

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
SUBGERENCIA DE AMBIENTE, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
UEN GESTIÓN AMBIENTAL DEL RECURSO HÍDRICO
ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA



ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO: CÁLCULO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN
ABSOLUTA BACTERIOLÓGICA DE LAS NACIENTES ARGELIA Y
FIGUERES (F1 y F2), UPALA, ALAJUELA.

JOSE DANIEL
VARGAS
BOLAÑOS (FIRMA)

Firmado digitalmente por
JOSE DANIEL VARGAS
BOLAÑOS (FIRMA)
Fecha: 2020.07.30 14:16:37
-06'00'

Elaboró:
Geól. José Daniel Vargas Bolaños

Asistencia de campo por el Área Funcional de Hidrogeología:
Geól. Gerardo Chaves Alvarado

Por parte de la UE Huracán Otto:
Sr. Styven Morales Campos

Por parte de la ASADA de Rincón de La Vieja:
Don Luis, fontanero de la ASADA

Por parte de la ASADA de Buenos Aires:
Don Marvin, fontanero de la ASADA

CHRISTIAN
EDUARDO DELGADO
SEGURA (FIRMA)

Firmado digitalmente por
CHRISTIAN EDUARDO
DELGADO SEGURA (FIRMA)
Fecha: 2020.07.30 14:06:37
-06'00'

Revisó:
Geól. Christian Delgado Segura
Dirección Área Funcional de Hidrogeología



Firmado
digitalmente por
VIVIANA RAMOS
SANCHEZ (FIRMA)
Fecha: 2020.07.30
14:03:45 -06'00'

Revisó y avaló:
M.Sc. Viviana Ramos Sánchez, Hidrogeóloga
Dirección UEN Gestión Ambiental

JULIO, 2020



**Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo**



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN EL
REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, Jorge Luis Zapata Arroyo

N° Cédula: 2-0564-875

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital y Catálogo en línea (OPAC) la documentación incluida en la lista adjunta.

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: gerenciageneral@aya.go.cr **N° Teléfono:** 2242-5090

**JORGE LUIS ZAPATA
ARROYO (FIRMA)**

Firmado digitalmente por JORGE
LUIS ZAPATA ARROYO (FIRMA)
Fecha: 2022.08.29 19:48:12 -06'00'

Firma: _____

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivo General	2
1.2	Objetivos específicos	2
1.3	Ubicación Cartográfica	2
2	GEOLOGÍA REGIONAL Y ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	4
2.1	Formación Monteverde	4
2.2	Formación Buena Vista	4
2.3	Formación Cote	4
3	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	5
3.1	Alineamientos geológicos	5
4	GEOLOGÍA LOCAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	7
4.1	Debris Flow (Fm. Buena Vista)	7
5	CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO	12
5.1	Nacientes visitadas	12
5.2	Caracterización del acuífero	15
5.3	Características de la Zona no Saturada	20
5.4	Características de la Zona Saturada y Parámetros Hidráulicos del acuífero	20
6	CÁLCULO DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN DE LAS NACIENTES ARGELIA Y LOS FIGUERES	25
6.1	Tiempo de Tránsito de Contaminantes	25
6.1.1	Naciente Argelia	25
6.1.2	Nacientes Los Figueres	27
6.2	Metodología Analítica (Grubb)	29
6.2.1	x_0 Punto de no retorno	29
6.2.2	$Y_{\text{máx}}$ Ancho máximo de media zona de captura	29
6.2.3	x Longitud de la zona de captura	29
6.3	Metodología de Flujo Uniforme (Ecuación de flujo de Darcy)	31
6.4	Metodología de Radio Fijo	32
6.4.1	Naciente Argelia	32
6.4.2	Nacientes Los Figueres	32
6.5	Criterio geomorfológico	33
7	DEFINICIÓN DEL ÁREA ESPECIAL DE PROTECCIÓN DE LAS NACIENTES ARGELIA Y LOS FIGUERES	34
7.1	Zona Operacional de Protección Absoluta	34
7.2	Zona de Protección Absoluta	34
7.3	Zona de Protección Regulada	35
8	VULNERABILIDAD INSTRÍNSECA A LA CONTAMINACIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN ABSOLUTA DE LAS NACIENTES ARGELIA Y LOS FIGUERES)	38
9	CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA	40
9.1	Análisis físico-químico	40
9.1.1	Naciente Los Figueres (F1)	40
9.1.2	Naciente Los Figueres (F2)	40
9.2	Análisis microbiológico	41

9.2.1	Naciente Argelia (Los Álvarez).....	41
9.2.2	Naciente Los Figueres (F1)	41
10	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	42
11	REFERENCIAS	45

Lista de Figuras

Figura 1.	Mapa de ubicación del pozo en estudio.	3
Figura 2.	Mapa de la geología regional.	6
Figura 3.	Mapa de la geología local de la naciente Argelia.	10
Figura 4.	Mapa de la geología local de las nacientes Los Figueres.	11
Figura 5.	Mapa de ubicación de las nacientes visitadas y consultadas.....	14
Figura 6.	Ubicación del perfil hidrogeológico A-A'	16
Figura 7.	Ubicación del perfil hidrogeológico B-B'	17
Figura 8.	Perfil hidrogeológico A-A'	18
Figura 9.	Perfil hidrogeológico B-B'	19
Figura 10.	Mapa de líneas equipotenciales para la naciente Argelia.	23
Figura 11.	Mapa de líneas equipotenciales para las nacientes Los Figueres (F1 y F2).....	24
Figura 12.	Mapa de la zona de protección de la naciente Argelia.....	36
Figura 13.	Mapa de la zona de protección de las nacientes Los Figueres.....	37
Figura 14.	Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación metodología de G.O.D. modificada del SENARA.....	38

Lista de Cuadros

Cuadro 1.	Ubicación de las nacientes.	1
Cuadro 2.	Nacientes visitadas.....	13
Cuadro 3.	Nacientes consultadas.....	13
Cuadro 4.	Pruebas de infiltración realizadas.....	22
Cuadro 5.	Parámetros hidráulicos del acuífero.	22
Cuadro 6.	Cálculo del gradiente hidráulico.....	22
Cuadro 7.	Tiempo de tránsito de contaminantes en la zona no saturada.	26
Cuadro 8.	Tiempo de tránsito de contaminantes en la zona saturada.	27
Cuadro 9.	Tiempo de tránsito de contaminantes en la zona no saturada.	28
Cuadro 10.	Tiempo de tránsito de contaminantes en la zona saturada.	28
Cuadro 11.	Cálculo de la zona de captura para la naciente Argelia.....	30
Cuadro 12.	Cálculo de la zona de captura para las nacientes Los Figueres.....	30
Cuadro 13.	Cálculo del ancho del tubo de flujo.....	31
Cuadro 14.	Cálculo del ancho del tubo de flujo.....	31
Cuadro 15.	Cálculo de la zona de protección mediante la metodología de radio fijo.	32
Cuadro 16.	Cálculo de la zona de protección mediante la metodología de radio fijo.	33
Cuadro 17.	Cálculo de la Vulnerabilidad a la Contaminación para la Zona de Protección Absoluta de la naciente Argelia.....	39

Cuadro 18. Cálculo de la Vulnerabilidad a la Contaminación para la Zona de Protección Absoluta de las nacientes Los Figueres.	39
--	----

Lista de Anexos

Anexo 1: Solicitud de estudio hidrogeológico por parte de la UEN Administración de Proyectos de la Subgerencia Gestión Sistemas Delegados.....	46
Anexo 2: Resultado de las pruebas de infiltración de agua en el suelo.	73
Anexo 3: Análisis físico-químico de la naciente Buenos Aires #2.	77
Anexo 4: Análisis microbiológico de la naciente Argelia (ASADA de Rincón de la Vieja) y Buenos Aires #1 (ASADA El Gavilán-Buenos Aires).	80

1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realiza en respuesta a la solicitud efectuada por parte de la UEN Administración de Proyectos de la Subgerencia Gestión Sistemas Delegados mediante el memorando GSD-UEN-AP-2020-00668 (Anexo 1) a la Dirección de la UEN Gestión Ambiental, en el cual se solicita que se determine la zona de protección absoluta bacteriológica para las nacientes Argelia (Los Álvarez) y Los Figueres (corresponden con 2 nacientes, F1 captada y F2 sin captar), que se ubican en las localidades de El Gavilán y Buenos Aires, en el cantón de Upala, de la provincia de Alajuela, dichos aprovechamientos forman parte del proyecto “Reconstrucción, aumento de la resiliencia y disminución del riesgo de 24 acueductos – Emergencia Huracán Otto”, que está desarrollando la Unidad Ejecutora Huracán Otto en la zona.

Por lo tanto, la Dirección de la UEN Gestión Ambiental asigna a un grupo de trabajo encargado de realizar los estudios pertinentes de campo, los cuales se llevan a cabo los días 10,11 y 12 de junio del 2020 en la zona de estudio.

Cabe mencionar que las nacientes en estudio a pesar de ubicarse cerca del flanco norte del volcán Rincón de la Vieja, estas se encuentran fuera de la zona con categoría de Parque Nacional, gestionado por el Área de Conservación Guanacaste y que lleva como nombre Parque Nacional Rincón de la Vieja (Figura 1).

Cuadro 1. Ubicación de las nacientes.

Naciente	ASADA	Coordenadas (Proyección CRTM05)		Elevación (m.s.n.m.)	* Caudal concesionado actual (L/s)	** Caudal nuevo a solicitar en concesión a la DA (L/s)
Argelia	Rincón de la Vieja	1204692	352085	561	9.29	-
Los Figueros (F1)	Buenos Aires	1201907	356992	650	0.48	6.5
Los Figueros (F2)	Rincón de la Vieja	1201997	256987	650	-	25

* Caudal concesionado por la Dirección de Agua (DA) del MINAE (Anexo 1).

** En proceso de solicitud de concesión ante la DA del MINAE (Anexo 1).

1.1 Objetivo General

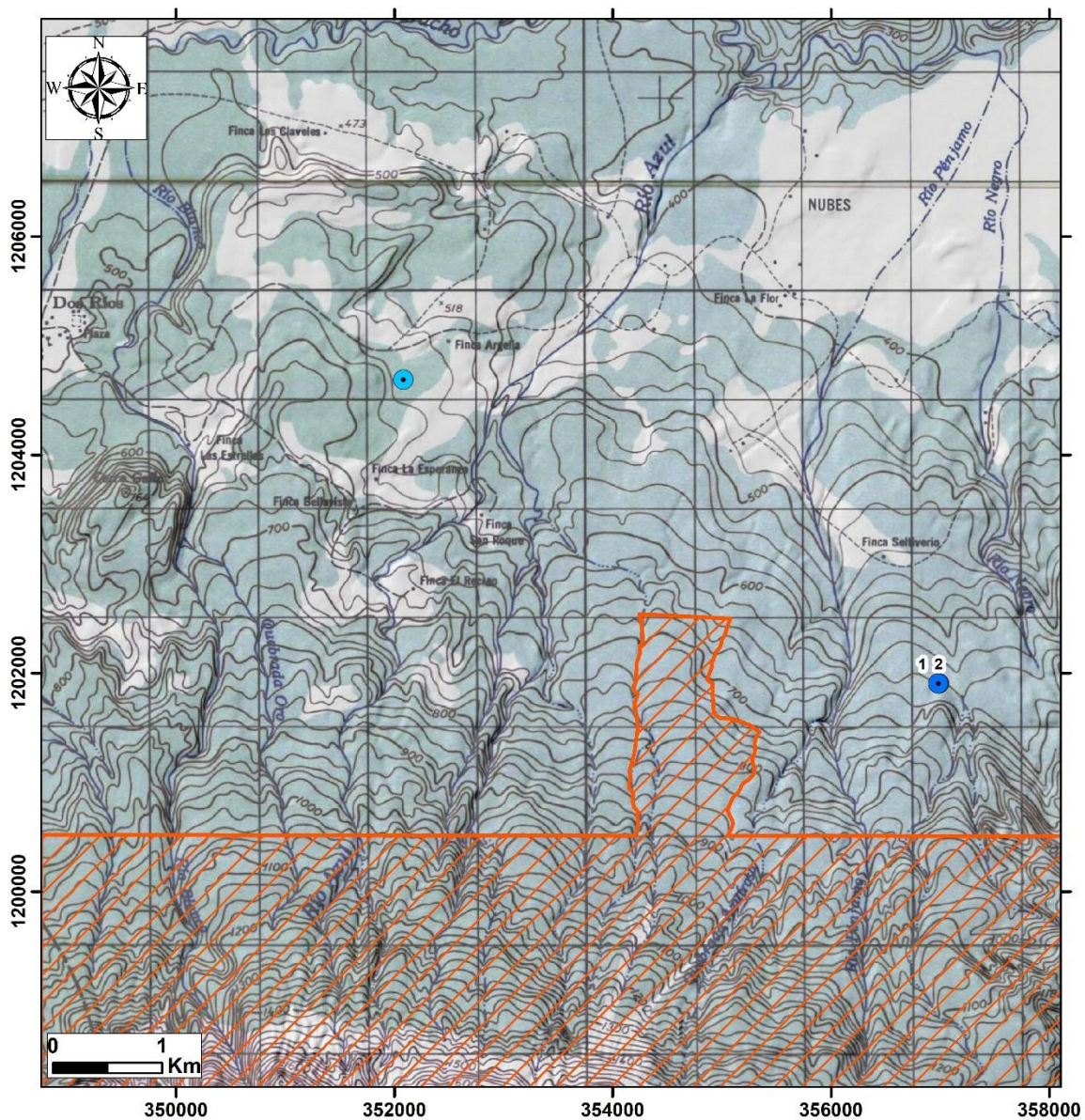
- Determinar el área especial de protección para las nacientes Argelia y Los Figueres (F1 y F2).

1.2 Objetivos específicos

- Elaborar un cartografiado geológico e hidrogeológico del sitio a detalle.
- Calcular la zona de protección operacional y zona de protección absoluta bacteriológica de las nacientes en estudio.
- Determinar la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero que es aprovechado por las nacientes.

1.3 Ubicación Cartográfica

El presente estudio se localiza entre las coordenadas 1210000 / 1250000 N y 351000 / 358000 E proyección CRTM05, de la hoja topográfica Cacao, escala 1:50000, del IGN, en la provincia de Alajuela (Figura 1).



INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
SUBGERENCIA, AMBIENTE,
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
UEN GESTIÓN AMBIENTAL
ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA



Simbología

- Naciente Argelia (Los Álvarez)
- Nacientes Figueres
- Parque Nacional Rincón de la Vieja

Base cartográfica: hoja Cacao,
escala 1:50000, IGN.

Elaborado por: Geól. José Daniel
Vargas Bolaños.

Proyección CRTM05
Datum WGS1984



JUNIO, 2020

Figura 1. Mapa de ubicación del pozo en estudio.

2 GEOLOGÍA REGIONAL Y ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra constituida por rocas volcánicas, a las cuales se les ha asignado edades que datan del Pleistoceno Inferior al Pleistoceno Superior (Figura 2).

A continuación, se presenta una síntesis geológica de las rocas presentes en el área de estudio.

2.1 Formación Monteverde

Está compuesta por lavas andesíticas hasta andesitas basálticas no alteradas hidrotermalmente. En menor cantidad se presentan rocas piroclásticas (brechas lávicas y tobas), así como depósitos laháricos (Zacek et al., 2012).

Estas lavas son masivas de tonalidades gris oscuro, de texturas afanítica porfirítica, con presencia de cristales milimétricos de plagioclasas y piroxenos abundantes (Ídem).

En cuanto a los lahares forman capas no estratificadas, son poco consolidados y están compuestos por una matriz caótica de clastos y bloques de tamaños decimétricos a métricos y formas angulares a subangulares (Ídem).

Según Zacek et al. (2012) la edad de esta formación es Pleistoceno Inferior.

2.2 Formación Buena Vista

Conformada por lahares que presentan abundante contenido de fragmentos volcánicos englobados en una matriz areno arcillosa de tonalidad pardo y composición tifácea (Zacek et al., 2012).

El tamaño de los bloques es centimétrico hasta métrico, de formas redondeadas a subangulares y de composición andesítico basáltico (Rojas, 2019).

En relación con la edad de estos depósitos va del Plioceno al Cuaternario (Ídem).

2.3 Formación Cote

Es compuesta por arenas volcaniclásticas, tobas, brechas volcaniclásticas, arcillolitas tobáceas y flujos de lava de tonalidades blanco a gris rojizo en zonas de alteración (Astorga, 1996).

Está enriquecida por pómez, niveles de paleosuelos y una baja litificación. Y su génesis se relaciona con facies volcaniclásticas depositadas por flujos piroclásticos o depósitos de caída en ambientes subaéreos de edad Plioceno Superior al Cuaternario (Astorga, 1996).

3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Regionalmente hacia el sector sureste de la zona de estudio según observaciones de campo y a partir de bibliografía consultada, es evidente la presencia de algunas estructuras tectónicas (Figura 2).

A continuación se describen las estructuras presentes al sur del sitio en estudio.

3.1 Alineamientos geológicos

Se localiza hacia el sector oriental de donde se ubican las nacientes Los Figueres, mostrando extensiones cercanas a 1.5 km y que se orientan en sentido NW-SE.

Estos alineamientos podrían relacionarse con algunas fracturas observadas en las lavas masivas cercanas a las nacientes Los Figueres, las cuales presentan un rumbo entre N30°W y N42°W y que serán descritas a mayor detalle en el siguiente apartado.

4 GEOLOGÍA LOCAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Las localidades de El Gavilán y Buenos Aires de Upala están constituidas por materiales volcánicos que corresponde con flujos de lodos, depósitos de coladas de lava y depósitos de tefra (Figura 3 y Figura 4).

Puntualmente se detalla a continuación los materiales volcánicos presentes en las inmediaciones de las nacientes en estudio y los cuales se han relacionado con los depósitos volcánicos de la Formación Buena Vista, los cuales sobreyacen a los materiales volcánicos de la Formación Monteverde.

4.1 Debris Flow (Fm. Buena Vista)

Corresponde con materiales lávicos depósitos por la acción de flujos de lodo (Foto 1) que descendieron desde el flanco norte del volcán Rincón de la Vieja, los cuales en las inmediaciones de la naciente Argelia muestran una matriz limosa de tonalidades pardo, con fragmentos finos y caóticos de líticos (Foto 2) y que engloba bloques de lava subredondeados y subangulares de lavas andesitíficos con cristales milimétricos de cuarzo, plagioclasa y piroxenos (Foto 3) y tamaños de los bloques desde centimétricos a métricos (Foto 4).

En las cercanías de la naciente Argelia este depósito muestra un espesor observable de 5 m en la quebrada sin nombre.



Foto 1. Depósito de lahar en quebrada sin nombre. (Coordenadas 1204673 N / 352019 E).



Foto 2. Matriz fina y caótica del depósito de lahar. (Coordenadas 1204670 N / 352014 E).



Foto 3. Fragmento de lava andesítica.
(Coordenadas 1204617 N / 351919 E).



Foto 4. Bloques métricos de lava.
(Coordenadas 1204673 N / 352019 E).

En los alrededores del sitio donde se localizan las nacientes de Los Figueres esta unidad muestra en los bloques de lava pátinas de meteorización más desarrolladas debido a que el lugar se presenta cubierto por una densa vegetación (Foto 5).

Los bloques de lava en las nacientes de Los Figueres presentan los mismos componentes que los bloques lávicos dispersos en los alrededores de donde se ubica la naciente Argelia, así como los tamaños que varían desde unos cuantos centímetros hasta bloques métricos (Foto 6).

El espesor del depósito de lahar donde aflora el agua subterránea es de alrededor de 2.5 m, sin embargo hacia la parte alta del flujo se observa un espesor de 6 m de altura.

Hacia el sector oeste de donde se ubica la naciente Los Figueres (F2), la cual a la fecha no se ha captado, se presenta a unos 3 m un cauce de entre 4 y 5 m de ancho por el cual no se observa al momento de la visita al sitio, algún flujo de agua ya sea superficial o subterránea desde los márgenes. Sin embargo, si fue posible observar 2 sitios en donde se muestran fracturas en una lava masiva y con presencia de meteorización esferoidal, las cuales se orientan principalmente en sentido N30°W (Foto 7) y N42°W (Foto 8) mostrando congruencia con los alineamientos geológicos que se presentan en el mapa de la geología regional (Figura 2), así como algunos pequeños saltos en el drenaje superficial del cauce que se desarrolla por el agua que aflora de las nacientes Los Figueres, de igual manera en el cauce del río sin nombre afluente al río Negro al noreste de las nacientes se observa esta situación.

Estas lavas masivas se han correlacionado con las lavas de la Formación Monteverde, las cuales se encuentran subyaciendo a los depósitos de lahar de la Formación Buena Vista mismos que dan origen a las nacientes de Los Figueres en la zona de contacto entre ambas formaciones, debido a la impermeabilidad de las lavas a pesar de presentar algunos sectores con fracturamiento.



