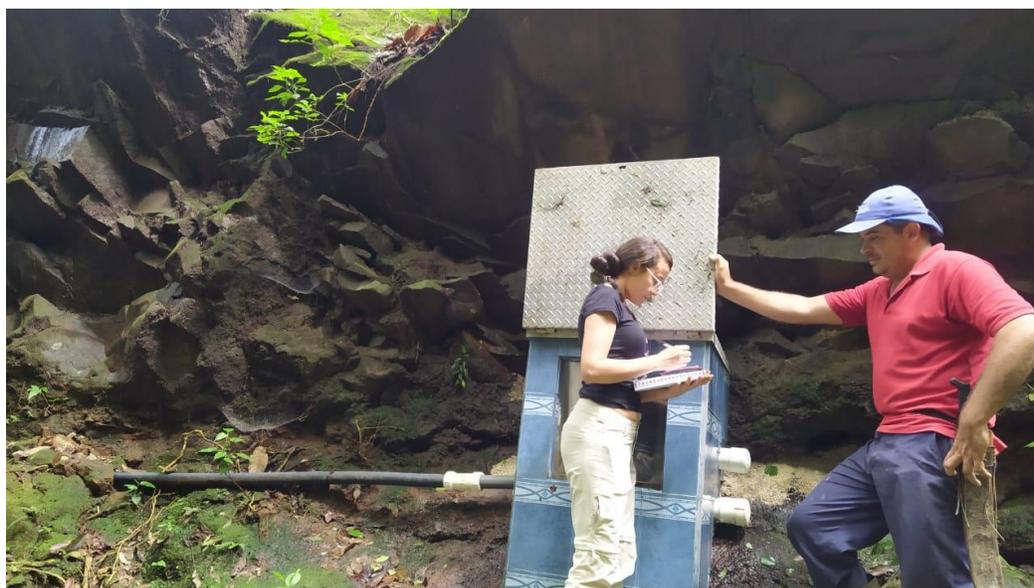
*Figura 63.* Visita realizada a la ASADA de Carbonal

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 64.* Visita realizada a la ASADA de Carbonal

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



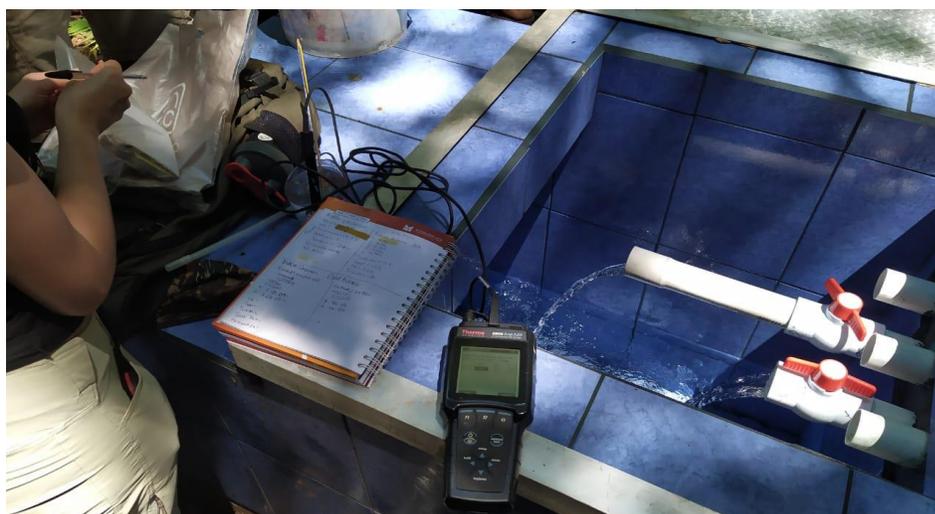
*Figura 65.* Visita realizada a la ASADA de Carbonal

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 66.* Visita realizada a la ASADA de Carbonal

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 67.* Visita realizada a la ASADA de Carbonal

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 68.* Visita realizada a la ASADA de Carbonal

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 69.* Visita realizada a la ASADA de Carbonal