Foto 5. Depósito de bloques junto
naciente Los Figueres (F1).
(Coordenadas 1201907 N / 356992 E).



Foto 6. Naciente Los Figueres (F2) sin
captar. (Coordenadas 1201907 N / 356987
E).



Foto 7. Lava masiva fracturada al SW de
las nacientes Los Figueres.
(Coordenadas 1201908 N / 356961 E).



Foto 8. Lavas fracturadas junto cauce
seco. (Coordenadas 1201878 N / 356956
E).

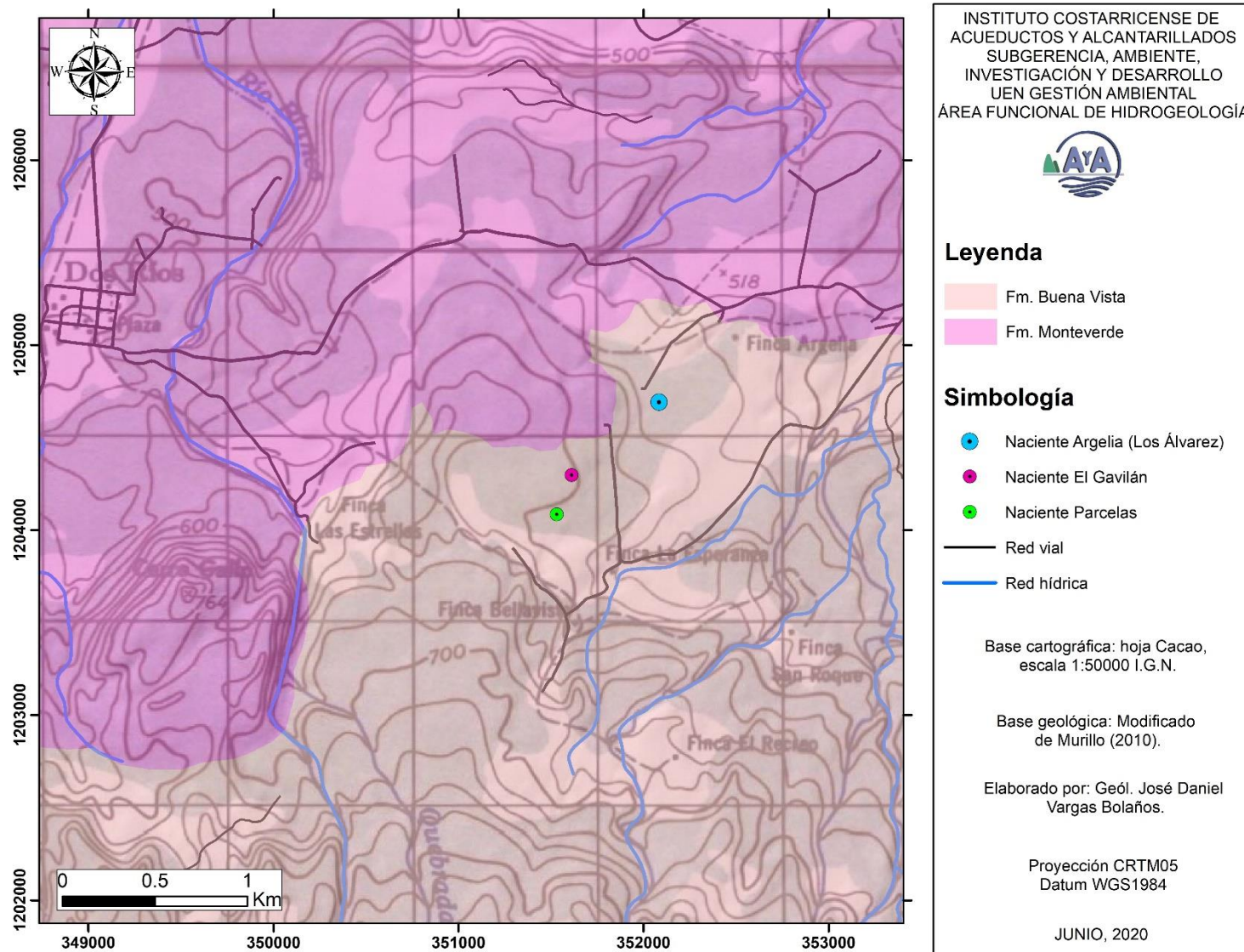


Figura 3. Mapa de la geología local de la naciente Argelia.

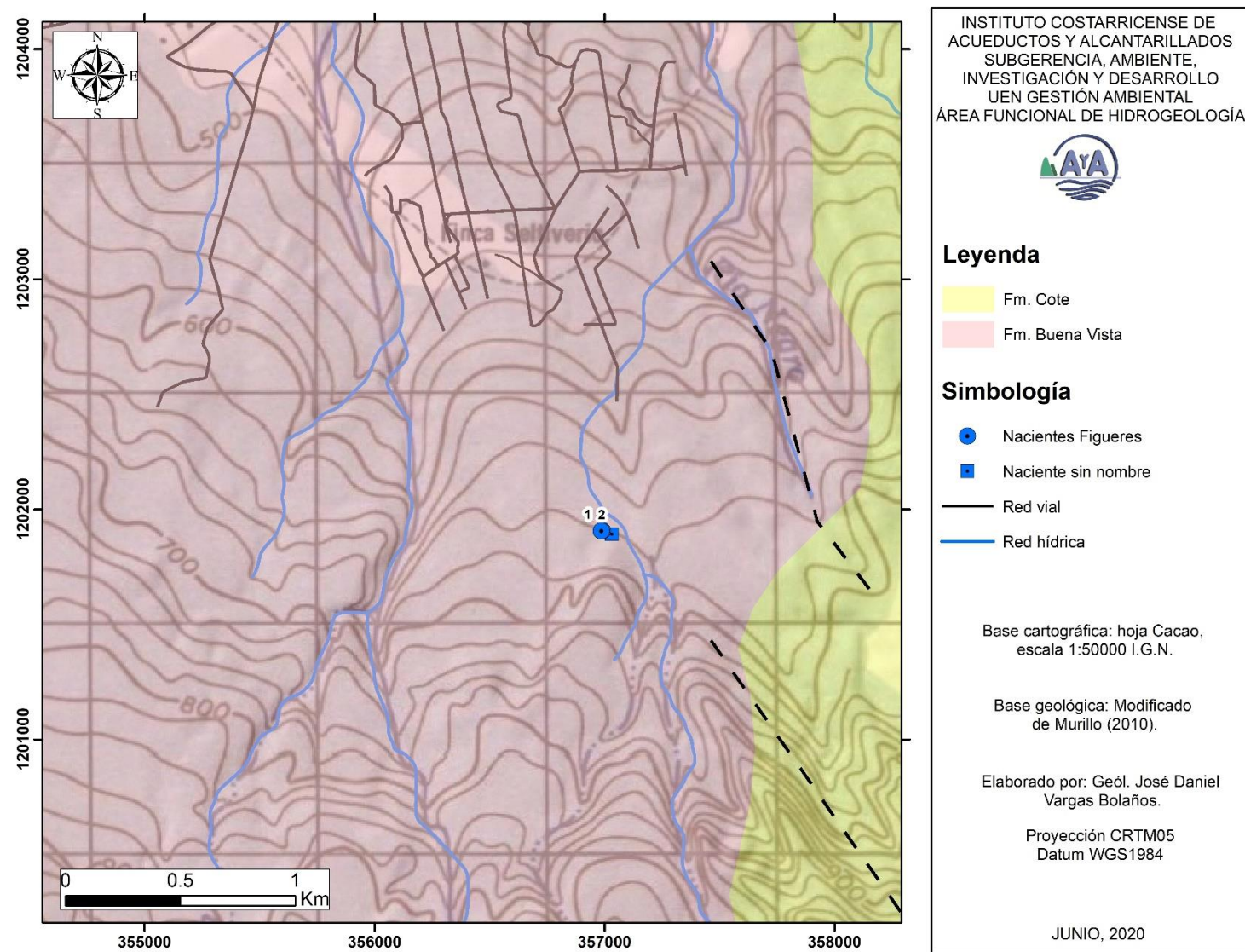


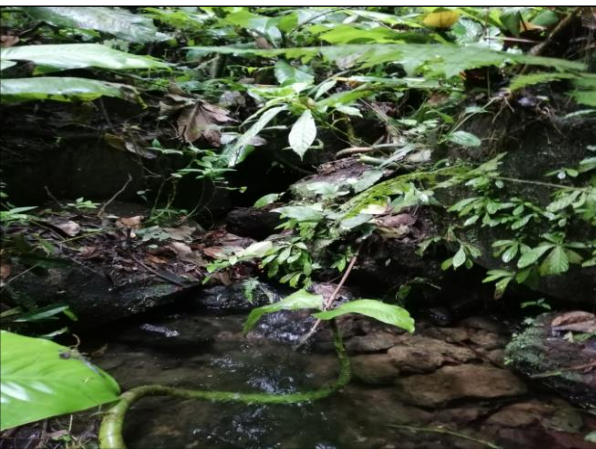
Figura 4. Mapa de la geología local de las nacientes Los Figueres.

5 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

La caracterización y descripción del medio hidrogeológico presente en la zona de estudio se ha determinado mediante el cartografiado geológico e hidrogeológico en el área de interés.

5.1 Nacientes visitadas

Durante la gira campo se visitaron las nacientes Argelia (Foto 9), Las Figueres (F1 y F2) (Foto 10 y Foto 11), así como una naciente cercana a las Figueres la cual no se encuentra captada (Foto 12), de las cuales se presentan algunas de sus características en el siguiente cuadro. En cuanto a su distribución espacial se muestra en la Figura 5

	
Foto 9. Naciente Argelia. (Coordenadas 1204692 N / 352085 E).	Foto 10. Naciente Los Figueres (F1). Coordenadas 1201907 N / 356992 E).
	
Foto 11. Naciente Los Figueres (F2) . (Coordenadas 1201907 N / 356987 E).	Foto 12. Naciente sin nombre cerca de Los Figueres. (Coordenadas 1201892 N / 357032 E).

Cuadro 2. Nacientes visitadas.

Naciente	ASADA	Coordenadas (Proyección CRTM05)		Elevación (m.s.n.m.)	* Caudal nuevo a solicitar en concesión a la DA (L/s)
Argelia	Rincón de la Vieja	1204692	352085	561	-
Los Figueres (F1)	Buenos Aires	1201907	356992	650	6.5
Los Figueres (F2)	Rincón de la Vieja	1201997	356987	650	25
Sin nombre	-	1201892	357032	655	-

* Solicitud de aumento de caudal por solicitar ante la DA del MINAE para la ejecución del proyecto Reconstrucción, aumento de la resiliencia y disminución del riesgo de 24 acueductos – Emergencia Huracán Otto.

De igual manera para complementar la información recabada en el campo a partir de las nacientes que son objeto del presente estudio, se consultaron las bases de datos de pozos y nacientes del Servicio Nacional de Agua Subterránea, Riego y Avenamiento (SENARA), así como las bases de datos del AyA y de la Dirección de Agua del MINAE en cuanto a concesiones de aprovechamiento. Sin embargo, se debe indicar que en la zona de estudio no se registran pozos ni nacientes en las bases de datos tanto del SENARA como del AyA, las fuentes que se registran corresponden con nacientes que son utilizadas para el abastecimiento de las comunidades como lo son la ASADA de Rincón de la Vieja y la ASADA de Buenos Aires.

Se presenta en el siguiente cuadro las nacientes consultadas en las cercanías de la naciente Argelia, administrada por la ASADA de Rincón de la Vieja (Figura 5).

Cuadro 3. Nacientes consultadas.

Naciente	ASADA	Coordenadas (Proyección CRTM05)		Elevación (m.s.n.m.)	* Caudal aforado (L/s)	** Caudal concesionado (L/s)
El Gavilán	Rincón de la Vieja	1204298	351611	609	19.81	5.82
Parcelas	El Gavilán	1204085	351532	603	-	1.61

* Caudal aforado durante el mes de mayo del 2020 por la UE Huracán (Anexo 1).

** Base de datos del SINIGIRH de la DA del MINAE.

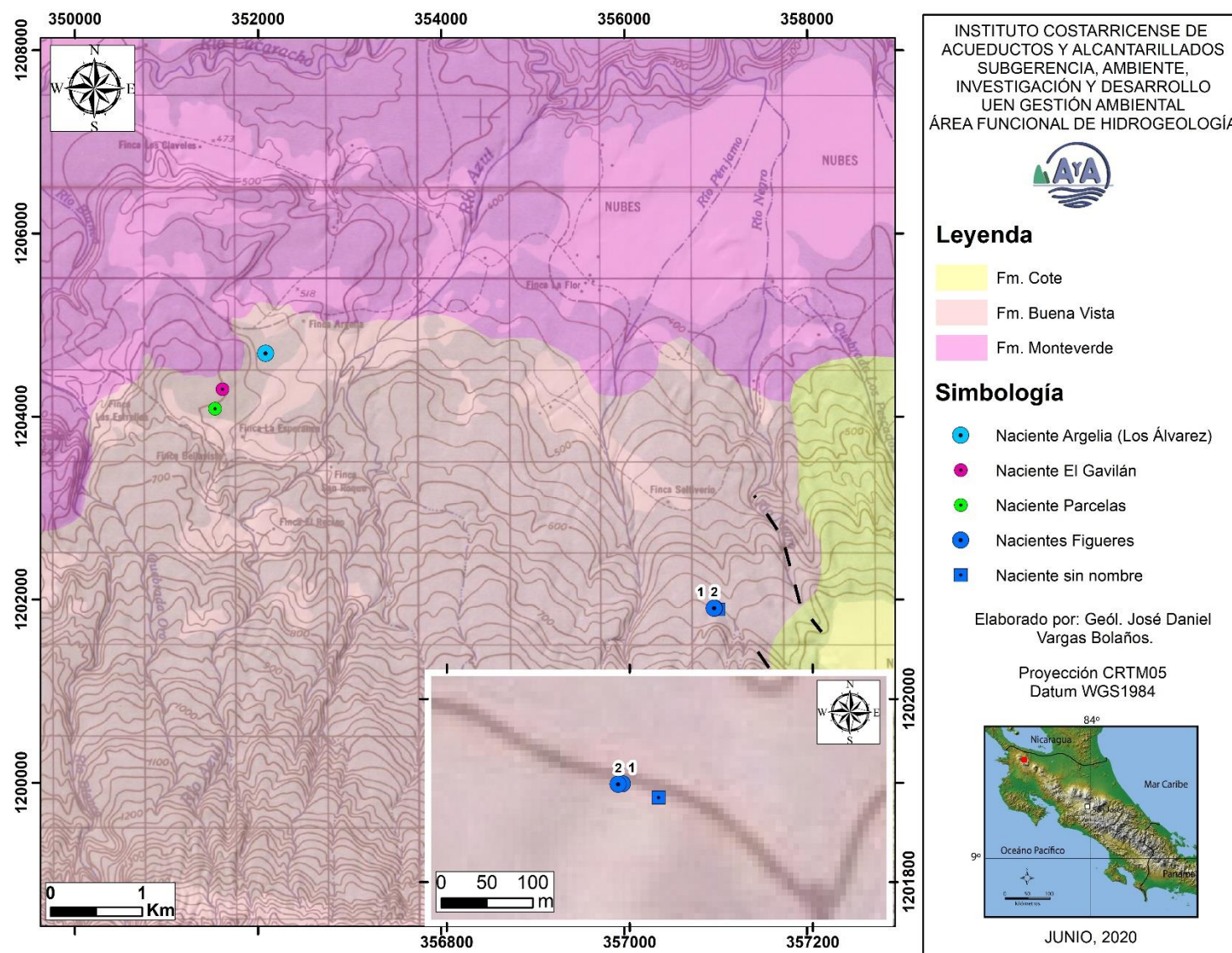


Figura 5. Mapa de ubicación de las nacientes visitadas y consultadas.

5.2 Caracterización del acuífero

Con base en las observaciones de campo, en la zona de estudio se presenta en superficie la unidad de depósitos de lahar de textura variable entre arena media y limosa y de un espesor que ronda entre 5 y 10 m hacia las inmediaciones del sitio donde se ubica la naciente Argelia, así como espesores entre 2.5 y 15 m para el sector donde se localizan las nacientes de Los Figueres (F1 y F2). Para cada una de estas zonas se ha realizado un perfil hidrogeológico (Figura 6 y Figura 7) que muestran la distribución de las unidades geológicas en las inmediaciones de los sitios de interés (Figura 8 y Figura 9).

Subyaciendo a la unidad de depósitos de lahar se encuentran las lavas de la Formación Monteverde, las cuales se presentan fracturadas en superficie (Foto 7 y Foto 8), que corresponden con el acuífero que da origen a las nacientes en estudio, y tienen la capacidad de generar caudales aforados que varían entre 14.91 L/s (naciente Argelia) y 31.82 L/s (naciente Los Figueres F2) (Cuadro 2 y Cuadro 3). Obteniendo la recarga en menor medida, a través de la unidad de lahares y mayormente desde sectores aguas arriba de las fuentes, donde la unidad de lavas de la Fm. Monteverde aflora como “ventanas” debido a la reducción del espesor de la unidad de lahares o a la ausencia de esta.

En relación con el nivel del agua subterránea del acuífero que da origen a las nacientes de interés, se encuentra aflorando a una elevación de 561 m.s.n.m. para la naciente Argelia y a la elevación de 650 m.s.n.m. para las nacientes de Los Figueres (F 1 y F2).

Por otro lado, la unidad de lavas de la Fm. Monteverde corresponden con materiales más resistentes a la erosión en comparación con la unidad de los depósitos de lahar, por lo que se favorece que se desarrollen cañones de dimensiones medias (alrededor de 15 y 20 m de profundidad) como es el caso del que se presenta en el río sin nombre afluente al río Negro hacia el sector noreste de las nacientes Los Figueres (F1 y F2) (Figura 9).

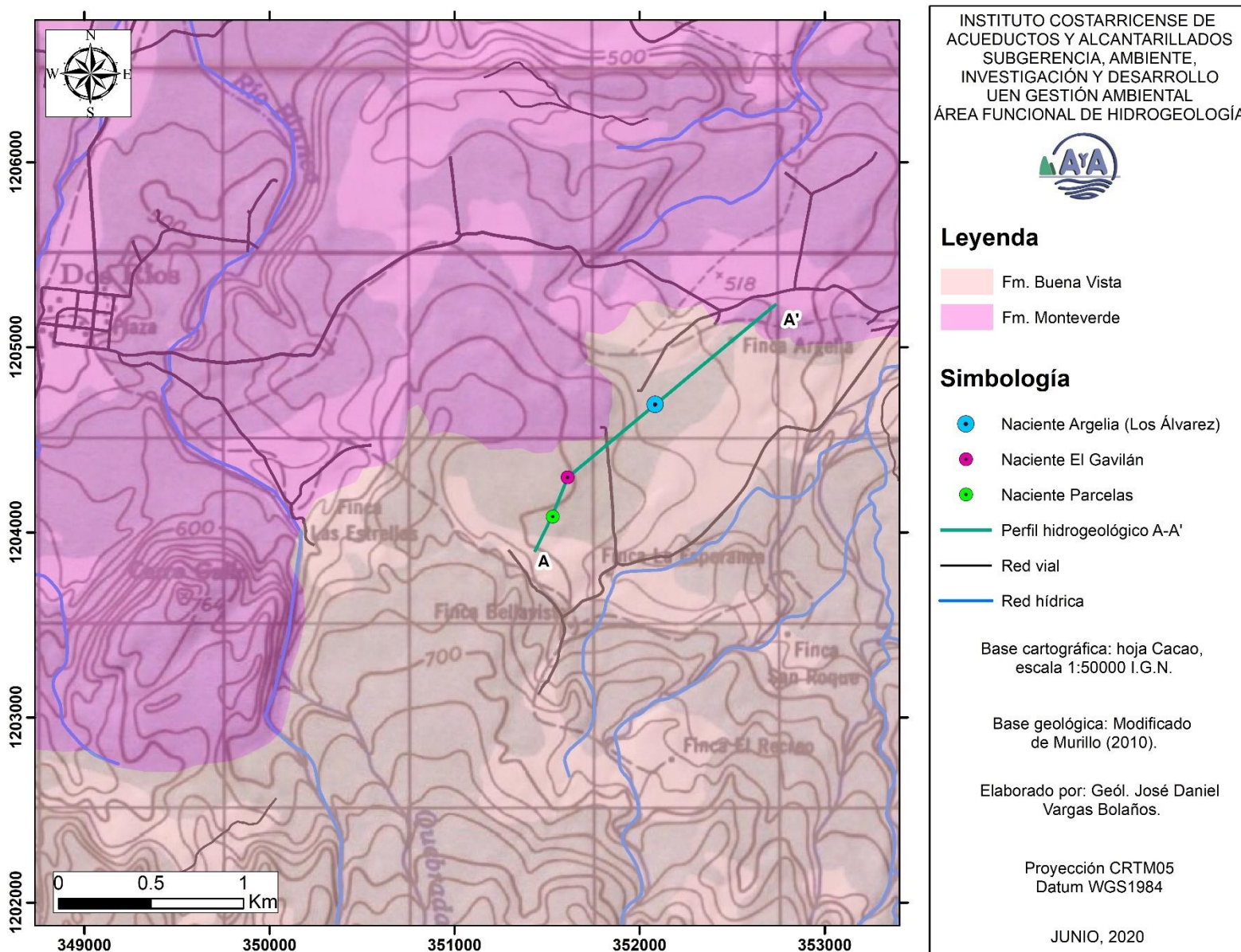


Figura 6. Ubicación del perfil hidrogeológico A-A'.