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 70.* Visita realizada a la ASADA de Carbonal

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 71.* Visita realizada a la ASADA El Mastate

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 72.* Visita realizada a la ASADA de El Mastate

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 73.* Visita realizada a la ASADA de San Luis

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 74.* Visita realizada a la ASADA de San Luis

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 75.* Visita realizada a la ASADA de San Luis

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 76.* Visita realizada a la ASADA de San Luis

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 77.* Visita realizada a la ASADA de San Luis

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 78.* Visita realizada a la ASADA de San Luis

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 79.* Visita realizada a la ASADA de San Miguel

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 80.* Visita realizada a la ASADA de San Miguel

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



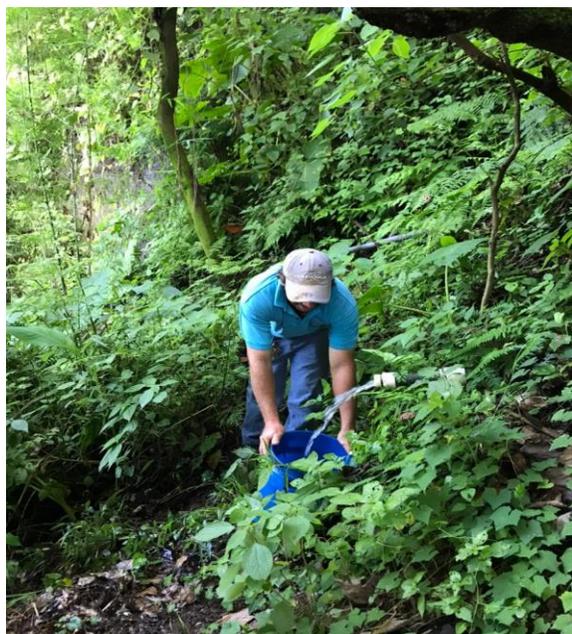
*Figura 81.* Visita realizada a la ASADA de San Miguel

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 82.* Visita realizada a la ASADA de San Miguel

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



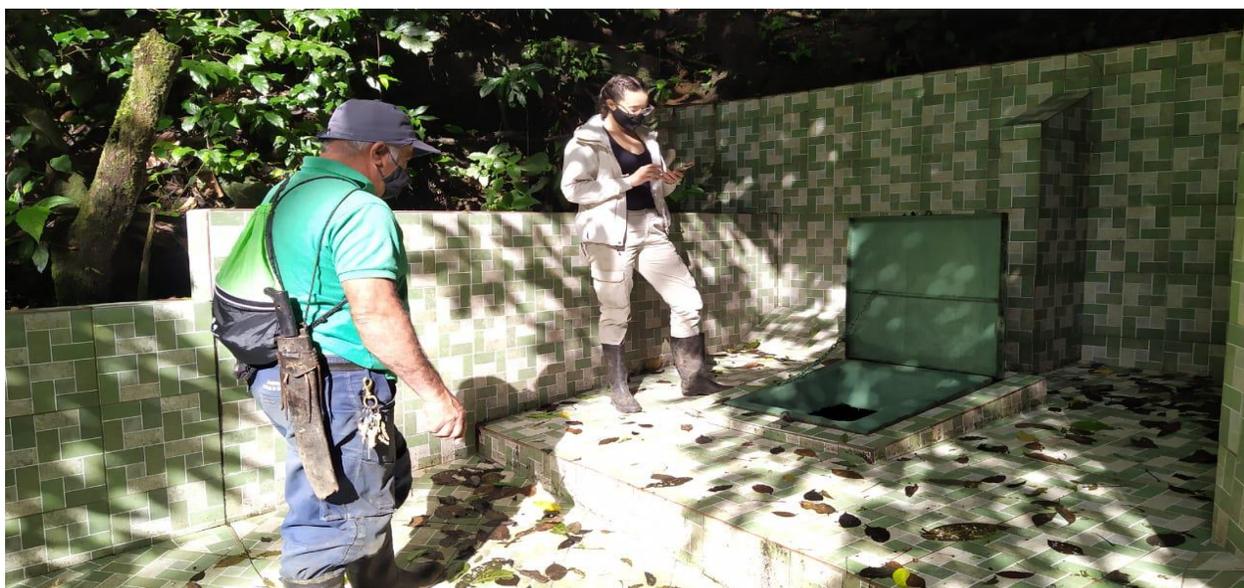
*Figura 83.* Visita realizada a la ASADA de San Miguel