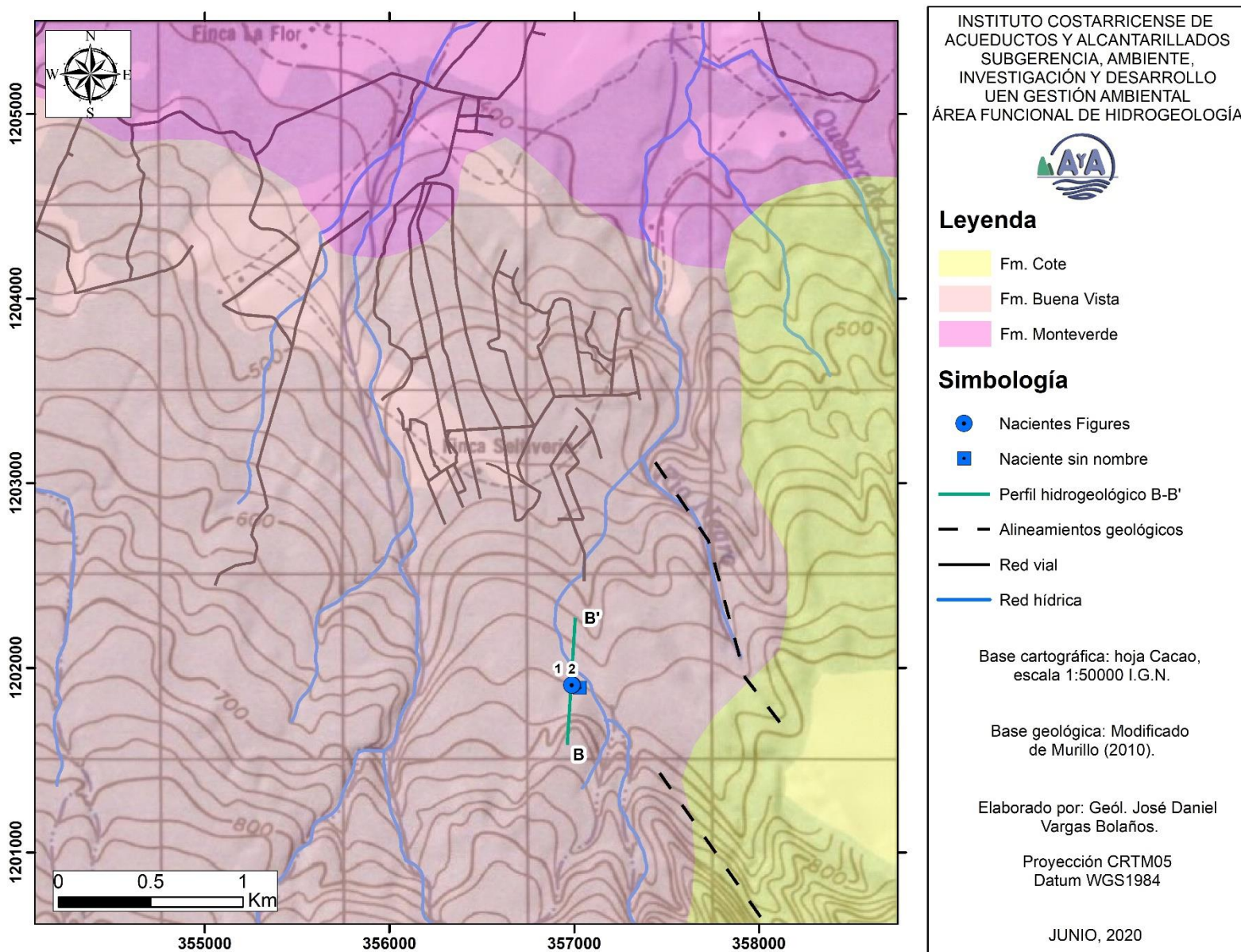


Figura 7. Ubicación del perfil hidrogeológico B-B'.

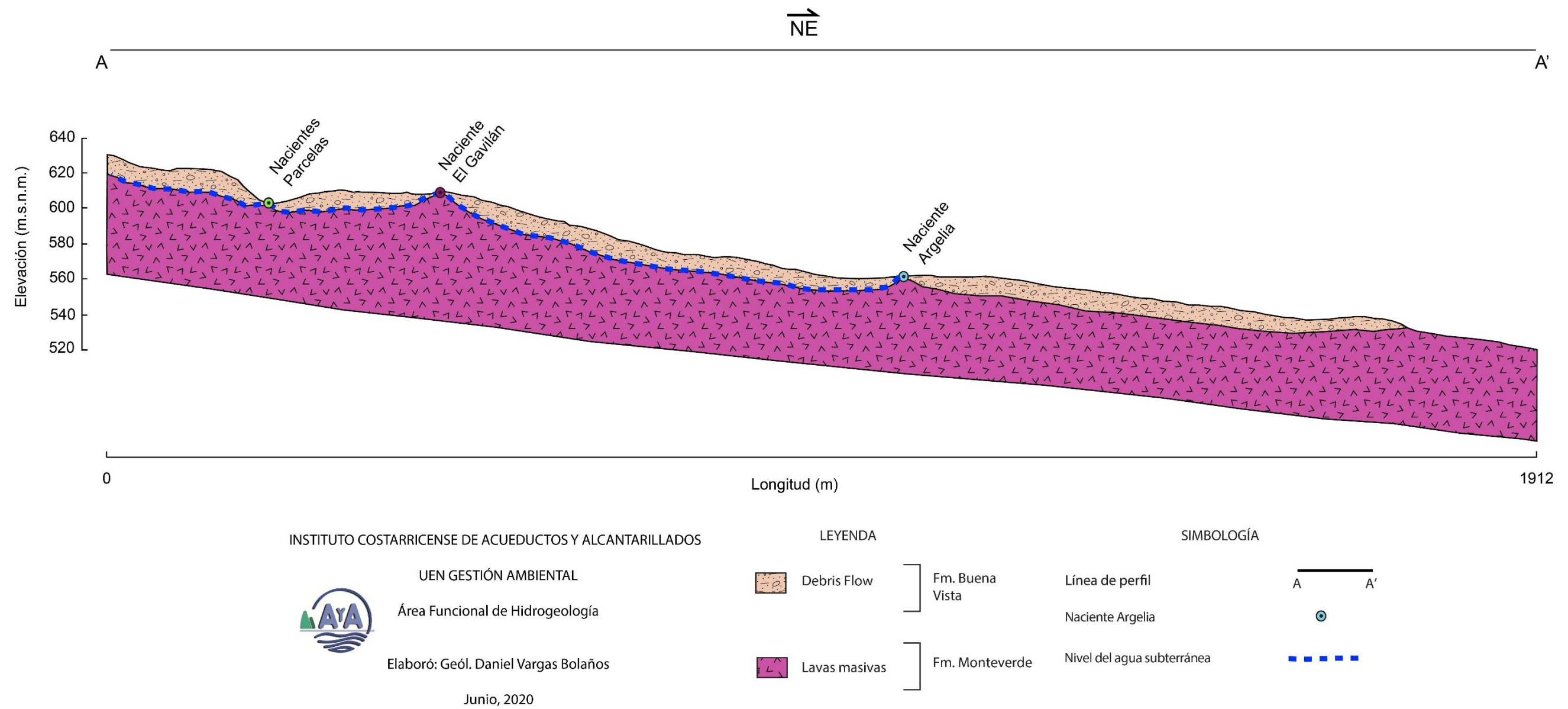
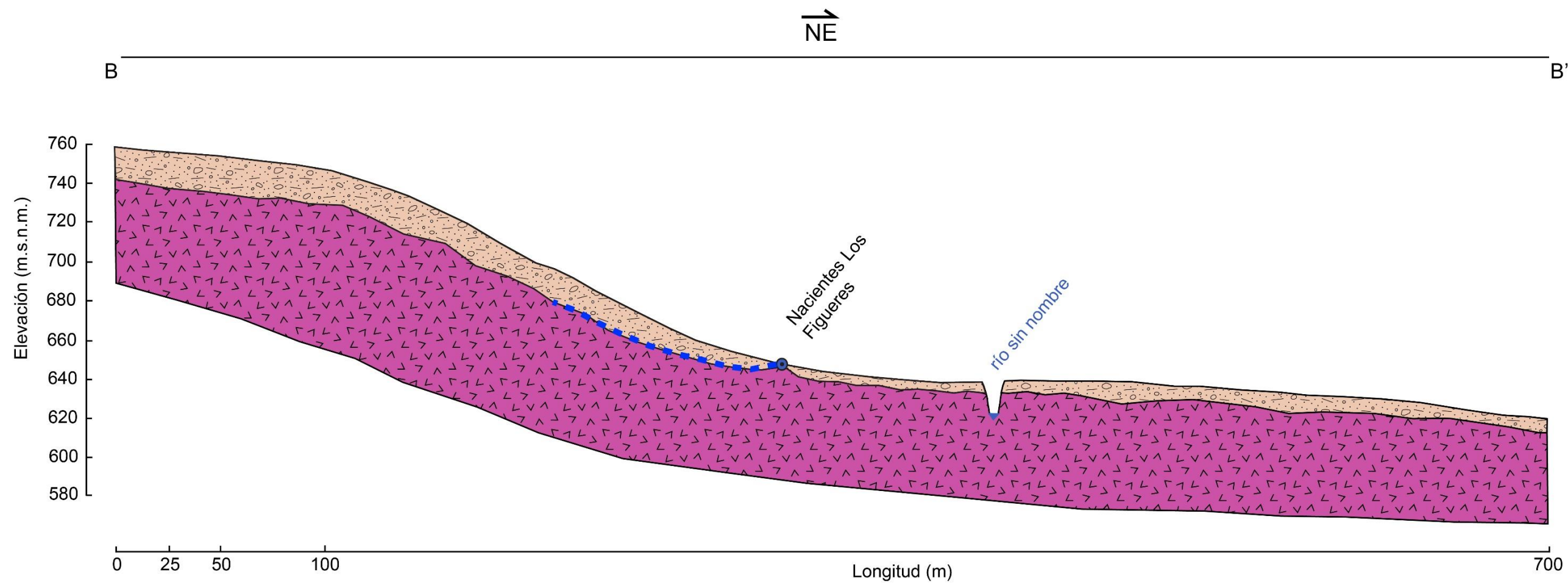


Figura 8. Perfil hidrogeológico A-A'.



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS



UEN GESTIÓN AMBIENTAL

Área Funcional de Hidrogeología

Elaboró: Geól. Daniel Vargas Bolaños

Junio, 2020

LEYENDA

Debris Flow

Lavas masivas

Fm. Buena Vista

Fm. Monteverde

SIMBOLOGÍA

Línea de perfil

Nacientes Los Figueres

Nivel del agua subterránea

B B'



Figura 9. Perfil hidrogeológico B-B'.

5.3 Características de la Zona no Saturada

A partir de las descripciones de los afloramientos de suelo en la zona de estudio se determina para el área de interés, la zona no saturada del acuífero que da origen a las nacientes Argelia y Los Figueres, presenta un suelo de textura arena media a arena limosa.

Con la finalidad de conocer la conductividad hidráulica de estos materiales, se llevaron a cabo 3 pruebas de infiltración en las inmediaciones de la naciente Argelia (Anexo 2), así como 2 pruebas de infiltración de agua para las nacientes los Figueres (F1 y F2) (Anexo 2), en ambos casos mediante la metodología de doble anillo, según se muestra en la Figura 10 y la Figura 11.

En el Cuadro 4, se mencionan las características físicas del suelo para cada sitio donde fue realizada la prueba de infiltración, indicándose la naciente a la cual corresponde, el número de prueba de infiltración, sus coordenadas de ubicación, la conductividad hidráulica resultante, la textura observada del material y la porosidad asignada a partir de la conductividad hidráulica.

Con base en estos valores de conductividad hidráulica de las pruebas PI-2 y PI-3, se determina un valor promedio, el cual es de 0.88 m/d y un valor de 0.33 para la porosidad- de la zona no saturada de las nacientes Argelia y Los Figueres (F1 y F2) (Cuadro 4).

5.4 Características de la Zona Saturada y Parámetros Hidráulicos del acuífero

Los parámetros hidráulicos que presenta el acuífero que da origen a las nacientes en estudio, son determinados a partir de observaciones de campo y considerando el parámetro de la conductividad hidráulica, obtenido a partir de las pruebas de infiltración más inmediatas a las nacientes (Figura 10 y Figura 11) y para las cuales se obtuvo un valor modal entre ellas (PI-1 Argelia y PI-1 y PI-2 Los Figueres) de 7.93 m/d (Cuadro 4).

Por lo tanto, con base en esta información se determina el valor del parámetro hidráulico de la transmisividad mediante la multiplicación de la conductividad hidráulica (K) y el espesor saturado (b) ($T = K \cdot b$) (Custodio & Llamas, 1983), donde se obtuvo para la naciente de Argelia un valor de 333 m²/d (Cuadro 5), de manera que se empleará este valor, por ser la misma formación geológica para los cálculos a realizar en las nacientes de Los Figueres.

En cuanto al gradiente hidráulico que presenta el acuífero en las inmediaciones de las nacientes en estudio, se procede a determinar inicialmente la dirección de flujo del agua subterránea, con base en las curvas de nivel y las elevaciones de los afloramientos de cada naciente (Figura 10 y Figura 11). Por lo que, se determina así que la dirección de flujo del agua subterránea para la naciente Argelia es hacia

el noreste, bajo un gradiente hidráulico de 0,050 calculado a partir de las líneas isofreáticas de 561 y 603 con una separación entre ellas de 838 m (Cuadro 6). Por otro lado, para las nacientes Los Figueres se determina que la dirección del flujo del agua subterránea es hacia el norte, bajo un gradiente hidráulico de 0,167 calculado a partir de las líneas isofreáticas de 650 y 655 con una separación entre ellas de 30 m (Cuadro 6).

Para la definición del parámetro de la porosidad de la zona saturada, se considera un valor de 0.1, el cual corresponde para la unidad de lavas fracturadas de la Formación Monteverde.

Cuadro 4. Conductividad hidráulica.

Zona	Prueba	Norte	Este	K Conductividad hidráulica (cm/min)	K Conductividad hidráulica (cm/s)	K Conductividad hidráulica (m/d)	* Textura del suelo	* Porosidad
Zona no saturada	PI-2 (Argelia)	1204588	352097	0.0444	7.40E-04	0.64	Arena limosa	0.45
	PI-3 (Argelia)	1204607	352028	0.0778	1.30E-03	1.12	Arena fina	0.21
Promedio						0.88		0.33
Zona saturada	PI-1 (Argelia)	1204688	352088	0.5505	9.18E-03	7.93	Arena media	0.26
	PI-1 (Los Figueros)	1201900	356987	0.3557	5.93E-03	7.93	Arena media	0.26
	PI-2 (Los Figueros)	1201903	356994	0.2911	4.85E-03	7.93	Arena media	0.26
Promedio						7.93		0.26
* Según Custodio & Llamas (1983)								

Cuadro 5. Parámetros hidráulicos del acuífero.

Nacientes	b Espesor saturado (m)	K Conductividad hidráulica (m/d)	T Transmisividad (m ² /d)
Argelia (Los Álvarez)	42	7.93	333

Cuadro 6. Cálculo del gradiente hidráulico.

Nacientes	Líneas Equipotenciales (m)	$\Delta h (h_2 - h_1)$	(L) Longitud entre líneas equipotenciales (m)	(i) Gradiente hidráulico
Argelia (Los Álvarez)	h ₁ : 561 h ₂ : 603	42	838	0.050
Los Figueres	h ₁ : 650 h ₂ : 655	5	30	0.167

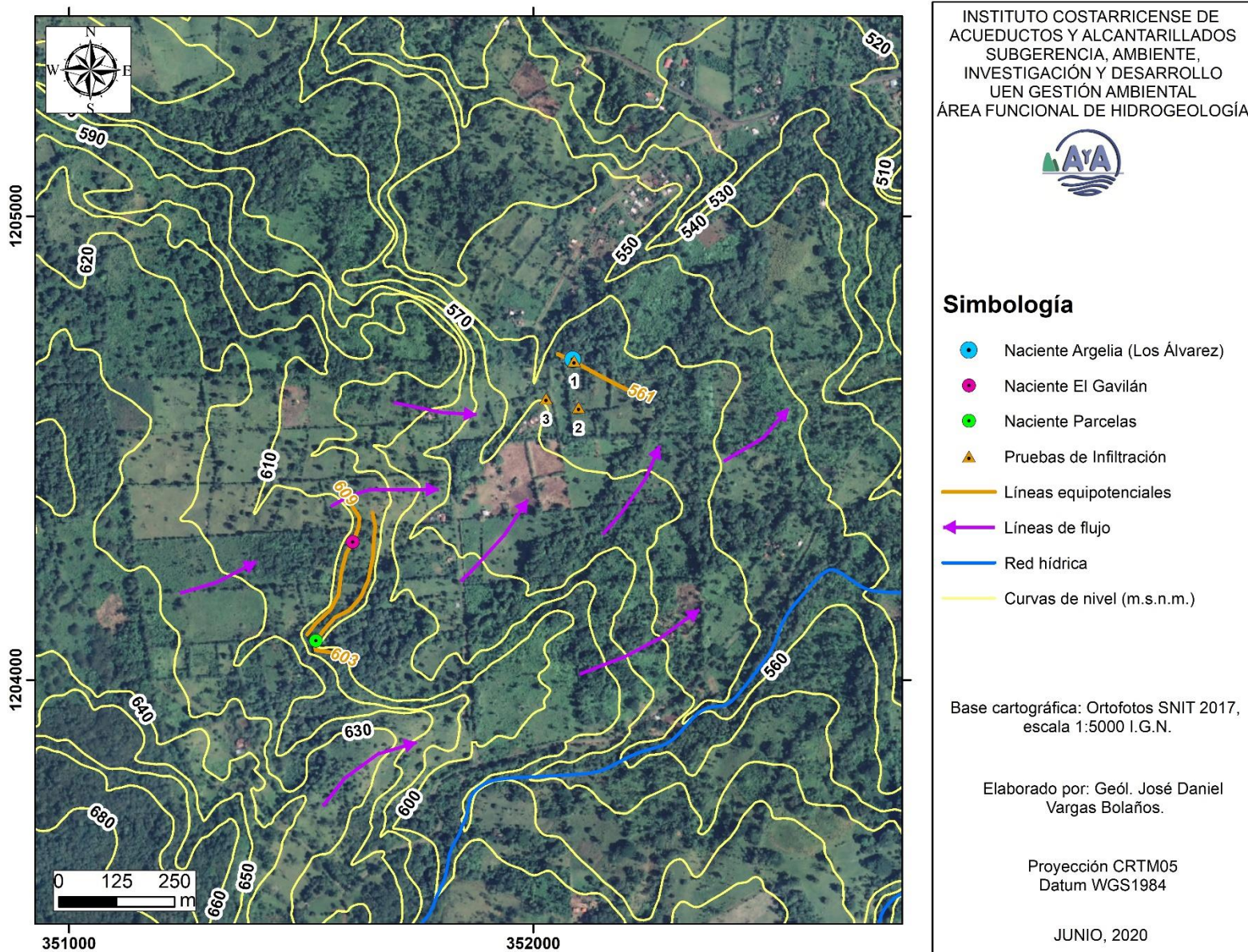


Figura 10. Mapa de líneas equipotenciales para la naciente Argelia.

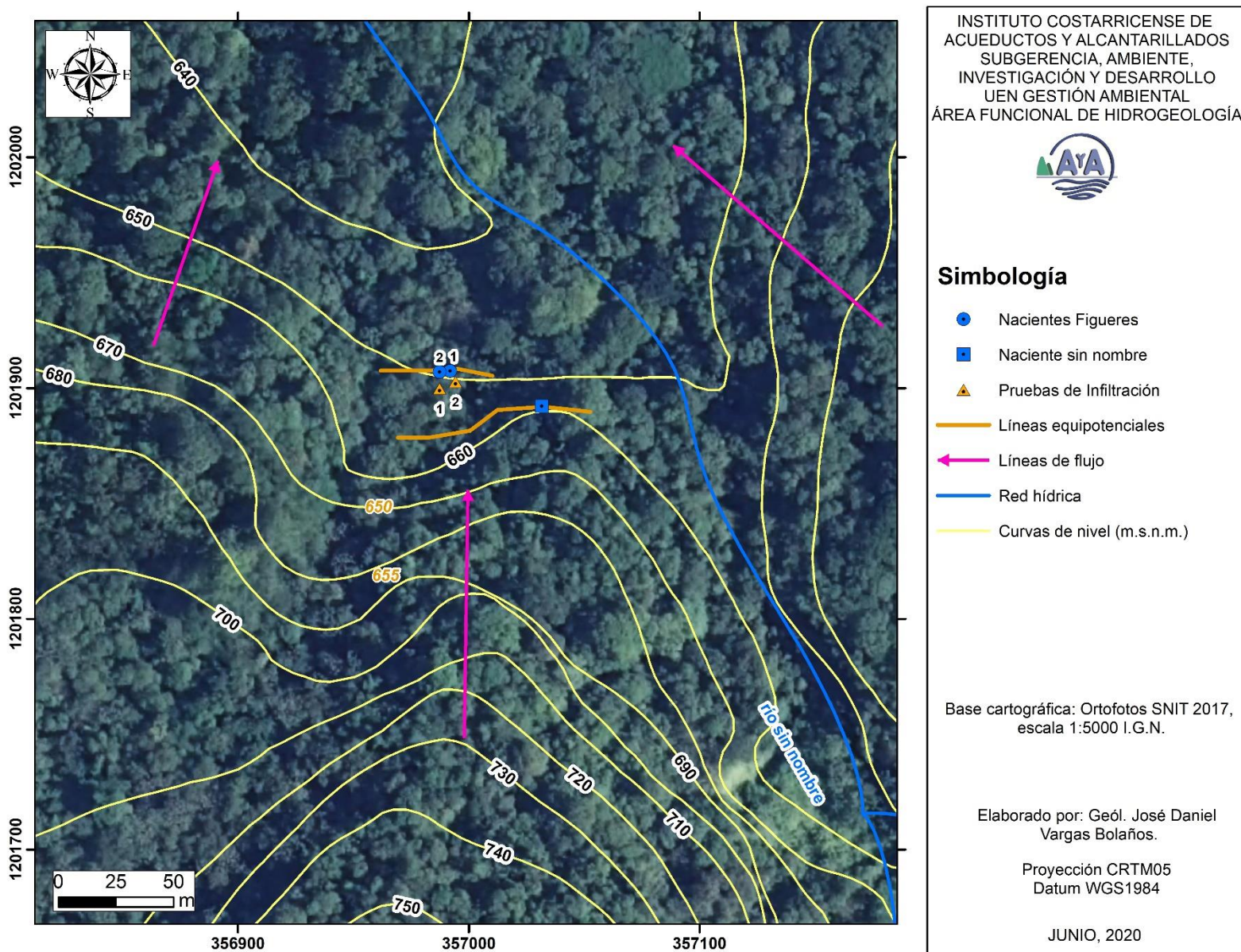


Figura 11. Mapa de líneas equipotenciales para las nacientes Los Figueres (F1 y F2).

6 CÁLCULO DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN DE LAS NACIENTES ARGELIA Y LOS FIGUERES

6.1 Tiempo de Tránsito de Contaminantes

Para determinar los tiempos de tránsito de contaminantes patógenos en el medio hidrogeológico, se consideran los siguientes supuestos:

- El tiempo de residencia máxima de las bacterias en el subsuelo es de 100 días en medios fracturados y de 70 días para medios porosos (Lewis, Foster y Drassar, 1982 en Rodríguez, 1994).
- Si en la zona saturada el flujo es predominantemente fisural, el tiempo total mínimo requerido para el análisis es de 100 días y no de 70 días (Rodríguez, 1994).

De esto se desprende que el tiempo total que dura en degradarse un contaminante de tipo patógeno (ejemplo: bacterias y virus), considerando la componente vertical en la zona no saturada y la componente horizontal en la zona saturada, es de 70 días para medios porosos y de 100 días para medios fracturados (y mixtos: considerando poroso y fracturado).

Según se ha descrito las condiciones del medio hidrogeológico de las nacientes en estudio, corresponde con la zona fracturada y saturada de lavas de la Fm. Monteverde. De modo que para realizar el cálculo del tiempo de tránsito de contaminantes, se considera un tiempo de vida de referencia de 100 días para las bacterias.

6.1.1 Naciente Argelia

A partir del modelo hidrogeológico, se considera un espesor para la **zona no saturada** de 2 m (correspondiente con el espesor de la unidad geológica en la zona más inmediata a la naciente) caracterizada por los materiales de textura areno limosa.

Por lo tanto, se describen a continuación los cálculos realizados para determinar el tiempo de tránsito de contaminantes para la zona no saturada y la zona saturada de la naciente Argelia (Cuadro 7 y Cuadro 8), considerando una profundidad para el agua subterránea a los 2 m.b.n.s. como medida conservadora, y considerando un tiempo de residencia para las bacterias en el subsuelo de 100 días.

El tiempo de tránsito para un flujo vertical de contaminantes patógenos en la **zona no saturada** (t_1), bajo condiciones de carga hidráulica se determina con la fórmula:

$$t_1 = \frac{b * \theta}{K * i}$$

Donde,

- **b:** espesor de la zona no saturada (m)
- **e:** porosidad de los materiales de la zona no saturada
- **K:** conductividad hidráulica vertical de la zona no saturada (m/d) (a partir del dato promedio de las pruebas de infiltración)
- **i:** gradiente hidráulico

Cuadro 7. Tiempo de tránsito de contaminantes en la zona no saturada.

Componente de la zona no saturada	Espesor (m) b	Porosidad θ	Conductividad hidráulica (m/d) K	Gradiente hidráulico vertical i	Tiempo de tránsito vertical (días)
Materiales arenosos	2	0.33	0.88	1.0	0.75

Por lo tanto, al calcular el tiempo de tránsito de contaminantes verticales que se moverán en la zona no saturada para la naciente Argelia, se determina que verticalmente **no es suficiente el tiempo de tránsito (0.75 días) para que las bacterias mueran antes de alcanzar el nivel del agua subterránea** presente en la unidad de los depósitos de lahar, de modo que se debe calcular el tiempo de tránsito de contaminantes para la zona saturada.

El tiempo de tránsito para un flujo de contaminantes patógenos que se mueve horizontalmente en la **zona saturada (t_2)**, bajo condiciones de carga hidráulica se determina con la fórmula:

$$d = \frac{t_2 * K * i}{\theta}$$

Donde,

- **d:** corresponde a la distancia horizontal entre el punto analizado y un foco de contaminación (teórico) (m)
- **e:** porosidad de los materiales de la zona saturada (Custodio & Llamas, 1983)
- **K:** conductividad hidráulica del acuífero (m/d) (a partir de las pruebas de infiltración promedio, en la zona inmediata a las nacientes en estudio)
- **i:** gradiente hidráulico

La norma dada por el Departamento de Recursos Hídricos del AyA (Rodríguez, 1994), para la degradación de bacterias en la zona saturada establece y acepta la fórmula descrita anteriormente. Además, considérese que la componente horizontal del movimiento del flujo en la zona saturada (t_2), puede determinarse mediante la fórmula:

$$t_2 = t - t_1$$

Donde,

- **t:** corresponde a 100 días para un medio fisural según (Rodríguez, 1994). El cual se ha empleado para este análisis, debido a la fluidez del agua a través de la matriz y el contacto de los bloques de lava.
- **t₁:** tiempo de tránsito del flujo vertical en la zona no saturada
- **t₂:** tiempo de tránsito del flujo horizontal en la zona saturada

Por lo tanto, al determinar el tiempo de tránsito del flujo horizontal en la zona saturada es posible calcular la distancia que recorrerán las bacterias siguiendo la dirección de flujo preferencial bajo el gradiente hidráulico indicado (Cuadro 8), si existiera una posible contaminación del agua subterránea con organismos patógenos.

En el Cuadro 8, se detallan los cálculos del tiempo de tránsito de contaminantes para la zona saturada de la naciente Argelia.

Cuadro 8. Tiempo de tránsito de contaminantes en la zona saturada.

Zona saturada	Tiempo de tránsito del flujo horizontal (d) t ₂	Porosidad θ	Conductividad hidráulica (m/d) K	Gradiente hidráulico i	Distancia horizontal (m)
Lavas fracturadas	99.25	0.1	7.93	0.050	394.39

Se determina un tiempo de **99.25 días** para la zona saturada de la naciente en estudio, por lo que, si existiera una posible contaminación del agua subterránea con organismos patógenos estos, una vez que empiezan a desplazarse sobre el nivel saturado del agua subterránea (componente horizontal), siguiendo la dirección de flujo preferencial bajo el gradiente hidráulico indicado, se degradarían después de haber recorrido una distancia de **395 m**.

6.1.2 Nacientes Los Figueres

A partir del modelo hidrogeológico, se considera un espesor para la **zona no saturada** de **2.5 m** (correspondiente con el espesor de la unidad geológica en la zona más inmediata a la naciente) caracterizada por los materiales de textura arenosa.

Por lo tanto, se describen a continuación los cálculos realizados para determinar el tiempo de tránsito de contaminantes para la zona no saturada y la zona saturada de las nacientes Los Figueres, para las cuales se ha determinado el cálculo de manera conjunto, por corresponder de varios afloramientos de agua subterránea en un solo

frente del depósitos de lahar (Cuadro 9 y Cuadro 10), considerando una profundidad para el agua subterránea a los 2.5 m.b.n.s. como medida conservadora, y considerando un tiempo de residencia para las bacterias en el subsuelo de 100 días.

El tiempo de tránsito para un flujo vertical de contaminantes patógenos en la **zona no saturada (t_1)**, bajo condiciones de carga hidráulica se presenta a continuación:

Cuadro 9. Tiempo de tránsito de contaminantes en la zona no saturada.

Componente de la zona no saturada	Espesor (m) b	Porosidad θ	Conductividad hidráulica (m/d) K	Gradiente hidráulico vertical i	Tiempo de tránsito vertical (días)
Depósitos de lahar	2.5	0.33	0.88	1.0	0.94

Por lo tanto, al calcular el tiempo de tránsito de contaminantes verticales que se moverán en la zona no saturada para las nacientes Los Figueres, se determina que verticalmente **no es suficiente el tiempo de tránsito (0.94 días) para que las bacterias mueran antes de llegar al cuerpo de agua subterránea** presente en la unidad de los depósitos de lahar, de modo que se debe calcular el tiempo de tránsito de contaminantes para la zona saturada.

El tiempo de tránsito para un flujo de contaminantes patógenos que se mueve horizontalmente en la **zona saturada (t_2)**, bajo condiciones de carga hidráulica se determina en el siguiente cuadro:

Cuadro 10. Tiempo de tránsito de contaminantes en la zona saturada.

Zona saturada	Tiempo de tránsito del flujo horizontal (d) t_2	Porosidad θ	Conductividad hidráulica (m/d) K	Gradiente hidráulico i	Distancia horizontal (m)
Lavas fracturadas	99.06	0.1	7.93	0.167	1309.04

Se determina un tiempo de **99.06 días** para la zona saturada de las nacientes Los Figueres, por lo que, si existiera una posible contaminación del agua subterránea con organismos patógenos estos, una vez que empiezan a desplazarse sobre el nivel saturado del agua subterránea (componente horizontal), siguiendo la dirección de flujo preferencial bajo el gradiente hidráulico indicado, se degradarían después de haber recorrido **1310 m.**

6.2 Metodología Analítica (Grubb)

Esta metodología es aplicada mediante las siguientes fórmulas y que corresponden a un medio donde el acuífero es libre (Grubb, 1993):

6.2.1 x_o Punto de no retorno

$$x_o = \frac{Q * L}{\pi * K * (h_1^2 - h_2^2)}$$

6.2.2 $Y_{\text{máx}}$ Ancho máximo de media zona de captura

$$Y_{\text{máx}} = \pm \frac{Q * L}{K * (h_1^2 - h_2^2)}$$

6.2.3 x Longitud de la zona de captura

$$x = - \frac{y}{\tan \left[\frac{\pi * K * (h_1^2 - h_2^2)}{Q * L} * y \right]}$$

Donde,

- **Q:** caudal de la naciente (m³/d)
- **π:** constante matemática pi
- **K:** conductividad hidráulica del acuífero (m/d)
- **h₁:** carga hidráulica agua arriba de la fuente (m)
- **h₂:** carga hidráulica en la fuente (m)
- **L:** longitud entre las cargas hidráulicas indicadas (m)

Cabe indicar que para las nacientes en estudio el parámetro (X_0) no es determinado, ya que las fuentes estudiadas no corresponden con pozos, por lo que no procede este tipo de cálculo por tratarse de nacientes.

Por lo tanto, se presentan en el Cuadro 11 y el Cuadro 12 los cálculos determinados para la naciente Argelia y las nacientes Los Figueres (F1 y F2), respectivamente.

Cuadro 11. Cálculo de la zona de captura para la naciente Argelia.

Naciente	Caudal Q (m ³ /d)	Conductividad hidráulica K (m/d)	Cargas hidráulicas ($h_1^2 - h_2^2$) (m)	Longitud entre cargas hidráulicas (m/)	Ancho de media zona de captura $Y_{m\acute{a}x}$ (m)	Longitud de la zona de captura x (m)
Argelia	803	7.93	$568^2 - 561^2$	200	2.56	46.54

Al emplear la metodología Analítica para determinar la zona de captura para la naciente Argelia, se obtiene que el **ancho de la zona de captura ($Y_{m\acute{a}x}$)** es de **6 m** y la **longitud de la zona de captura (x)** es de **47 m**. Sin embargo esta longitud no será empleada para la determinación del largo de la zona de protección absoluta, ya que se definirá mediante la metodología del tiempo de tránsito de contaminantes para la zona saturada del acuífero, la cual contempla los 47 m determinados.

Cuadro 12. Cálculo de la zona de captura para las nacientes Los Figueres.

Naciente	Caudal Q (m ³ /d)	Conductividad hidráulica K (m/d)	Cargas hidráulicas ($h_1^2 - h_2^2$) (m)	Longitud entre cargas hidráulicas (m/)	Ancho de media zona de captura $Y_{m\acute{a}x}$ (m)	Longitud de la zona de captura x (m)
Los Figueres	2722	7.93	$688^2 - 650^2$	100	0.68	12.30

Al emplear la metodología Analítica para determinar la zona de captura para las nacientes Los Figueres, se obtiene que el **ancho de la zona de captura ($Y_{m\acute{a}x}$)** es de **2 m** y la **longitud de la zona de captura (x)** es de **13 m**. Sin embargo esta longitud no será empleada para la determinación del largo de la zona de protección absoluta, ya que se definirá mediante la metodología del tiempo de tránsito de contaminantes para la zona saturada del acuífero, la cual contempla los 13 m determinados.

6.3 Metodología de Flujo Uniforme (Ecuación de flujo de Darcy)

Esta metodología consiste en la relación de las variables de caudal de la naciente, transmisividad del acuífero, gradiente hidráulico y la longitud del ancho del tubo de flujo del agua subterránea; mediante la siguiente ecuación:

$$Q = T * i * L$$

Donde,

- **Q:** caudal de la naciente (m³/d)
- **T:** transmisividad del acuífero (m²/d)
- **i:** gradiente hidráulico
- **L:** longitud del ancho del tubo de flujo (m)

De este modo y despejando la variable **L** de la ecuación anterior, se presentan en el Cuadro 13 y el Cuadro 14, los cálculos elaborados para las nacientes en estudio.

Cuadro 13. Cálculo del ancho del tubo de flujo.

Naciente	Caudal <i>Q</i> (m ³ /d)	Transmisividad <i>T</i> (m ² /d)	Gradiente hidráulico <i>i</i>	Longitud del ancho del tubo de flujo <i>L</i> (m)
Argelia	803	333	0.050	48.09

Con base en el cuadro anterior, se determina mediante la metodología de Flujo Uniforme, un ancho para el tubo de flujo del agua subterránea que da origen a la naciente Argelia de **49 m**.

Cuadro 14. Cálculo del ancho del tubo de flujo.

Naciente	Caudal <i>Q</i> (m ³ /d)	Transmisividad <i>T</i> (m ² /d)	Gradiente hidráulico <i>i</i>	Longitud del ancho del tubo de flujo <i>L</i> (m)
Los Figueres	2722	333	0.167	49.04

Con base en el Cuadro 14, se determina mediante la metodología de Flujo Uniforme, un ancho para el tubo de flujo del agua subterránea que da origen a las nacientes Los Figueres (F1 y F2) de **50 m**.

Sin embargo, para la definición del ancho de la zona de protección absoluta las nacientes, se empleará el criterio geomorfológico como se mostrará más adelante.

6.4 Metodología de Radio Fijo

Esta metodología es determinada a partir de la siguiente fórmula:

$$R = \sqrt{\left(\frac{Q * t_{sat}}{\pi * n * b} \right)}$$

Donde,

- **Q:** corresponde con el caudal de la naciente (m³/d)
- **t:** tiempo de tránsito del flujo horizontal en la zona saturada
- **π:** constante matemática
- **n:** porosidad del acuífero
- **b:** espesor saturado del acuífero (m)

6.4.1 Naciente Argelia

Se presenta en el Cuadro 15 la definición del cálculo de la zona de protección absoluta de la naciente Argelia, mediante la metodología de radio fijo. Empleando un caudal de 9.29 L/s el cual corresponde con el caudal concesionado en la naciente (Anexo 1).

Cuadro 15. Cálculo de la zona de protección mediante la metodología de radio fijo.

Caudal <i>Q</i> (m ³ /d)	Tiempo de tránsito de contaminantes para la zona saturada <i>t</i> (d)	Porosidad <i>n</i>	Espesor saturado <i>b</i> (m)	Radio Fijo (m)
803	99.25	0.1	42	77.70

Al emplear fórmula de la metodología de radio fijo para determinar la zona de protección absoluta para la naciente Argelia, se obtiene un radio de protección de **78 m**.

6.4.2 Nacientes Los Figueres

Se presenta en el Cuadro 15 la definición del cálculo de la zona de protección absoluta de las nacientes Los Figueres (F1 y F2), mediante la metodología de radio fijo. Empleando un caudal de 31.5 L/s el cual corresponde con el caudal a solicitar en concesión para las nacientes (Anexo 1).

Cuadro 16. Cálculo de la zona de protección mediante la metodología de radio fijo.

Caudal Q (m³/d)	Tiempo de tránsito de contaminantes para la zona saturada t (d)	Porosidad n	Espesor saturado b (m)	Radio Fijo (m)
2722	99.06	0.1	5	414.29

Al emplear fórmula de la metodología de radio fijo para determinar la zona de protección absoluta para las nacientes Los Figueres, se obtiene un radio de protección de **415 m**.

Sin embargo, para efecto de la definición de la zona de protección absoluta de las nacientes en estudio, se empleará el criterio geomorfológico según se presenta a continuación.

6.5 Criterio geomorfológico

Esta metodología consiste en la delimitación de la zona de protección absoluta con base en las condiciones geomorfológicas presentes en las inmediaciones de la fuente en estudio, empleando el criterio de experto y el ancho del tubo de flujo del agua subterránea que da origen a la fuente. De manera que es posible extender la delimitación de la zona de protección absoluta, aguas arriba de la fuente a la distancia definida mediante la metodología del tiempo de tránsito de contaminantes para la zona saturada (distancia en la cual, los contaminantes patógenos se degradan una vez alcanzada la zona saturada) o bien, hasta alcanzar la divisoria de aguas.

Para las nacientes en estudio se emplea esta metodología para la definición del ancho de la zona de protección absoluta, considerando el ancho del tubo de flujo según las condiciones geomorfológicas, aguas arriba de cada naciente.

7 DEFINICIÓN DEL ÁREA ESPECIAL DE PROTECCIÓN DE LAS NACIETES ARGELIA Y LOS FIGUERES

A continuación, se presentan los cálculos realizados para determinar el Área Especial de Protección de las nacientes de interés.

7.1 Zona Operacional de Protección Absoluta

Según la Guía de Protección de la Calidad del Agua Subterránea para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales, del Banco Mundial (Foster et al., 2002) dentro de la zona de protección absoluta inmediata se delimita un perímetro de cobertura con dimensiones inferiores denominado **Zona Operacional de Protección Absoluta**, donde se indica que ésta área debe ser propiedad de la empresa o autoridad de agua en cuestión y que esté bajo el control del ente administrador que realizará la explotación (Foster et al., 2002).