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 84.* Visita realizada a la ASADA de San Miguel

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 85.* Visita realizada a la ASADA de San Roque

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 86.* Visita realizada a la ASADA de San Roque

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 87.* Visita realizada a la ASADA de El Cajón

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 88.* Visita realizada a la ASADA de El Cajón

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 89.* Visita realizada a la ASADA de El Cajón

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 90.* Visita realizada a la ASADA de Los Ángeles

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 91.* Visita realizada a la ASADA de Los Ángeles

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 92.* Visita realizada a la ASADA de Los Ángeles

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 93.* Visita realizada a la ASADA de Los Ángeles

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 94.* Visita realizada a la ASADA de San Juan de Grecia

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 95.* Visita realizada a la ASADA de Los Ángeles

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 96.* Visita realizada a la ASADA de Los Ángeles

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



*Figura 97.* Visita realizada a la ASADA de Los Ángeles

Fuente: Elaboración propia de las personas investigadoras para efectos del presente trabajo investigativo



SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN  
 ÁREA DE CONSERVACIÓN CENTRAL  
 Reserva de Biosfera  
 SEDE REGIONAL



#### RESOLUCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA N° SINAC-ACC-PI-re-013-2021

EL MINISTERIO DEL AMBIENTE y ENERGÍA, SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN, a través del ÁREA DE CONSERVACIÓN CENTRAL, a las ocho horas del día cuatro del mes de febrero del dos mil VEINTIUNO.

#### Resultando:

**PRIMERO:** Que el día diecinueve de enero del dos mil veintiuno, la señora Katty Elena Campos Valerio, con cédula número dos, setecientos trece, cuatrocientos ochenta (2-0713-0480), y el señor Joseph Antonio Acuña Cruz con cédula número dos, setecientos trece, novecientos ochenta y seis (2-0713-0986), respaldados oficialmente por la Universidad Técnica Nacional (UTN), solicitan permiso para realizar la investigación titulada: "Propuesta para la gestión sostenible del recurso hídrico de la Reserva Forestal Grecia".

#### Considerando:

**PRIMERO:** Que la Ley Orgánica del Ambiente (Ley N°7554), Capítulo VII, en su Artículo 35, define como uno de los objetivos de las Áreas Silvestres Protegidas la promoción de la investigación científica, el estudio de los ecosistemas y su equilibrio, así como el conocimiento y las tecnologías que permitan el uso sostenible de los recursos naturales del país y su conservación.

**SEGUNDO:** Que la Ley de Biodiversidad (Ley N° 7788) en su Artículo 89: Fomento de programas de investigación, divulgación e información; establece que el Ministerio del Ambiente y Energía y las demás instituciones públicas y privadas fomentarán el desarrollo de programas de investigación sobre la diversidad biológica.

**TERCERO:** Que con fundamento en los artículos uno y tres, de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre, Ley número siete mil trescientos diecisiete del siete de diciembre de mil novecientos noventa y dos, declara que la Vida Silvestre está conformada por la Fauna Continental e Insular que vive en condiciones naturales, temporales o permanentemente en el territorio nacional y la flora que vive en condiciones naturales en el país; y que únicamente pueden ser objeto de apropiación particular y de comercio mediante las disposiciones contenidas en los tratados y convenios internacionales, en la Ley N° 7317 y su reglamento, artículos 3 y 36 al 50 y otras normativas vinculantes.