En el caso de la naciente Argelia y las nacientes Los Figueres, la zona operacional de protección absoluta, presenta una dimensión de **15 metros de radio alrededor de cada naciente** (Figura 12 y Figura 13).

En ella no se deberán permitir actividades que no estén relacionadas con la extracción misma del agua y, además, estas actividades necesitan ser evaluadas y controladas cuidadosamente para evitar la posibilidad de que los contaminantes alcancen los niveles de agua subterránea, ya sea de forma directa o a través de alteraciones del terreno en las cercanías (Foster et al., 2002).

7.2 Zona de Protección Absoluta

La longitud de la Zona de Protección Absoluta es definida, en la dirección aguas arriba de cada una de las nacientes, mediante el cálculo del tiempo de tránsito de contaminantes bacteriológico en la zona saturada, considerando un rumbo paralelo a la dirección del flujo subterráneo del agua, para la cual se obtuvo una dimensión de **395 m** para la naciente Argelia (Figura 12) y una longitud de **1310 m** para las nacientes Los Figueres (F1 y F2) (Figura 13).

En relación con la dimensión del ancho establecido para esta zona de protección, se define empleando el criterio geomorfológico, el cual varía para cada naciente en estudio debido a las particularidades de cada sitio (Figura 12 y Figura 13).

Se debe considerar que dentro de la zona de protección operacional y la zona de protección absoluta, no se debe permitir ningún tipo de actividad antrópica que genere flujos o lixiviados que contengan o generen contaminantes de tipo advectivo (aquellos que se mueven con o como el agua), tales como los de origen patógeno y mucho menos de otros tipos de contaminantes más agresivos para el medio hidrogeológico o nocivos para la salud (productos químicos como pinturas u otros; fertilizantes, pesticidas, agroquímicos hidrosolubles o hidrofóbicos, hidrocarburos o derivados del petróleo, entre otros).

Entiéndase que la zona de protección absoluta es un área total de resguardo, implica no admitir; por ejemplo, el uso del terreno para instaurar desarrollos de vivienda de cualquier tipo dentro de dicha zona de resguardo, especialmente si el diseño de sitio implica la implementación de tanques o fosas sépticos, así como, no se deben de realizar ni utilizar letrinas en esta área. Se indica que fuera de dicha área establecida, el espacio es aprovechable para otros posibles usos del terreno, que sean amigables con el ambiente.

7.3 Zona de Protección Regulada

La zona de protección regulada se ha definido para la naciente Argelia (Los Álvarez) y corresponde con el área definida desde el límite de la zona de protección absoluta, en sentido aguas arriba de la naciente, siguiendo el flujo del agua subterránea por el ancho del tubo de flujo (Figura 12) hasta el inicio del Parque Nacional Rincón de la Vieja, por una longitud de 4130 m. Mientras que para las nacientes Los Figueres (F1 y F2), se ha definido una longitud de 120 m de distancia entre el final de la zona de protección absoluta y el inicio del Parque Nacional Rincón de la Vieja.

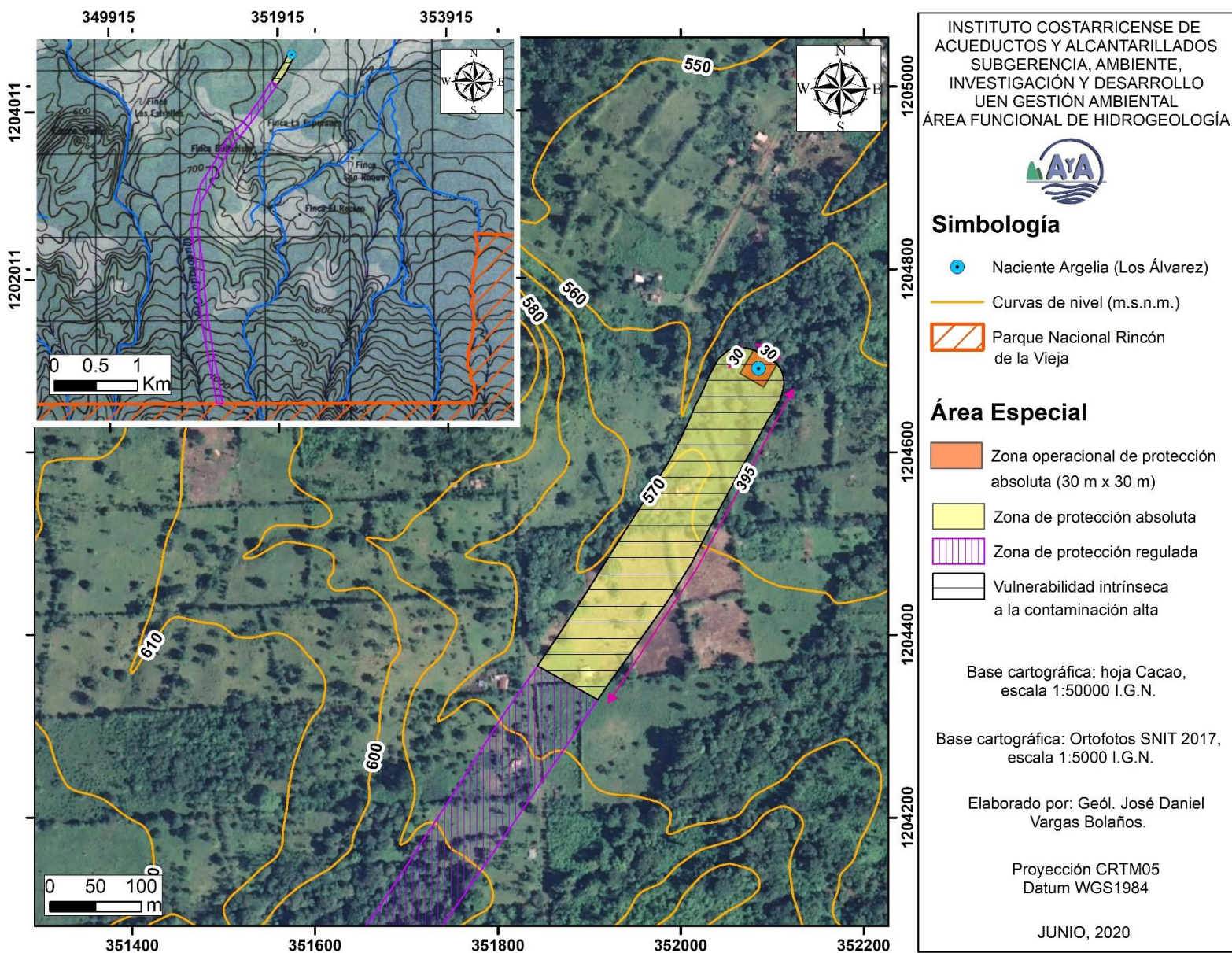


Figura 12. Mapa de la zona de protección de la naciente Argelia.

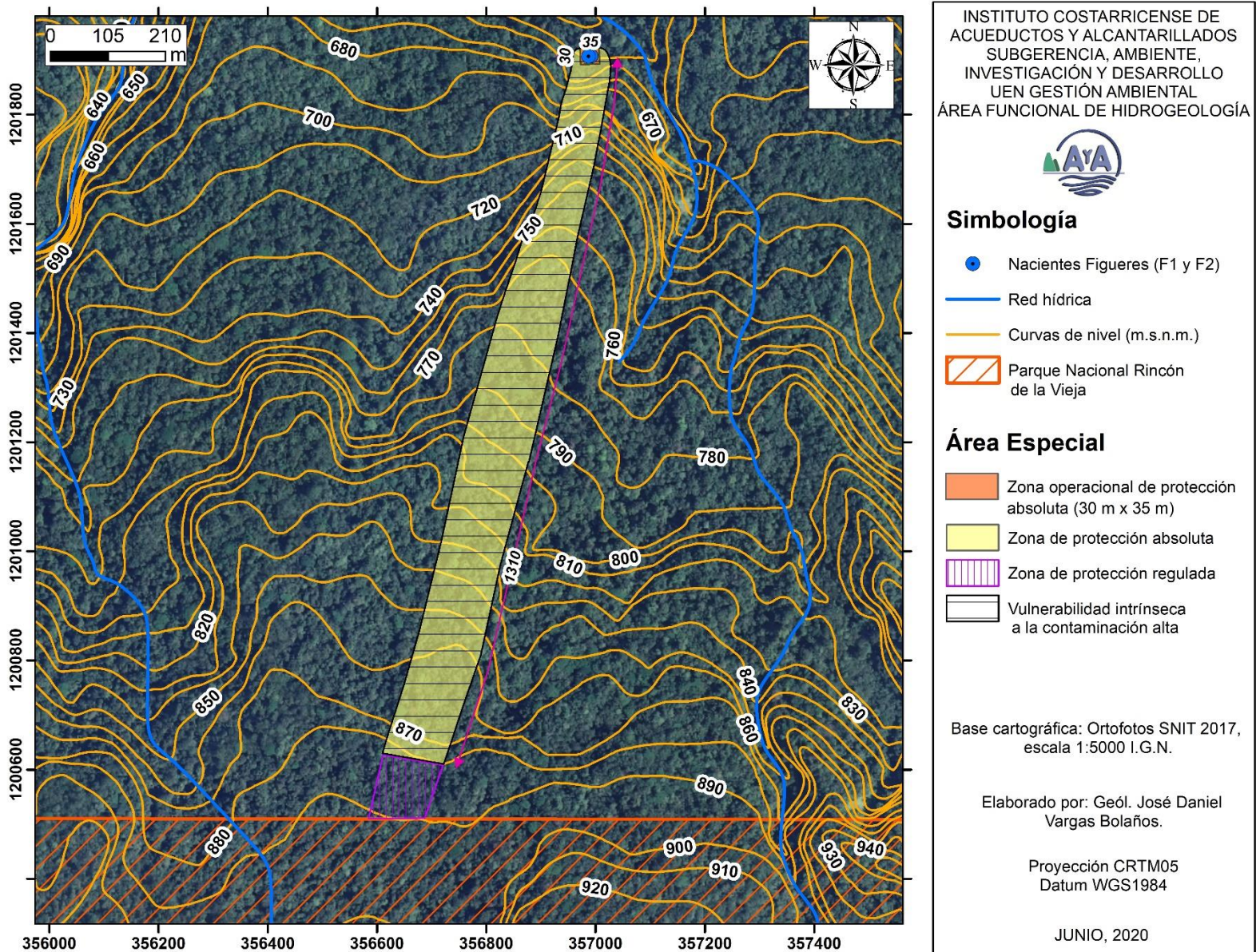


Figura 13. Mapa de la zona de protección de las nacientes Los Figueres.

8 VULNERABILIDAD INSTRÍNSECA A LA CONTAMINACIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN ABSOLUTA DE LAS NACIENTES ARGELIA Y LOS FIGUERES)

La vulnerabilidad a la contaminación de las nacientes en estudio, es evaluada mediante la metodología de G.O.D. por sus siglas en inglés (*Ground, Occurrence y Depth*) (Foster et al., 2002), la cual ha sido modificada por el SENARA, según se muestra a continuación (Figura 14) empleando parámetros evaluados de la zona no saturada.

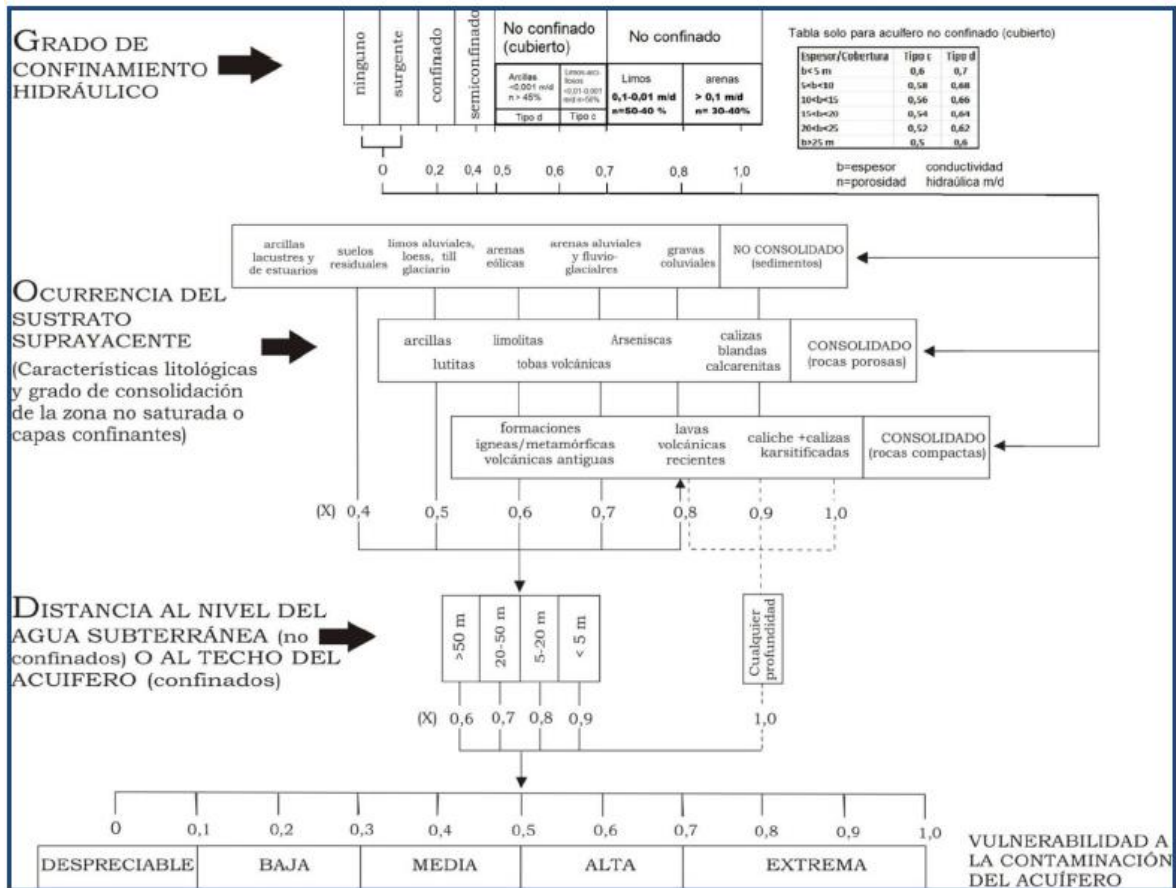


Figura 14. Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación metodología de G.O.D. modificada del SENARA.

La vulnerabilidad final resulta de la multiplicación del Grado de Confinamiento (G), Ocurrencia del sustrato (O) y Profundidad al nivel freático (D).

Para indicar el grado de la Ocurrencia del Sustrato Suprayacente, se ha considerado el índice de las arenas. Además, con base en los valores de las conductividades hidráulicas promedio para cada nacimiento, se han contemplado para definir el índice del grado de confinamiento hidráulico.

Por lo tanto, se muestra a continuación el cálculo de la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del acuífero que da origen a las nacientes de interés, para la zona de protección absoluta de cada una de las nacientes, Cuadro 17 naciente Argelia y Cuadro 18 nacientes Los Figueres (F1 y F2).

Cuadro 17. Cálculo de la Vulnerabilidad a la Contaminación para la Zona de Protección Absoluta de la naciente Argelia.

Análisis de la Vulnerabilidad a la Contaminación			
Factor		Clasificación	Índice
G	Grado de confinamiento	No confinado (K=3.23 m/d)	1.0
O	Ocurrencia del sustrato	Arenas	0,7
D	Profundidad del nivel freático	< 5 m	0,9
Factor de la vulnerabilidad			0,63
Vulnerabilidad a la contaminación			Alta

El factor de vulnerabilidad es de **0,63** correspondiente a una **vulnerabilidad a la contaminación alta**. La zona de protección operacional y absoluta, así como la zona de protección absoluta se muestran en la Figura 12.

Cuadro 18. Cálculo de la Vulnerabilidad a la Contaminación para la Zona de Protección Absoluta de las nacientes Los Figueres (F1 y F2).

Análisis de la Vulnerabilidad a la Contaminación			
Factor		Clasificación	Índice
G	Grado de confinamiento	No confinado (K=7.93 m/d)	1.0
O	Ocurrencia del sustrato	Arenas	0,7
D	Profundidad del nivel freático	< 5 m	0,9
Factor de la vulnerabilidad			0,63
Vulnerabilidad a la contaminación			Alta

El factor de vulnerabilidad es de **0,63** correspondiente a una **vulnerabilidad a la contaminación alta**. La zona de protección operacional y absoluta, así como la zona de protección absoluta se muestran en la Figura 13.

9 CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El agua subterránea del acuífero que da origen a la naciente Los Figueres (F1) y Los Figueres (F2) han sido muestreadas para determinar las condiciones físico-químicas (Anexo 1 y Anexo 3, respectivamente). Por otro lado, la naciente Argelia (Los Álvarez) no cuenta con un análisis de calidad físico-químico, al momento de la realización del presente estudio hidrogeológico.

Para la naciente Argelia (Los Álvarez) y la naciente Los Figueres (F1) se cuenta con análisis microbiológicos del agua subterránea, los cuales fueron realizados por el LNA (Anexo 4).

A continuación se muestran los resultados de los análisis de calidad del agua de las nacientes mencionadas.

9.1 Análisis físico-químico

9.1.1 Naciente Los Figueres (F1)

La muestra de agua fue analizada el 01 de setiembre del 2019, con número de reporte TDP-ID-1425-2019, por el laboratorio privado Tecno Lab., para la cual se cuantificó la concentración de los parámetros correspondientes al nivel segundo según el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S (Anexo 1). De los parámetros analizados las concentraciones individuales cumplen con este reglamento, sin embargo el parámetro del elemento manganeso es alto (0.4 mg/L).

Por otro lado, cabe mencionar que cada uno de los métodos de muestreo de los parámetros analizados por este laboratorio privado, no se encuentran acreditados por el Ente Costarricense de Acreditación (ECA).

9.1.2 Naciente Los Figueres (F2)

La muestra de agua fue analizada el 16 de enero del 2020, por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) del AyA, con número de reporte AyA-ID-00110-2020, para la cual se cuantificó la concentración de los parámetros físico-químicos correspondientes a los primeros tres niveles del Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

De los parámetros analizados, se concluye en este análisis puntual que las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N. 38924-S.

9.2 Análisis microbiológico

9.2.1 Naciente Argelia (Los Álvarez)

En lo que respecta al análisis microbiológico de la naciente Argelia (Los Álvarez), los cuales han sido realizados por el LNA, con fechas de muestreo entre junio del 1998 y julio del 2016, se observan cantidades entre 9.1 y 2400 de coliformes fecales, así como un par de muestras que indican un resultado negativo para abril de 1999 y mayo del 2001. Es importante indicar que debido a la presencia de ganado abundante en los terrenos aguas arriba de esta naciente, es que se registran coliformes fecales en el agua subterránea de la naciente. De manera que se debe garantizar el resguardo de la zona de protección bacteriológica determinada, a partir del tiempo de tránsito de contaminantes, para mantener una calidad del agua subterránea adecuada. Además, se deben de realizar análisis microbiológicos actualizados para esta naciente.

9.2.2 Naciente Los Figueres (F1)

En cuanto al análisis microbiológico de la naciente Los Figueres (F1), realizados por el LNA, con fechas de muestreo entre junio del 1998 y noviembre 2006, se observan resultados en negativo. Por lo que a diferencia del uso del suelo en las inmediaciones de la naciente Argelia (Los Álvarez), el uso del suelo en los alrededores de las fuentes de Los Figueres corresponde con cobertura boscosa. Sin embargo, de igual manera se recomienda que se realicen análisis microbiológicos actualizados para esta naciente.

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Geológicamente, en el área de estudio predominan depósitos volcánicos relacionados en las cercanías de las nacientes de interés, con las Formaciones Buena Vista y Monteverde, de edades Pleistoceno al Cuaternario.
2. Con base en las observaciones de campo en la zona de estudio se presenta en superficie la unidad de depósitos de lahar de textura variable entre arena media y limosa y de un espesor que ronda entre 5 y 10 m hacia las inmediaciones del sitio donde se ubica la naciente Argelia, así como espesores entre 2.5 y 15 m para el sector donde se localizan las nacientes de Los Figueres (F1 y F2) (Figura 8 y Figura 9).

Subyaciendo a la unidad de depósitos de lahar se encuentran las lavas de la Formación Monteverde, las cuales se presentan fracturadas en superficie (Foto 7 y Foto 8), que corresponden con el acuífero que da origen a las nacientes en estudio, y tienen la capacidad de generar caudales aforados que varían entre 14.91 L/s (naciente Argelia) y 31.82 L/s (naciente Los Figueres F2) (Cuadro 2 y Cuadro 3).

3. En gradiente hidráulico que presenta el acuífero en las inmediaciones de la naciente Argelia es de 0.050, determinado entre las líneas equipotenciales de 561 y 603 (Figura 10), con una dirección del agua subterránea hacia el noreste. Mientras que para las nacientes Los Figueres (F1 y F2) se determina un gradiente hidráulico de 0.167 entre las líneas equipotenciales de 650 y 655 (Figura 11) con una dirección del agua subterránea hacia el norte.
4. Los parámetros hidráulicos de transmisividad y conductividad hidráulica calculados a partir de los datos de las pruebas de infiltración del suelo para la caracterización de la zona saturada indican un valor de 333 m²/d para la transmisividad y de 7.93 m/d para la unidad hidrogeológica que da origen a ambas nacientes.
5. A partir del cálculo del tiempo de tránsito de contaminantes, se ha determinado que el tiempo de tránsito de contaminantes para la zona no saturada será de 0.75 días. Por lo que, la distancia horizontal que deberán recorrer las bacterias patógenas una vez alcanzado el acuífero hasta degradarse, es de 395 m para la naciente Argelia. Por otro lado, el tiempo de tránsito de contaminantes para la zona no saturada de las nacientes Los Figueres (F1 y F2) será de 0.94 días, de manera que la distancia horizontal que deberán de recorrer las bacterias patógenas una vez alcanzado el acuífero hasta degradarse es de 1310 m.
6. Se establece una Zona Operacional de Protección Absoluta para cada una de las nacientes en estudio de 15 m alrededor de ellas (Figura 12 y Figura 13).

Se debe indicar que esta área debe estar bajo el control del ente administrador que realizará la explotación del recurso hídrico. En ella no se deberán permitir actividades que no estén relacionadas con la extracción misma del agua y además, estas actividades requerirán ser evaluadas y controladas cuidadosamente para evitar la posibilidad de que los contaminantes alcancen los niveles de agua subterránea, ya sea de forma directa o a través de alteraciones del terreno en las cercanías.

7. En resumen, las dimensiones que fueron determinadas para definir la zona de protección absoluta de las nacientes en estudio son las siguientes:

Área Especial de Protección		
Naciente	Zona Operacional de Protección Absoluta	Zona de Protección Absoluta Bacteriológica
		Largo y ancho (m) aguas arriba y a cada lado de la naciente
Argelia	30 m de largo por 30 m de ancho	395 m de largo, ancho variable según hidrogeomorfología
Los Figueres (F1 y F2)	35 m de largo por 30 m de ancho	1310 m de largo, ancho variable según hidrogeomorfología

Se indica que desde el criterio técnico hidrogeológico el área mínima para protección bacteriológica de las nacientes en estudio es de 900 m², donde la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del agua subterránea determinada en esta zona es alta.

8. A partir del cálculo de la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación, mediante la metodología de *G.O.D.*, se determina que la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación para la Zona Operacional de Protección Absoluta y la Zona de Protección Absoluta de la naciente Argelia y las nacientes Los Figueres (F1 y F2), corresponde con una vulnerabilidad a la contaminación alta (Figura 12 y Figura 13).
9. Se debe considerar que dentro de la Zona Operacional de Protección Absoluta y la Zona de Protección Absoluta, no se debe permitir ningún tipo de actividad antrópica que genere flujos o lixiviados que contengan o generen contaminantes de tipo advectivo (aquellos que se mueven con o como el agua), tales como los de origen patógeno y mucho menos de otros tipos de contaminantes más agresivos para el medio hidrogeológico o nocivos para la salud (productos químicos como pinturas u otros; fertilizantes, pesticidas,

agroquímicos hidrosolubles o hidrofóbicos, hidrocarburos o derivados del petróleo, entre otros).

- 10.** Entiéndase que la Zona de Protección Absoluta es un área total de resguardo, implica no admitir; por ejemplo, el uso del terreno para instaurar desarrollos de vivienda de cualquier tipo dentro de dicha zona de resguardo, especialmente si el diseño de sitio implica la implementación de tanques o fosas sépticas, así como, que no se deben de realizar ni utilizar letrinas en esta área. Se indica que fuera de dicha área establecida, el espacio es aprovechable para otros posibles usos del terreno, que sean amigables con el ambiente.
- 11.** En cuanto a la calidad del agua subterránea de las nacientes en estudio, la única que cuenta con un análisis físico-químico realizado por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) del AyA, es la naciente de Los Figueres (F2), la cual se encuentre sin captar y concluye en su reporte que, las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N. 38924-S.
- 12.** En relación con los análisis microbiológicos realizados por el LNA del AyA, para la naciente Argelia (Los Álvarez) se contabilizan coliformes fecales entre 9.1 y 2400 para muestras analizadas entre los años 1998 y 2016. Las cuales se relacionan a la presencia de ganado abundante en los terrenos aguas arriba de esta naciente. Por lo que, se debe garantizar el resguardo de la zona de protección bacteriológica determinada, a partir del tiempo de tránsito de contaminantes, para mantener una calidad del agua subterránea adecuada. Además, se deben de realizar análisis microbiológicos actualizados para esta naciente. Mientras que, para la naciente Los Figueres (F1), se cuenta con análisis entre los años 1998 y 2006, donde se observan resultados negativos, el uso del suelo en los alrededores de las fuentes de Los Figueres corresponde con cobertura boscosa. Sin embargo, de igual manera se recomienda que se realicen análisis microbiológicos actualizados para esta naciente.

11 REFERENCIAS

ASTORGA, A., 1996: Estratigrafía regional y sedimentología de la región norte de Costa Rica. -38 págs. Universidad de Costa Rica, San José. [Inf. Inédito].

CUSTODIO, E. & LLAMAS, M., 1983: Hidrología Subterránea. Omega (2 Vol.) 2359pp.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GÓMEZ, D.; D'ELIA, M. & PARIS, M., 2002: Protección de la calidad del agua subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. - Groundwater Management Team, en colaboración con Global Water Partnership. Banco Mundial, Washington, D.C., Estados Unidos.

GRUBB, S., 1993: Analytical model for estimation of steady-state capture zone of pumping Wells in confined and unconfined aquifers.-Ground Water, 31: 27-32.

RODRÍGUEZ, H., 1994: Normas para el cálculo de tiempo de tránsito entre los drenajes de tanques sépticos y las fuentes de agua subterránea. -Documento interno del Departamento de Recursos Hídricos del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. San José, Costa Rica.

ROJAS, M., 2019: Geología de la hoja Monterrey-3247 I.- 139 págs. Dirección de Geología y Minas (MINAE) San José, Costa Rica.

ZACEK, V., VOREL, T., KYCL, P., HUAPAYA, S., MIXA, P., GRYGAR, R., HAVLICEK, P. ČECH, S., HRAZDÍRA, P., METELKA, V., ŠEVCIK, J. & PÉCSKAY, Z., 2012: Geología y estratigrafía de la Hoja - 3246-II Miramar, Costa Rica.- Rev. Geol. Amér. Central, 47: 7-54.

Anexo 1: Solicitud de estudio hidrogeológico por parte de la UEN Administración de Proyectos de la Subgerencia Gestión Sistemas Delegados.



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
San José, Costa Rica
Apartado 1097-1200. Teléfono 2242-5261. fgonzalez@aya.go.cr

MEMORANDO

PARA: Viviana Ramos Sánchez
UEN Gestión Ambiental

FECHA: 1 de junio del 2020

JOSE FRANCISCO
GONZALEZ FALLAS
(FIRMA)

Firmado digitalmente por JOSE
FRANCISCO GONZALEZ FALLAS
(FIRMA)
Fecha: 2020.06.01 12:37:35 -0600'

DE: Francisco González Fallas
UEN Administración de Proyectos GSD

No. GSD-UEN-AP-2020-00668

ASUNTO: Solicitud estudio, proyecto Rincón de la Vieja, Nacientes.

En la actualidad la Unidad Ejecutora Huracán Otto esta desarrollando el proyecto Rincón de la Vieja, en el cual tenemos tres fuentes de agua y dos servidumbre que se requieren para abastecer el mismo..

Hay dos nacientes que se ubican en una misma finca propiedad de la Familia Figueres. Nosotros nos reunimos con ellos y estos están de acuerdo en donar la servidumbre y el área inmediata alrededor de la fuente, por lo que iniciamos las gestiones con los compañeros de topografía de PyC del AyA para que midieran los mismos.

La familia Figueres está dispuesta a donar una servidumbre de 3.0 m de ancho por 3,700.0m de largo, además de dos lotes uno para las nacientes y otro para un tanque. La servidumbre es de 3 metros de ancho debido a que como la servidumbre es algo extensa el área de la misma lo es también (11,110.0 metros cuadrados). El lote para el tanque es de 15x12m, mientras que el área inmediata alrededor de las nacientes, se ha negociado en primera instancia un lote de 20x26.7m de tal forma que las nacientes tengan un área de protección inmediata alrededor de ellas de al menos 10m. Esta área es con el fin de poder cercar y que no exista acceso a las nacientes. Sabemos que el área de protección de la nacientes seguramente debe ser mayor, pero no se cuentan con los recursos, ni creemos que la familia Figueres este dispuesta a donar o vender un área mayor.

El Top. Carlos Lee de PyC en compañía de nosotros realizamos la Inspección del sitio con el fin de realizar el levantamiento de la servidumbre y del área requerida alrededor de las naciente, pero Top. Lee recomienda que sea la Unidad de Gestión Ambiental la que de el criterio respecto a la zona de protección de las nacientes.

La tercer fuente se ubica en una propiedad de los hermanos Alvarez. Esta fuente actualmente esta captada por la ASADA de Rincón de la Vieja y los hermanos Alvarez están interesados en vender tanto el área alrededor de la naciente, así como su servidumbre desde la fuente a la calle publica (menos de 200m de longitud).

Dado lo anterior, con el fin de poder continuar con los tramites de donación y compra de las servidumbres y áreas de las nacientes del proyecto de Rincón de la Vieja se le solicita que realice para las fuentes:

- Una valoración del área inmediata de protección de las nacientes que se requiere para darle la debida operación y mantenimiento a estas. Dicha área se pretende cercar y será la que inicialmente done o venda el propietario de la finca alrededor de la naciente.
- Una valoración del área de protección de las nacientes. Esta área se pretende que, de ser posible, se pueda adquirir o negociar la donación. Sin embargo, debido a que en la mayoría de las ocasiones se tiene que el área puede ser extensa debido a las condiciones de la cuenca, la adquisición de esta área quedara sujeto a la disponibilidad de recursos y la disposición de los dueños en vender el área requerida.

Se adjunta Informe del proyecto con información de caudales de la nacientes, concesiones, plano donde se ubican las nacientes, análisis de calidad del agua y los números de teléfono de los contactos en las comunidades y administradores o dueños de finca con que cuenta la Unidad para lo que corresponda.

C: María del Mar Solano Arce, UEN Gestión Ambiental
 Jahaira Espinoza Chavarría, UEN Administración de Proyectos GSD
 Fernando Vilchez Rojas, UEN Administración de Proyectos GSD
 Yamileth Astorga Espeleta, Presidencia Ejecutiva
 Archivo

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
SUBGERENCIA DE SISTEMAS COMUNALES
UEN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS
UNIDAD EJECUTORA HURACÁN OTTO



CONSULTA AREAS DE PROTECCION DE NACIENTES F2, F3 Y F4
PROYECTO DE RINCON DE LA VIEJA

PROYECTO:
RECONSTRUCCIÓN, AUMENTO DE LA RESILIENCIA Y DISMINUCIÓN DEL
RIESGO DE 24 ACUEDUCTOS – EMERGENCIA HURACÁN OTTO

ELABORADO POR:
UNIDAD EJECUTORA HURACÁN OTTO

MAYO 2020



Índice de contenido:

1. Resumen	3
2. Información general de las fuentes.....	6
2.1 Nacientes F2 (Finca hermanas Álvarez)	6
2.2 Nacientes F3 (Finca los Figueres).....	7
2.3 Nacientes F4 (Finca los Figueres).....	8
3. Propuesta del área inmediata de protección para operación y mantenimiento fuente F3 y F4	9
4. ANEXOS.....	15

Índice de ilustraciones:

Ilustración 1 Esquema de área requerida nacientes F3 y F4 (Los Figueres)	10
Ilustración 2 Plano catastro y certificación Literal Nacientes Los Figueres	11
Ilustración 3 Plano catastro y certificación literal Naciente Hnas Álvarez.....	13



1. Resumen

Producto del paso del Huracán Otto por el territorio nacional se produjeron fuertes lluvias que afectaron los cantones de la Zona Norte de Costa Rica. Las lluvias provocaron crecidas extraordinarias de los ríos de la zona, deslizamiento y arrastre de diferentes materiales los cuales provocaron daños en algunos acueductos de la Zona Norte y Chorotega.

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) amparado en el Decreto N° 40027 – MP de la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), publicado en el Diario Oficial La Gaceta del martes 29 de noviembre de 2016, es el responsable de ejecutar las obras de reconstrucción, disminución de riesgo y aumento de la resiliencia en los acueductos afectados por el huracán. Para esto, dispone de la *Unidad Ejecutora Huracán Otto* encargada de los procesos de contratación, seguimiento y contraparte de los diseños necesarios para la reconstrucción de los acueductos.

Los acueductos de los distritos de Dos Ríos, San José y Aguas Claras de Upala y algunos sistemas artesanales de agua en los distritos de Santa Cecilia en La Cruz, fueron dañados por el paso del huracán afectando directamente su infraestructura (sistemas de abastecimiento de agua potable).

Dicha infraestructura fue reconstruida de forma provisional, lo cual, hace que actualmente se considere como sistemas altamente vulnerables. Además, muchos de los acueductos tienen 20 años o más de contruidos, por tanto, muchos de los componentes ya cumplieron su vida útil. También hay la necesidad de abastecer de agua potable algunas comunidades que no disponen del servicio. Se ha planteado que los distritos de Santa Cecilia, los cuales no poseen fuentes de buena calidad y cantidad de agua, sean abastecidos por las fuentes ubicadas en Dos Ríos. En resumen, se ha planteado la solución de forma tal que se renueve y extienda el



acueducto actual de la zona e integrando las comunidades que no poseen acueducto o agua potable de calidad.

Para la construcción de los acueductos se ha definido la ejecución del proyecto en dos etapas:

- **Etapla I:** realización de estudios preliminares, verificación de terrenos que se requieran, estudios básicos y diseño de las obras.
- **Etapla II:** construcción de obras de los acueductos

El proyecto se abastecerá de 4 nacientes la fuente F1, F2, F3 y F4.

La fuente F1 se ubica en una propiedad del INDER que será donada al AyA. La fuente F2 se ubica en una propiedad privada a nombre de varios hermanos. La intención de los propietarios aquí es la de vender el área y servidumbres que requiera el proyecto.

Las fuentes F3 y F4 se ubican en propiedad privada a nombre de la Familia Figueres. Aquí la intención del propietario es la de donar la servidumbre y el área inmediata de protección de las fuentes para la operación y mantenimiento de estas. Así mismo se tiene que la finca donde se ubican las nacientes y la servidumbre, la familia Figueres la utiliza para ecoturismo, por lo que la propiedad está muy bien conservada. También la zona donde están las nacientes se ubica en una zona de bosque en donde no se permite cortar árboles, ni trabajar la tierra. Finalmente, esta zona colinda con la reserva del Volcán de la Vieja, pero está fuera de ella, por lo que la conservación es muy buena y se espera que la zona se mantenga en el tiempo.



Dado lo anterior, se requiere que la Unidad de Gestión Ambiental realice para las fuentes F2, F3 y F4, lo siguiente:

- Una valoración del área inmediata de protección de las nacientes que se requiere para darle la debida operación y mantenimiento a estas. Dicha área se pretende cercar y será la que inicialmente done o venda el propietario de la finca alrededor de la naciente.
- Una valoración del área de protección de las nacientes. Esta área se pretende que, de ser posible, se pueda adquirir o negociar la donación. Sin embargo, debido a que en la mayoría de las ocasiones se tiene que el área puede ser extensa debido a las condiciones de la cuenca, la adquisición de esta área quedara sujeto a la disponibilidad de recursos y la disposición de los dueños en vender el área requerida.

Con la información de las áreas anteriores, se procederá a formalizar los terrenos de las nacientes, con el fin de que el proyecto pueda disponer de las fuentes en cuestión y de esta forma abastecer las comunidades que lo integran.



2. Información general de las fuentes

2.1 Nacientes F2 (Finca hermanos Álvarez)

A continuación, se indica la información general de la fuente:

Generalidad: fuente en uso en la finca #236937, plano 2-760749-1988 a nombre de Silvia María Araya Araya, quién falleció. Según Expediente N#: 11-000212-0386-CI la albacea es la señora Leity Álvarez Araya Cédula #2-0689-0613 y el estatus es de proceso sucesorio ante el Juzgado Civil y Trabajo I Circuito Judicial, Guanacaste (Liberia) (Materia Civil).

Ubicación: Esta naciente se ubican en Dos Ríos de Upala, Alajuela,

Coordenadas Lambert: 318,775.00 - 387,840.00 Lambert Norte

Concesión de agua a nombre de la ASADA de Rincón de la Vieja con una caudal de 5.82 l/s con la resolución DA-0057-2015. (Ver Anexo 3)

Caudal de la naciente: 14.91 l/s (aforo del 19/05/2020).

Caudal por concesionar: se debe modificar de 5.82 l/s a 10.0 l/s (al menos).

Plano catastrado donde se ubica la naciente: plano 2-760749-1988

Análisis de calidad del agua: análisis físico químico del 02 de abril del 2020. (Ver Anexo 4)



Números de teléfono de los contactos: señora Leyti Álvarez al teléfono 88041129 y con la ASADA Rincón de La Vieja al 22005406 con el señor Juan Alcocer, presidente.

2.2 Nacientes F3 (Finca los Figueres)

A continuación, se indica la información general de la fuente:

Generalidad: fuente en uso, en propiedad de los Figueres.

Ubicación: Esta naciente se ubican en Dos Ríos de Upala, Alajuela,

Coordenadas Lambert: 393200-316400

Concesión de agua: Se dispone con la concesión DA-0057-2015 de una naciente bajo las coordenadas 393203/3164102 a nombre de la ASADA de Buenos Aires de Aguas Claras de Upala con un caudal de 0.48 l/s. (Ver Anexo 1)

Caudal de la naciente: 25.04 l/s (aforo del 19/05/2020).

Caudal por concesionar: se debe modificar la concesión de agua de 0.48 l/s a 6.5 l/s.

Plano catastrado donde se ubica la naciente: propiedad #2-163042-000 bajo el plano A-11816-1974 a nombre de Palmitos del Río S.A, cédula jurídica 3-101-12183718.

Análisis de calidad del agua: se cuenta con un informe de análisis físico químico de la naciente captada, realizado el día 31 de agosto de 2019 y un análisis microbiológico del 16 de enero del año en curso. (Ver anexo 2)



Números de teléfono de los contactos: señor Oscar Arias Saavedra, administrador de Palmitos del Río al teléfono 83616930, señor Napoleón Rodríguez al teléfono 85005277, ASADA El Gavilán-Buenos Aires al 71439553 con el señor Johanny Martínez G, presidente.

2.3 Nacientes F4 (Finca los Figueres)

A continuación, se indica la información general de la fuente:

Generalidad: fuente sin captar (no está en uso), en propiedad de los Figueres.

Ubicación: Esta naciente se ubican en Dos Ríos de Upala, Alajuela,

Coordenadas Lambert: 393206-316397

Concesión de agua: no se dispone de la concesión, pero está en trámite.

Caudal de la naciente: 31.82 l/s (aforo del 19/05/2020).

Caudal por concesionar: 25 l/s (al menos).

Plano catastrado donde se ubica la naciente: propiedad #2-163042-000 bajo el plano A-11816-1974 a nombre de Palmitos del Río S.A, cédula jurídica 3-101-12183718.

Análisis de calidad del agua: no se dispone de uno, pero está en trámite con el laboratorio nacional de aguas.



Números de teléfono de los contactos: señor Oscar Arias Saavedra, administrador de Palmitos del Río al teléfono 83618930, señor Napoleón Rodríguez al teléfono 85005277, ASADA El Gavilán-Buenos Aires al 71439553 con el señor Johanny Martínez G, presidente.