**CUARTO:** Que la Ley de Conservación de la Vida Silvestre (Ley N°7317), en su Artículo 2, define como Estudio Científico: *Toda investigación que aplica el método científico*; Recolectar: *acción de recoger, cortar, capturar o separar de su medio especies orgánicas, sus productos o subproductos*; Recolecta Científica: *la captura o extracción de animales o plantas, sus productos o subproductos, con fines de estudio científico*; Recolecta Cultural: *la captura o extracción de animales o plantas, sus productos o subproductos, con fines educativos*. Vida Silvestre: *conjunto de la fauna continental e insular que vive en condiciones naturales,*



Dirección: San Miguel, Santo Domingo de Heredia  
 Tel. (506)2268-8091 / 2268-8087 • Fax: (506)2268-8096 • Apdo.: 11384-1000 San José, Costa Rica  
 www.sinac.go.cr



Figura 98. Carta de aval del MINAE para la elaboración del proyecto

Fuente: SINAC, MINAE



SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN  
 ÁREA DE CONSERVACIÓN CENTRAL  
 Reserva de Biosfera  
 SEDE REGIONAL



Sra. Kathy Campos y Sr. Joseph Acuña  
 SINAC-ACC-PI-re-013-2021  
 Página 2 de 5

*temporales o permanentes y de la flora que vive en condiciones naturales en el territorio nacional.*

**QUINTO:** Que la Ley de Conservación de la Vida Silvestre (Ley N°7317), en su Artículo 7, expresa que el Ministerio del Ambiente y Energía, tiene como competencia, entre otros, el *promover y ejecutar investigaciones en el campo de la Vida Silvestre.*

**SEXTO:** Que la Ley de Conservación de la Vida Silvestre (Ley No 7317), en sus Artículos 3, 4, 5 y los Artículos del 36 al 51, faculta al Ministerio del Ambiente y Energía para otorgar *permisos de investigación científica, otorgar licencias por recolecta científica, a establecer los requisitos por trámites y procedimientos para otorgar dichos permisos, a inscribir y registrar las investigaciones y a otorgar permisos de importación y exportación de flora y fauna, entre otros.*

**SÉTIMO:** Que según la Ley N° 7317, Ley de Conservación de la Vida Silvestre, en el artículo 6 establece que la Dirección General de Vida Silvestre es el órgano competente en materia de planificación, desarrollo y control de la flora y la fauna silvestre.

**OCTAVO:** Que el Reglamento de Investigaciones de los Parques Nacionales (Decreto Ejecutivo 12329-A), actualmente bajo administración del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC); en sus considerandos establece: *a) que la investigación es uno de los fines fundamentales para preservar y proteger áreas naturales y juega un papel muy importante en la elaboración de los planes de manejo de los parques nacionales y áreas afines, así como para los avances de la ciencia en el área de los recursos naturales. b) que la investigación en los Parques puede resultar favorecida por la coordinación de sus funcionarios con organismos o personales especializadas. c) que tienen prioridad las investigaciones que ayuden a comprender y conocer mejor los recursos de los Parques, con el fin de manejarlos en forma correcta.*

**NOVENO:** Que la Estrategia Nacional de Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad, establece dentro de sus políticas: el impulso a las investigaciones dirigidas a conocer el estado de las especies y ecosistemas de interés particular para la conservación.

**DÉCIMO:** Que las Políticas para las Áreas Silvestres Protegidas establecen que se debe: *• fomentar el desarrollo de la investigación básica y aplicada dentro de las áreas silvestres protegidas, de acuerdo con las necesidades identificadas por la institución; • autorizar aquellas investigaciones que se realicen en las áreas silvestres protegidas de conformidad con lo que establece la legislación vigente, la reglamentación interna del Área de Conservación y las prioridades de investigación identificadas por las áreas silvestres protegidas.*

**DÉCIMO PRIMERO:** Que el Área de Conservación Central (ACC), tiene como uno de sus principios básicos la *coordinación, promoción, participación y facilitación del desarrollo de investigaciones básicas y aplicadas e inventarios de biodiversidad* que contribuyan a incrementar el conocimiento y entendimiento de la biodiversidad, sus ecosistemas y el componente geológico sobre el que se desarrollan.