3. Propuesta del área inmediata de protección para operación y mantenimiento fuente F3 y F4

Estas dos fuentes se ubican muy próximas una de la otra y separadas por unos 6.7m, por lo que para el área inmediata de protección de operación y mantenimiento de las fuentes se propone un lote que tenga al menos un radio de 10 m alrededor de cada fuente como se muestra a continuación:

Ilustración 1 Esquema de área requerida nacientes F3 y F4 (Los Figueres)

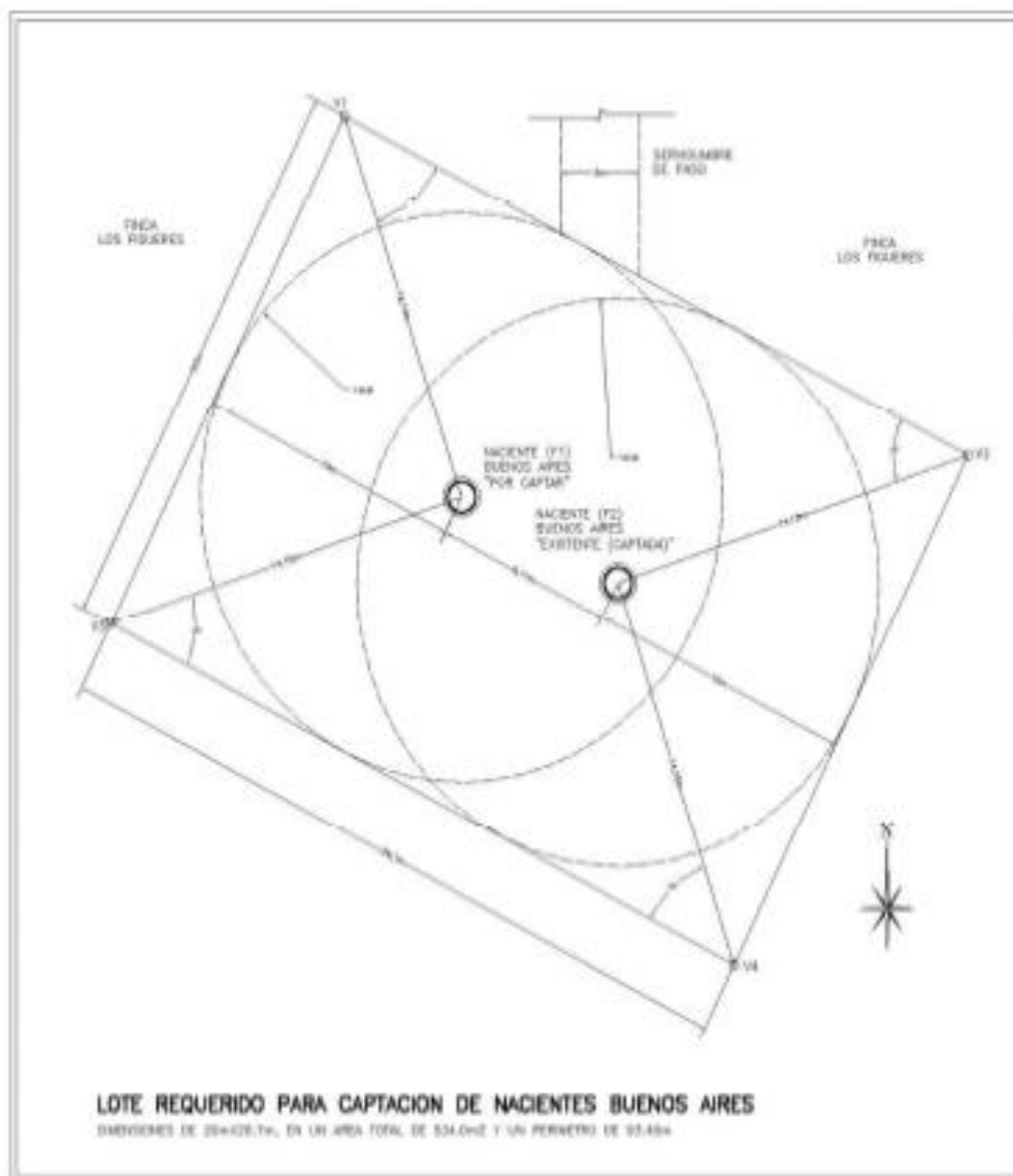




Ilustración 2 Plano catastro y certificación Literal Nacientes Los Figueres

REPUBLICA DE COSTA RICA
REGISTRO NACIONAL
NUMERO DE CERTIFICACION: RNPDIGITAL-817768-2020

Plano(s) Catastrado(s)

PLANO: 2-11816-1074





REPUBLICA DE COSTA RICA
REGISTRO NACIONAL
CERTIFICACION LITERAL
NUMERO DE CERTIFICACION: RNPDIGITAL-817733-2020

MATRICULA: 163042-000

NATURALEZA: TERRENO DE POTRERO, TACOTAL, UNA CASA Y UN CORRAL
SITUADA EN EL DISTRITO 2-AGUAS CLARAS CANTON 13-UPALA DE LA PROVINCIA DE ALAJUELA

LINDEROS:

NORTE CAMINO PRIVADO DE 5 METROS DE ANCHO, DOMINGO CIESAR, PEDRO PABLO ARAYA, EDGARDO SOTO Y FRANCISCO CORTES
SUR GUANACASTE DRY FOREST CONSERVATION FUND, PADRO ARAYA Y MOISES MENDEZ
ESTE HUGO RODRIGUEZ Y GUANACASTE DRY FOREST CONSERVATION FUND
OESTE PEDRO PABLO, MOISES ARAYA, MOISES MENDEZ

MDE: UN MILLON SEISCIENTOS SETENTA Y UN MIL CINCUENTOS SETENTA Y NUEVE METROS CON TRES DECIMETROS CUADRADOS
PLANEA: 0011816-1974

LOS ANTECEDENTES DE ESTA FINCA DEBEN CONSULTARSE EN EL FOLIO MICROFILMADO DE LA PROVINCIA DE ALAJUELA
NUMERO 163042 Y ADEMAS PROVIENE DE 2416 317 001

PROPIETARIO:
PALMITOS DEL RIO SOCIEDAD ANONIMA
CEDULA JURIDICA 3-191-121837
ESTIMACION O PRECIO: UN MILLON COLONES
DUEÑO DEL DOMINIO
PRESENTACION: 0563-00004922-01
FECHA DE INSCRIPCION: 25-ENE-2006
OTROS:
ANOTACIONES SOBRE LA FINCA: NO HAY
GRAVAMENES O AFECTACIONES: SI HAY

PRACTICADO
CITAS: 577-25644-01-0901-001
JUZGADO CIVIL DE MAYOR CUANTIA DE LIBERIA EXPEDIENTE 01-100182-0386-CL
AFECTA A FINCA: 2-00163042-000
INICIA EL: 09 DE SEPTIEMBRE DE 2009
FINALIZA EL: 09 DE SEPTIEMBRE DE 2010
CANCELACIONES PARCIALES: NO HAY
ANOTACIONES DEL GRAVAMEN: NO HAY

USO INTERNO

Certificacion Digital Exenta, se prohíbe su venta

ESTA CERTIFICACION, CUYOS DERECHOS ARANCELARIOS FUERON DEBIDAMENTE CANCELADOS, CONSTITUYE DOCUMENTO PUBLICO CONFORME LO ESTABLECEN LOS ARTICULOS 45.2 DEL CODIGO PROCESAL CIVIL, 6 INCISO D) DE LA LEY DE CERTIFICADOS, FIRMAS DIGITALES Y DOCUMENTOS ELECTRONICOS N° 8454, Y EL DECRETO EJECUTIVO N° 36498-J, PUBLICADO EN LA GACETA N° 196, DEL 8 DE OCTUBRE DE 2009. EN DICHO MARCO LEGAL SE ESTABLECE LA OBLIGATORIEDAD DE RECIBIR ESTE DOCUMENTO POR PARTE DE LOS ENTES PUBLICOS Y PRIVADOS, ASI COMO PARA LOS PARTICULARES, EN CASO DE QUE SE LE PRESENTEN PROBLEMAS PARA LA RECEPCION DE ESTE DOCUMENTO Y APLICACION DE SUS EFECTOS LEGALES, SIRVASE COMUNICARLO AL CENTRO DE ASISTENCIA AL USUARIO, TELEFONO: 2202-0000.

ESTIMADO USUARIO, EL REGISTRO NACIONAL LE INDICA QUE EL VALOR DE LA PRESENTE CERTIFICACION FUE ESTABLECIDO POR LA JUNTA ADMINISTRATIVA EN LA SUMA DE DOS MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y DOS COLONES CON CINCUENTA CENTIMOS MAS LOS TIMBRES RESPECTIVOS; NINGUNA PERSONA FISICA O JURIDICA PUEDE VARIAR ESE VALOR.

EMITIDA A TRAVES DEL PORTAL DE SERVICIOS DIGITALES Y CON DATOS CONSULTADOS A UNA REPLICA OFICIAL DE LA BASE DE DATOS DEL REGISTRO NACIONAL, A LAS 13 HORAS 32 MINUTOS Y 31 SEGUNDOS, DEL 24 DE ABRIL DE 2020.
PODRA SER VERIFICADA EN EL SITIO www.rnpdigital.com DENTRO DE LOS SIGUIENTES 15 DIAS NATURALES.
SI LA CERTIFICACION CONTIENE ALGUNA INCONSISTENCIA EN LA INFORMACION, FAVOR DE CONTACTAR A rnpdigital@mp.ge.cr, PARA DETERMINAR EL ORIGEN DE LA INCONSISTENCIA Y COMPETENCIA DE LA RESOLUCION.

REPUBLICA DE COSTA RICA
REGISTRO NACIONAL
NUMERO DE CERTIFICACION: RNPDIGITAL-855978-2019

[illegible]



REPUBLICA DE COSTA RICA
REGISTRO NACIONAL
CONSULTA POR NUMERO DE FINCA
MATRICULA: 236937-000

PROVINCIA: ALAJUELA **FINCA:** 236937 **DUPLICADO:** HORIZONTAL: **DERECHO:** 000
SEDEGACIONES: NO HAY

NATURALEZA: PARA AGRICULTURA N.8
SITUADA EN EL DISTRITO 6-DOS RIOS CANTON 13-UPALA DE LA PROVINCIA DE ALAJUELA
LINDEROS:

NORTE : LOTE 5
SUR : CALLE CON 318M 17CM
ESTE : CALLE CON 290M 02CM
OESTE : LOTE 7

MIDE: NOVENTA Y TRES MIL DOSCIENTOS DIEZ METROS CON SETENTA Y SIETE DECIMETROS
CUADRADOS
PLANO:A-0750749-1988

LOS ANTECEDENTES DE ESTA FINCA DEBEN CONSULTARSE EN EL FOLIO MICROFILMADO DE LA
PROVINCIA DE ALAJUELA NUMERO 236937 Y ADEMAS PROVIENE DE 236931-000

VALOR FISCAL: 1,000,000.00 COLONES

PROPIETARIO:
SILVIA MARIA ARAYA ARAYA
CEDULA IDENTIDAD 5-0138-0374
ESTADO CIVIL: CASADO UNA VEZ
ESTIMACIÓN O PRECIO: UN MILLON COLONES
DUEÑO DEL DOMINIO
PRESENTACIÓN: 0571-00018397-02
CAUSA ADQUISITIVA: COMPRA
FECHA DE INSCRIPCIÓN: 08 DE MAYO DE 2007

ANOTACIONES SOBRE LA FINCA: NO HAY
GRAVAMENES o AFECTACIONES: SI HAY

RESERVAS Y RESTRICCIONES
CITAS: 389-03518-01-0826-001
AFECTA A FINCA: 2-00236937- -
CANCELACIONES PARCIALES: NO HAY
ANOTACIONES DEL GRAVAMEN: NO HAY



4. ANEXOS

	MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA DIRECCION DE AGUA DA 0057-2015 AGUAS-MINAE	
---	--	---

DA 0057-2015 AGUAS-MINAE

Expediente: 1441-R.

San José, a las once horas, cincuenta minutos del veinte de enero del 2015.

RESULTANDO

Único: Que el AyA solicita la inscripción de aguas para la Asociación Administradora de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunal Buenos Aires De Aguas Claras De Upala Alajuela, cédula número 3-002-338846.

CONSIDERANDO

PRIMERO: Que realizado el análisis, se obtuvo la siguiente información:

1. Detalles del aprovechamiento

1.1 Localización

Provincia	Cantón	Distrito	Sectores abastecidos
Alajuela	Upala	Aguas Claras	BUENOS AIRES

1.2 Fuentes solicitadas

Fuente	Cuenca	Propiedad del fundo donde se capta	Plano Catastrado	Folio Real
Naciente N°1	68-17	AyA	No se indica	No se indica

1.3 Ubicación cartográfica de los puntos de toma

Fuente	Hoja Cartográfica	Altitud msnm	Latitud	Longitud
Naciente N°1	Cacao No. 3148 IV	671	316.412	383.203

2. Resumen de caudales (litros / segundos)

2.1 Aforo

Fuente	Origen del Dato	Fecha	Caudal
Naciente N°1	AyA	13/04/2011	11.35
TOTAL			11.35

	MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA DIRECCIÓN DE AGUA DA 0057-2015 AGUAS-MINAE	
---	---	---

2.2 Cálculos de necesidad y disponibilidad (caudal: litros / segundos)

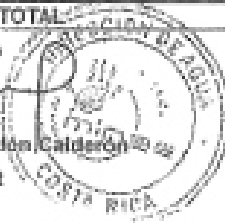
Fuente	Caudal Solicitado	Caudal ambiental	Disponible	Población Actual	Población Proyectada (20 años)	Caudal Requerido a 20 años
Naciente N°1	0.48	10%	1.14	105	209	0.48

POR TANTO

El Director de la Dirección de Agua del MINAE resuelve, de conformidad con la Ley de Aguas No. 276, artículos 17, 18 y 70 y el Reglamento de las Asociaciones de Acueductos y Alcantarillados Comunales, publicado en La Gaceta No. 150 de 5 de agosto de 2005, Decreto 32629-S, inscribir en el Registro Nacional de Concesiones de Aguas y Cauces, el siguiente aprovechamiento a nombre de la Asociación Administradora de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunal Buenos Aires De Aguas Claras De Upala Aiajuela, cédula número 3-002-339946:

Fuente	CAUDAL (litros por segundos)
Naciente N°1	0.48
TOTAL	0.48

Ing. José Miguel Zeledón Calderón
DIRECTOR



Análisis	BLMH	Fecha	20/01/2015	
Revisión	APV	Fecha	20/01/2015	

Teléfono 2221-7514, Fax 2221-7516.
Apartado 13043-1000 Dirección Electrónica: aguas@da.go.cr Web: www.da.go.cr

INFORME DE RESULTADOS

DATOS DEL CLIENTE				HORA:	11:00 a. m.
Cliente:	Asada El Gavilán Buenos Aires			Proc. muestreo:	TDP-PT-018
Contacto:	Gerardo Quesada			Muestreado por:	Personal de TecnoLab
Dirección:	Gavilán de Aguas Claras de Upala			Analizado por:	Cristina Arrieta Chavar
				MATRIZ:	Agua Superficial
				Fecha de Muestreo:	31-Ago.-19
Teléfono:	(506) 7-123-0928	Celular:		Fecha de Análisis:	01-Sept.-19
e-mail:				Fecha de Reporte:	23-Sept.-19
Tipo de Análisis:	Físico Químico			Cond. Ambientales:	Aptas, Soleado
LUGAR DE MUESTREO:	Agua de Naciente Buenos Aires #1				

RESULTADOS ANALISIS FISICO QUIMICO

ID REL.	A	PARAMETRO	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	VA	VMA	REF
1	**	- Segundo nivel de contr						
1	**	Aluminio	<0,02	mg/L	0,01		0,2	USEPA-8012
1	**	Calcio	25,92	mg/L	0,01		100	SM-2340-B
1	**	Cloruros	9,093	mg/L	0,005	25	250	SM-4500-Cl ⁻ -C
1	**	Cobre	<0,04	mg/L	0,01	1,0	2,0	USEPA-8026
1	**	Dureza Total	108,0	mg/L	0,1	300	400	SM-2340-C
1	**	Fluoruro	0,40	mg/L	0,02		0,7 a 1,5	SM-4500-F ⁻ -D
1	**	Hierro	<0,02	mg/L	0,01		0,3	SM-3500-Fe-B
1	**	Magnesio	10,50	mg/L	0,01	30	50	SM-2340-B
1	**	Manganeso	0,40	mg/L	0,005	0,1	0,5	SM-3500-Mn-B
1	**	Potasio	3,0	mg/L	0,1		10	HACH-8049
1	**	Sodio	8,7	mg/L	0,1	25	200	
1	**	Sulfato	5	mg/L	0,005	25	250	SM-4500-SO ₄
1	**	Zinc	<0,01	mg/L	0,005		3,0	SM-3500-Zn-B

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

REF: Referencia del Método Utilizado, Standard Methods of Water and Wastewater 23 RD Edition 2017

VA y VMA: Valores de Alerta y Valores Máximos Admisibles, según el Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto N° 38924-S del Ministerio de Salud, publicado en la Gaceta.

A: * Ensayos Acreditados, ** Ensayos No Acreditados. Ver Alcance en www.eca.or.cr

Permiso de Funcionamiento del Ministerio de Salud: DARS-SC-2018-0563, Vence el 17 de diciembre del 2023

Observaciones:

Elaborado y Editado por: TECNOLAB Página 1 of 9	LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO CONFIDENCIAL	TecnoIndustria del Pacífico TDP SRL 3-102-753855 info@tecnolabcr.com
--	---	---

Dirección: 150 mts Este del Supermercado CAMAN, Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica, www.tecnolabcr.com, Teléfonos: (506) 4030-6879

INFORME DE RESULTADOS

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio.
Los datos reportados solo corresponden a la muestra analizada.

Hernán Diego Arroyo Bravo

Lic. Hernán Diego Arroyo Bravo
Regente del Laboratorio
Codigo: 2484



Elaborado y Editado por:
TECNOLAB
Página 2 of 9

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO
CONFIDENCIAL

TecnoIndustria del Pacífico TDP SRL
3-102-753855
info@tecnolabcr.com

Dirección: 150 mts Este del Supermercado CAMAN, Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica, www.tecnolabcr.com, Teléfonos: (506) 4030-6879

	MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA DIRECCION DE AGUA DA 0742-2015 -AGUAS-MINAE	
---	---	---

DA 0742-2015 -AGUAS-MINAE

Expediente: 1578-R.

San José, a las once horas, veinte minutos del veintiuno de abril del 2015.

RESULTANDO

Único: Que el AyA solicita la inscripción de aguas para la Asociación Administradora de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunal Rincón De La Vieja De Dos Ríos de Upala, Alajuela, cédula número 3-002-481672.

CONSIDERANDO

PRIMERO: Que realizado el análisis, se obtuvo la siguiente información:

1. Detalles del aprovechamiento

1.1 Localización

Provincia	Cantón	Distrito	Sectores abastecidos
Alajuela	Upala	Dos Ríos	LAS AMERICAS-LOS

1.2 Fuentes solicitadas

Fuente	Cuenca	Propiedad del fundo donde se capta	Plano Catastrado	Folio Real
Naciente N°1	69-17	Aya	No se indica	No se indica
Naciente N°2	69-17	Aya	No se indica	No se indica

1.3 Ubicación cartográfica de los puntos de toma

Fuente	Hoja Cartográfica	Altitud msnm	Latitud	Longitud
Naciente N°1	Casco No. 3148 IV	570	318.385	388.322
Naciente N°2	Casco No. 3148 IV	620	318.775	387.840

2. Resumen de caudales (litros / segundos)

2.1 Aforo

Fuente	Origen del Dato	Fecha	Caudal
Naciente N°1	A y A	31/07/2014	31.62
Naciente N°2 El	A y A	31/07/2014	19.81
TOTAL			51.43

	MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA DIRECCION DE AGUA DA 0742-2015 -AGUAS-MINAE	
---	--	---

2.2 Cálculos de necesidad y disponibilidad (caudal: litros / segundos)

Fuente	Caudal Solicitado	Caudal ambiental	Disponible	Población Actual	Población Proyectada (20 años)	Caudal Requerido a 20 años
Naciente N°1	9.28	10%	3.16	28.46	3,281	6,527
Naciente N°2	5.82	10%	1.98	17.63	3,281	6,527
						15.11

POR TANTO

El Director de la Dirección de Agua del MINAE resuelve, de conformidad con la Ley de Aguas No. 276, artículos 17, 18 y 70 y el Reglamento de las Asociaciones de Acueductos y Alcantarillados Comunes, publicado en La Gaceta No. 150 de 5 de agosto de 2006, Decreto 32529-S, inscribir en el Registro Nacional de Concesiones de Aguas y Cauces, el siguiente aprovechamiento a nombre de la Asociación Administradora de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunal Rincón De La Vieja De Dos Ríos de Upala, Alajuela, cédula número 3-002-481672.

Fuente	CAUDAL (litros por segundos)
Naciente N°1 Argelia	9.28
Naciente N°2 El Gavilán	5.82
TOTAL	15.11

Ing. José Miguel Zeledón Calderón
DIRECTOR

Análisis BLMH	FECHA 21/04/2015	
Revisión APV	FECHA 21/04/2015	

(506) 2221-7514 FAX: (506) 2221-7516 Apartado: 13043-1000. <http://www.da.go.cr> * aguas@da.go.cr
Edificio Alvasa. Edificio negro esquinero. Entrada a Ruta 32, Avenida 19; costado este del Periódico La República. Tournon, San José, Costa Rica.