**DÉCIMO SEGUNDO:** Que el Área de Conservación Central ha establecido un *Programa de Investigación* que tiene como objetivo hacer del ACC, un sitio de estudios científicos de primer orden, muy amigable a los usuarios y en donde los procesos científicos y la información obtenida,



Dirección: San Miguel, Santo Domingo de Heredia  
 Tel. (506)2268-8091 / 2268-8087 • Fax: (506)2268-8096 • Apdo.: 11384-1000 San José, Costa Rica  
 www.sinac.go.cr



Figura 99. Carta de aval del MINAE para la elaboración del proyecto

Fuente: SINAC, MINAE



SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN  
 ÁREA DE CONSERVACIÓN CENTRAL  
 Reserva de Biosfera  
 SEDE REGIONAL



Sra. Kathy Campos y Sr. Joseph Acuña  
 SINAC-ACC-PI-re-013-2021  
 Página 3 de 5

servan de eje central para su biodesarrollo y conservación a perpetuidad de la biodiversidad que se restaura y conserva en las 150.000 hectáreas terrestres de área silvestre protegida.

**DÉCIMO TERCERO:** Que el proyecto "Propuesta para la gestión sostenible del recurso hídrico de la Reserva Forestal Grecia" es considerado de interés por cumplir con los objetivos de las estrategias de biodiversidad e investigación y con los fines que persigue el ACC de ampliar el conocimiento de sus especies, ecosistemas, recursos geológicos y culturales.

**DÉCIMO CUARTO:** Que en el Manual de Procedimientos para realizar Investigación en Biodiversidad y Recursos Culturales en las Áreas de Conservación, establecido por el *Comité Técnico de Investigación del SINAC* (decreto ejecutivo N°28993-MINAE) y oficializado por el SINAC (oficios SINAC-DG-147 y DG-149, del 2002 y por el decreto ejecutivo N°32553-MINAE) se establece como función de los encargados de los Programas de Investigación, entre otras, las siguientes: a) *Tramitar, evaluar y resolver los proyectos de investigación que se presenten ante su oficina regional, para realizar estudios científicos en su área de conservación.* b) *Elaborar las resoluciones respectivas y otorgar el pasaporte científico (licencia de recolecta científica).* c) *Recibir y analizar toda solicitud de permiso de investigación que se presente ante su oficina regional, para realizar estudios científicos en su área de conservación.* d) *Establecer acuerdos de Transferencia de Material cuando sea considerado necesario por la naturaleza de la investigación.*

**DÉCIMO QUINTO:** Que el día diecinueve de enero del dos mil veintiuno, la señora Katty Elena Campos Valerio, con cédula número dos, setecientos trece, cuatrocientos ochenta (2-0713-0480), y el señor Joseph Antonio Acuña Cruz con cédula número dos, setecientos trece, novecientos ochenta y seis (2-0713-0986), en calidad de investigadores principales, cumplieron con los requisitos de inscripción de investigaciones y recolecta científica establecidos en la Ley de Conservación de la Vida Silvestre (Ley N° 7317) y su reglamento; con lo estipulado en el Manual de Procedimientos del SINAC y con lo solicitado por el Programa de Investigación del ACC, para desarrollar su investigación titulada: "Propuesta para la gestión sostenible del recurso hídrico de la Reserva Forestal Grecia", por lo que lo procedente es aprobar este permiso.

**DÉCIMO SEXTO:** Que el día veintinueve de mayo del dos mil veinte se emite el Protocolo: MINAE-SINAC-P-001. Protocolo General para hacer uso de las Áreas Silvestres Protegidas del Sistema Nacional de Áreas de Conservación con permiso de apertura establecidos a la fecha. Sector Ambiente. En su apartado 7.8: Mecanismos para el desarrollo de investigaciones y otras actividades científicas o académicas dentro de las Áreas Silvestres Protegidas, por parte de investigadores, asistentes de investigación, estudiantes y docentes universitarios. Se dan una serie de directrices generales de acatamiento obligatorio en el siguiente enlace: [http://www.sinac.go.cr/ES/tramitesconsultas/permisoinvestigacion/Informacion%20permisos/Versi%C3%B3n%2002%20Protocolo%20General%20ASP%20SINAC%2029.05.20%20\(marcado\).pdf](http://www.sinac.go.cr/ES/tramitesconsultas/permisoinvestigacion/Informacion%20permisos/Versi%C3%B3n%2002%20Protocolo%20General%20ASP%20SINAC%2029.05.20%20(marcado).pdf)



Dirección: San Miguel, Santo Domingo de Heredia  
 Tel. (506)2268-8091 / 2268-8087 • Fax: (506)2268-8096 • Apdo.: 11384-1000 San José, Costa Rica  
 www.sinac.go.cr



Figura 100. Carta de aval del MINAE para la elaboración del proyecto

Fuente: SINAC, MINAE



SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN  
 ÁREA DE CONSERVACIÓN CENTRAL  
 Reserva de Biosfera  
 SEDE REGIONAL



Sra. Kathy Campos y Sr. Joseph Acuña  
 SINAC-ACC-PI-re-013-2021  
 Página 4 de 5

**Por tanto**  
**El Lic. Renato Sánchez González, Director ai.**  
**Área de Conservación Central**  
**RESUELVE:**

**PRIMERO:** APROBAR EL PERMISO DE INVESTIGACIÓN a la señora la señora Katty Elena Campos Valerio, con cédula número dos, setecientos trece, cuatrocientos ochenta (2-0713-0480), y el señor Joseph Antonio Acuña Cruz con cédula número dos, setecientos trece, novecientos ochenta y seis (2-0713-0986), quienes solicitaron permiso para realizar la investigación titulada "Propuesta para la gestión sostenible del recurso hídrico de la Reserva Forestal Grecia".

**SEGUNDO:** Este permiso es otorgado con el objetivo general de elaborar una propuesta para la gestión sostenible del recurso hídrico superficial de la Reserva Forestal Grecia, mediante la determinación de caudales, calidad de las aguas, servicios ecosistémicos y áreas de protección para un desarrollo social y económico en armonía con el ambiente. Y los objetivos específicos: (i) Determinar la ubicación geográfica y el caudal de los cuerpos de agua seleccionados, para la estimación de la capacidad hídrica y su calidad, mediante la aplicación de técnicas in situ. (ii) Analizar la información de los parámetros de caudales y la calidad del agua, con los datos brindados por las ASADAS y la Dirección de Agua del MINAE, mediante reuniones con los actores estratégicos, para la determinación de la cantidad de agua aprovechada y los servicios ecosistémicos que ofrece, en aras de la gestión sostenible del recurso hídrico. (iii) Establecer las zonas de protección de los cuerpos de aguas superficiales, para que se garantice una protección, aprovechamiento, mantenimiento y recuperación adecuado del recurso, mediante la aplicación de la herramienta metodológica para la delimitación digital de las áreas de protección de ríos, quebradas y arroyos.

**TERCERO:** Este permiso es válido únicamente para el Área de Conservación Central, específicamente en la Reserva Forestal Grecia y no faculta para hacer la investigación o recolectar en otras áreas de protección estatal o fincas particulares sin el respectivo permiso de quien está legalmente autorizado para otorgarlo.

**CUARTO:** El Sistema Nacional de Áreas de Conservación y el Área de Conservación Central autoriza los métodos de recolecta científica enumerados en el reglamento de la Ley de Conservación de la Vida Silvestre (Ley 7317) y los métodos autorizados en el Manual de Procedimientos del SINAC, así como aquellos que de previo hayan sido avalados por el Programa de Investigación.

**QUINTO:** El Área de Conservación Central se reserva el derecho de cancelar este permiso sin responsabilidad alguna para el Estado, cuando se compruebe que se ha incumplido el mismo o se han variado las actividades sin haber informado y obtenido autorización previa del Programa de Investigación.

**SEXTO:** Los investigadores no pueden ceder ni en modo alguno traspasar el permiso, pues el mismo es intransferible.

**SÉTIMO:** Los investigadores deberán permitir a los funcionarios del Área de Conservación



Dirección: San Miguel, Santo Domingo de Heredia  
 Tel. (506)2268-8091 / 2268-8087 • Fax: (506)2268-8096 • Apdo.: 11384-1000 San José, Costa Rica  
 www.sinac.go.cr



Figura 101. Carta de aval del MINAE para la elaboración del proyecto

Fuente: SINAC, MINAE



SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS DE CONSERVACIÓN  
 ÁREA DE CONSERVACIÓN CENTRAL  
 Reserva de Biosfera  
 SEDE REGIONAL



Sra. Kathy Campos y Sr. Joseph Acuña  
 SINAC-ACC-PI-re-013-2021  
 Página 5 de 5

Central la verificación de las actividades cuando sea requerido y a acatar sus disposiciones cuando le sea indicado. Así mismo acatar las medidas sanitarias en el considerando Décimo Sexto

**OCTAVO:** Los investigadores se comprometen a mantener informados al Programa de Investigación y al ACC sobre el desarrollo de su investigación y se compromete a presentar un informe de colecta y de resultados finales el primero de abril del dos mil veintidós (1/04/2022). Los informes deben seguir como mínimo lo indicado en la "Guía para la elaboración de informes finales y de colecta del SINAC".

**NOVENO:** Ingreso, utilización y disposición final de objetos de plástico de un solo uso en los parques nacionales, reservas biológicas y monumentos nacionales administrados por el SINAC. De conformidad con lo que dispone la Directriz No. SINAC-DE-944-2020 del 25 de agosto de 2020, Los investigadores se comprometen, a utilizar únicamente los objetos de plástico de un solo uso que resulten absolutamente indispensables para el óptimo desarrollo de su proyecto, de manera tal que se evite la introducción innecesaria de ese tipo de plástico en las áreas indicadas en la Directriz No. SINAC-DE-944-2020. Asimismo, se compromete a retirar de todos los sitios de acceso autorizados en dicha (s) área (s) silvestre (s) protegida (s), todos los objetos de plástico de un solo uso que requiera emplear durante el curso de su proyecto, una vez finalizado el mismo. Además, el permisionario deberá velar porque cualquier plástico residual de un solo uso sea llevado fuera de los límites del área(s) en cuestión y dispuesto conforme a lo que dicta la Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839 del 24 de junio de 2010 y sus reformas.

**DÉCIMO:** El Área de Conservación Central y el Programa de Investigación salvan la responsabilidad sobre cualquier accidente o situación que afecte y/o ponga en peligro la integridad de las personas (investigador, asistentes, acompañantes) que participan en el desarrollo de las actividades de la investigación tanto en laboratorio como en el campo.

**DÉCIMO PRIMERO:** Este permiso rige a partir del día primero de febrero del dos mil veintiuno (1/02/2021) hasta el día primero de febrero del dos mil veintidós (1/02/2022).

**DÉCIMO SEGUNDO:** Notifíquese.

RENATO  
 ALFONSO  
 SANCHEZ  
 GONZALEZ  
 (FIRMA)

Firmado digitalmente  
 por RENATO  
 ALFONSO SANCHEZ  
 GONZALEZ (FIRMA)  
 Fecha: 2021.02.05  
 11:40:58 -06'00'

Lic. Renato Sánchez González Director ai.  
 Área de Conservación Central

C: Fabricio Carbonell T, Programa de Investigaciones ACC  
 Lourdes Vargas F, Gestor de Investigaciones Secretaría Ejecutiva SINAC



Dirección: San Miguel, Santo Domingo de Heredia  
 Tel. (506)2268-8091 / 2268-8087 • Fax: (506)2268-8096 • Apdo.: 11384-1000 San José, Costa Rica  
 www.sinac.go.cr



Figura 102. Carta de aval del SINAC, MINAE para la elaboración del proyecto

Fuente: SINAC, MINAE