Reporte de Resultados

Cliente:	Asociación Administradora del AyA de Rincón de La Vieja	Código de muestra:	841
Contacto:	José Alberto García	Método de Muestreo:	PA-01
Dirección:	Dos Ríos, Brasilia, Upala	Plan de Muestras:	840-845-2020
E-mail:	asadarincondelavieja@gmail.com	Responsable de muestras:	AGR
Actividad:	Acueducto	Fecha de muestreo:	2/4/2020
Tel/Fax:	83520688	Fecha de ingreso:	2/4/2020
		Fecha de reporte:	3/4/2020

Descripción:	Naciente F2	Coordenadas:	10°53'59"N/85°21'11"O
---------------------	-------------	---------------------	-----------------------

Decreto 38924-S				LC	Inc. (U)	Unidades	Fecha de análisis	Método de Ensayo
Análisis	Resultado	Valor alerta	Valor max admisible					

Parámetro de Calidad del Agua Nivel Primero (N1)

Turbidez	0,400	1	5	0,055	0,035	UNT	03/04/2020	*PA-2130*
Olor	Aceptable	Aceptable	Aceptable	NA	NA	NA	03/04/2020	*PA-2150**
pH	7,970	6	8	4,050	0,036	-	02/04/2020	*PA-4500H*
Temperatura	22,40	18	30	0,35	0,34	°C	02/04/2020	*PA-2550*
Color aparente	<5	5	15	5	1	U-Pr-Co	03/04/2020	*PA-2120**
Conductividad	87,40	400	NA	1,80	0,82	µS/cm	03/04/2020	*PA-2150*
Cloro residual libre	-	0,3	0,6	0,170	0,037	mg/L	-	*PA-4500Cl*
Cloro residual combinado	-	1	1,8	0,180	0,037	mg/L	-	*PA-4500Cl*

Parámetro de Calidad del Agua Nivel Segundo (N2)

Aluminio	0,020	0,2	NA	0,005	0,021	mg/L	09/04/2020	*PA-3500Al***
Calcio	8,20	100	NA	1,00	0,11	mg/L	09/04/2020	PA-3520***
Cloruros	1,2	25	250	1,0	1,8	mg/L	09/04/2020	PA-4500***
Cobre	0,021	1	2	0,005	0,01	mg/L	09/04/2020	*PA-3500Cu***
Dureza total	66	400	500	10,0	0,22	mg/L CaCO ₃	09/04/2020	*PA-2540***
Fluoruros	0,20	NA	0,7	0,4	0,01	mg/L	09/04/2020	PA-4500***
Hierro	0,0	NA	0,3	0,005	0,110	mg/L	09/04/2020	PA-3520***
Magnesio	11,1	30	50	1,0	0,0320	mg/L	09/04/2020	PA-3520***
Manganeso	0,01	0,1	0,5	0,005	0,028	mg/L	09/04/2020	PA-3520***
Potasio	1,0	NA	10	1,0	0,055	mg/L	09/04/2020	PA-3520***
Sodio	3	25	200	1,0	0,055	mg/L	09/04/2020	PA-3520***
Sulfatos	9	25	250	1,0	0,01	mg/L	09/04/2020	PA-4500***
Zinc	ND	NA	3	0,1	0,055	mg/L	09/04/2020	PA-3520***

Parámetro de Calidad del Agua Nivel Tercero (N3)

Amonio	0,15	0,05	0,5	0,003	0,01	mg/L	14/04/2020	PA-4500**
Antimonio	ND	NA	0,005	0,003	0,026 0	mg/L	13/04/2020	PA-3220**
Arsénico	ND	NA	0,01	0,005	0,073	mg/L	13/04/2020	PA-3220**
Cadmio	ND	NA	0,003	0,002	0,044	mg/L	13/04/2020	PA-3220**
Cromo	ND	NA	0,05	0,007	0,057	mg/L	13/04/2020	PA-3220**

Reporte de Resultados

Mercurio	ND	NA	0,001	0,001	0,001	mg/L	13/04/2020	PA-5220**
Níquel	ND	NA	0,02	0,003	0,034	mg/L	13/04/2020	PA-5220**
Nitratos	2,40	25	50	0,01	0,01	mg/L	13/04/2020	PA-4500**
Nitritos	0,01	0,1	3	0,001	0,001	mg/L	13/04/2020	PA-4500**
Plomo	ND	NA	0,01	0,009	0,027	mg/L	13/04/2020	PA-5220**
Selenio	ND	NA	0,01	0,007	0,057	mg/L	13/04/2020	PA-5220**

LC: Límite de cuantificación / ND: No detectable de acuerdo al límite de cuantificación del método / NA: No Aplica
/ Inc: Incertidumbre de la medición

*Análisis acreditado / ** Análisis no acreditado/ ***Análisis Subcontratado

*Parámetros analizados in situ

*Parámetros analizados en laboratorio de Bioanalítica en Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica.

Los resultados mostrados en el presente informe corresponden únicamente a la muestra recolectada y analizada

Las condiciones ambientales durante el muestreo fueron: Soleado Matriz: Agua

Los análisis ejecutados por Bioanalítica se realizaron a $(23 \pm 1.5) ^\circ\text{C}$ y $((20 \text{ a } 55) \pm 4.5) \% \text{ HR}$

Los análisis subcontratados fueron realizados por: NA

La incertidumbre reportada corresponde a un nivel de confianza del 95 % ($K=2$)

Las muestras se mantendrán en custodia por quince días luego de la emisión de este informe, concluido este periodo se desechará.

Este documento no puede reproducirse total ni parcialmente sin autorización del laboratorio.

Las actividades se ejecutaron de acuerdo a los procedimientos respectivos, sin desvíos, modificaciones ni adiciones a los métodos o al Sistema de Gestión de Calidad.

Bioanalítica cuenta con un laboratorio acreditado ante el Ente Costarricense de Acreditación bajo la norma INTE/ISO/IEC 17025:2005, ver alcance de acreditación en www.eca.or.cr

Lic. Harry Hernández Mens
Regente CQCR # 2733

Ultima Línea del Reporte de Resultados

Reporte de Resultados

Cliente:	Asociación Administradora del AyA de Rincón de La Vieja	Código de muestra:	841
Contacto:	José Alberto García	Método de Muestreo:	PA-01
Dirección:	Dos Ríos, Brasilia, Upala	Plan de Muestreo:	840-845-2020
E-mail:	acadarincondelavieja@gmail.com	Responsable de muestreo:	AGE
Actividad:	Acueducto	Fecha de muestreo:	2/4/2020
Tel/Fax:	83520688	Fecha de ingreso:	2/4/2020
		Fecha de reporte:	19/4/2020

Descripción:		Naciente F2		Coordenadas:		10°53'59"N/85°21'11"O		
Análisis	Resultado	Decreto 38924-S Valor alerta	Valor max. Admisible	LC	Inc. (U)	Unidades	Fecha de análisis	Método de Ensayo
Parámetro de microbiológicos del agua potable								
Coliformes Fecales	Ausente	-	Ausente	1	NA	NMP/100 ml	4/4/2020	PA-9221***
Escherichia Coli	Ausente	-	Ausente	1	NA	NMP/100 ml	4/4/2020	PA-9223***

Observaciones:

LC: Límite de cuantificación / ND: No detectable de acuerdo al límite de cuantificación del método / NA: No

Aplica / Inc: Incertidumbre de la medición

*Análisis acreditado / ** Análisis no acreditado/ ***Análisis Subcontratado

Los resultados mostrados en el presente informe corresponden únicamente a la muestra recolectada y

Las condiciones ambientales durante el muestreo fueron Soleado Matriz: Agua

Los análisis subcontratados fueron realizados por: Microlabs

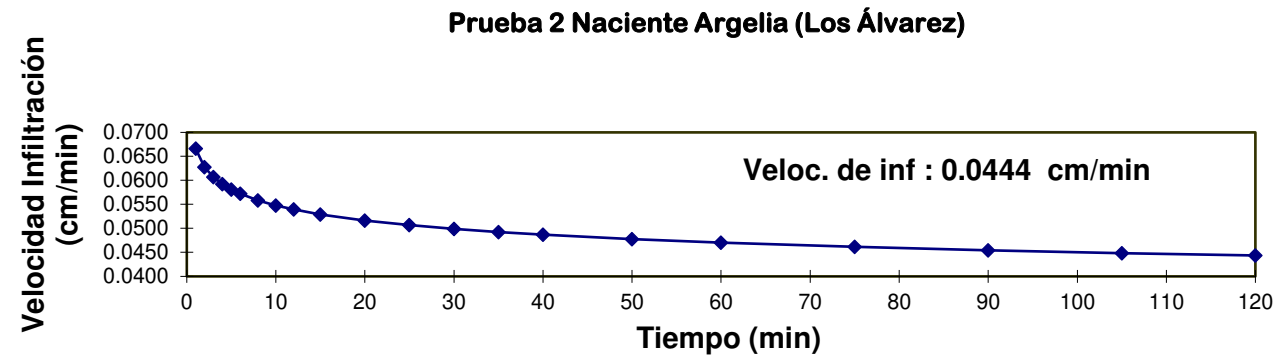
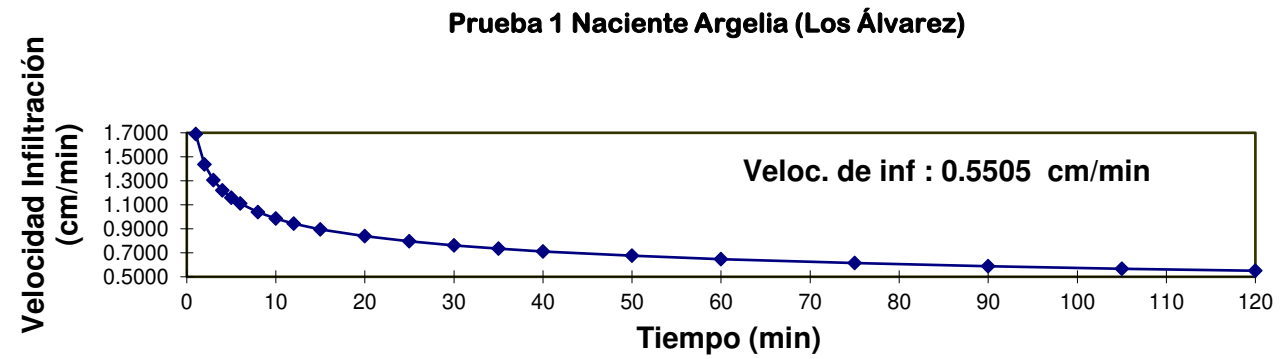
La incertidumbre reportada corresponde a un nivel de confianza del 95 % (K=2)

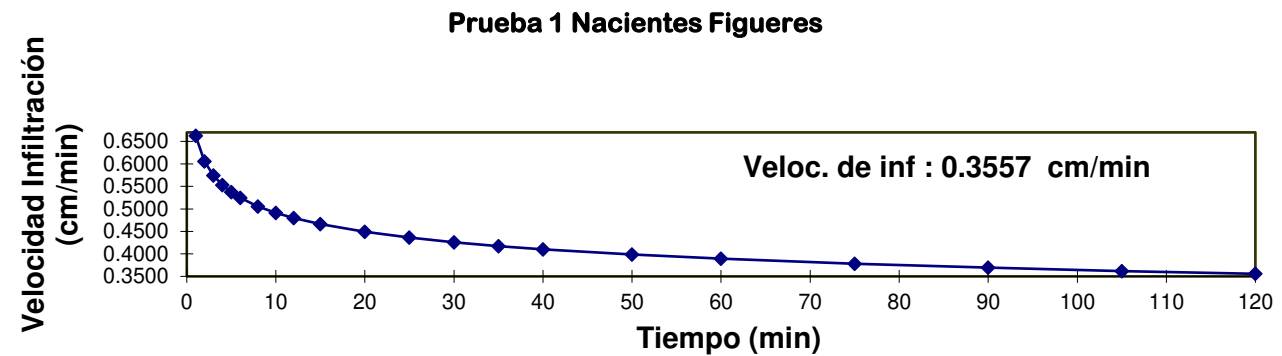
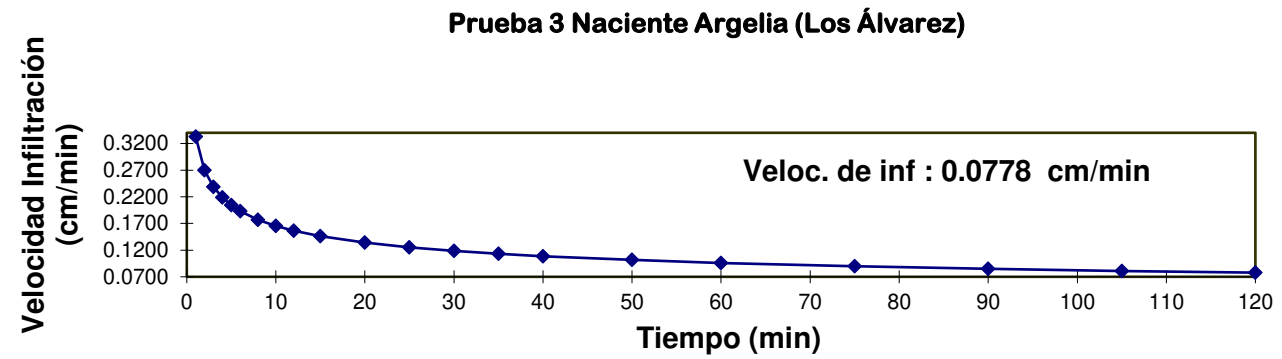
Este documento no puede reproducirse total ni parcialmente sin autorización del laboratorio.

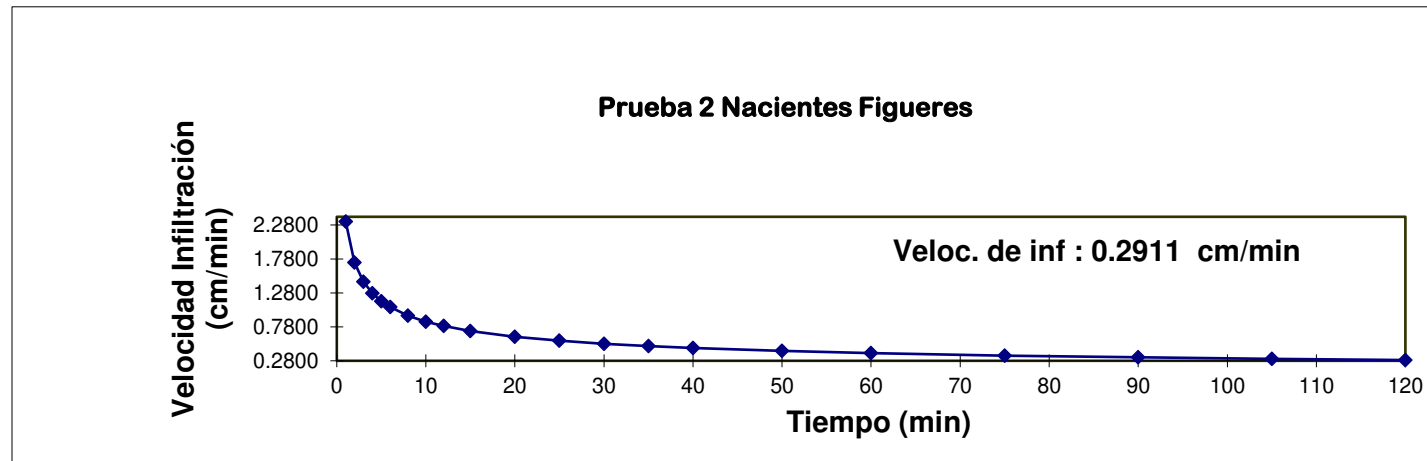
Las actividades se ejecutaron de acuerdo a los procedimientos respectivos, sin desvíos, modificaciones ni adiciones a los métodos o al Sistema de Gestión de Calidad.

Ultima Línea del Reporte de Resultados

Anexo 2: Resultado de las pruebas de infiltración de agua en el suelo.







Anexo 3: Análisis físico-químico de la naciente Buenos Aires #2.



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00110-2020

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 2279-5118
Fax: (506) 2279-5973
e-mail: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliete:	UNIDAD EJECUTORA HURACÁN OTTO	Proc. muestreo	***
Contacto:		Muestreado por	Morales Steven
SISTEMA:	ACUEDUCTO GAVILÁN DE DOS RÍOS DE UPALA	Fecha de muestreo	16-ene.-20
		Fecha de ingreso :	17-ene.-20
Muestreo:	POSIBLE NACIENTE B. AIRES	Fecha de Reporte:	23-ene.-20
Dirección:	Buenos Aires, Dos Ríos	Inicio Análisis MIC:	
		Teléfono:	42-52-34/ EXT. 5
PROVINCIA:	Alajuela	CANTON:	UPALA
e-mail:		Tipo de muestra:	Agua
		Fax:	
		Hora de recolección:	14:05

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	INCERT	LD	LC	VA	VMA	UNIDADES	METODO
Alcalinidad	*	20	1,0	2,0	3,0			mg/L	2320
Aluminio	*	N.D.	11,3	21,2	24,0		200	µg/L	3125 B Mo
Antimonio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		5	µg/L	3125 B Mo
Arsénico	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Cadmio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		3	µg/L	3125 B Mo
Calcio	*	7,0	1,0	1,5	2,0		100	mg/L	3500-Ca B
Cloruros	*	2,49	0,81	1,10	1,30	25	250	mg/L	4110B Cro
Cobre	*	N.D.	11,3	21,2	24,0	1000	2000	µg/L	3125 B Mo
Color Aparente	*	N.D.	1,0	2,0	4,0	5	15	UPt-Co	2120 C
Conductividad	*	72	1,0	2	4	400		µS/cm	2510
Cromo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		50	µg/L	3125 B Mo
Dureza de Calcio	*	17	2,0	2,0	3,0			mg/L	3500-Ca D
Dureza Total	*	26	2,0	2,0	3,0	300	400	mg/L	2340 C
Fluoruros	*	D.	0,027	0,040	0,100		0,7-1,5	mg/L	4110B Cro
Hierro	*	N.D.	11,3	21,2	24,0		300	µg/L	3125 B Mo
Magnesio	*	2,0	0,10	0,50	1,0	30	50	mg/L	3500 B
Manganeso	*	N.D.	11,3	21,2	24,0	100	500	µg/L	3125 B Mo
Mercurio	*	N.D.	0,18	0,18	0,19		1	µg/L	3125 B Mo
Niquel	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		20	µg/L	3125 B Mo
Nitratos	*	1,58	0,53	0,81	1,40		50	mg/L	4110B Cro
Nitritos	*	N.D.	0,026	0,040	0,10		0,1	mg/L	4110B Cro
Olor	**	Aceptable	N.A.	N.A.	N.A.	Aceptable	Aceptable		2150 B
pH	**	7,56	0,10	0,10	0,20	6,0-8,0			4500-H+
Plomo	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Potasio	*	1,6	0,80	1,0	1,5		10	mg/L	3500-K B
Selenio	*	N.D.	1,2	1,2	1,4		10	µg/L	3125 B Mo
Sodio	*	3,5	1,9	2,0	2,5	25	200	mg/L	3500-Na B
Sulfatos	*	7,17	0,79	0,81	1,60	25	250	mg/L	4110B Cro
Turbiedad	*	0,54	0,10	0,12	0,15	<1	5	UNT	2130 B
Zinc	*	N.D.	11,3	21,2	24,0		3000	µg/L	3125 B Mo

Página 1 de 2

Rige: 16/01/17
AYA

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-00110-2020

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 2279-5118
Fax: (506) 2279-5973
e-mail: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008
Alcance disponible en www.eca.or.cr

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida $k=2$ para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

VA.: Valor Alerta del Decreto Ejecutivo 38924-S

VMA.: Valor Máximo Admisible del Decreto Ejecutivo 38924-S

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater o un método oficial.

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

*** Muestreo y datos aportados por el cliente. Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Observaciones de Campo:

--

Observaciones:

En este análisis puntual, las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

Regla de decisión del Laboratorio Nacional de Aguas

-Cuando el resultado del ensayo sea igual o inferior al Valor Absoluto del Ministerio de Salud, únicamente se tomara en cuenta la incertidumbre hacia abajo, por lo cual el resultado siempre cumpliría con el reglamento respectivo.
-Cuando el resultado del ensayo sea superior al Valor Absoluto del Ministerio de Salud, únicamente se tomara en cuenta la incertidumbre hacia arriba, por lo cual el resultado siempre incumpliría con el reglamento respectivo.
Esta Regla de Decisión conlleva la posibilidad de que el resultado fluctúe dentro de un ambito debido a la incertidumbre asociada a cada método (riesgo estadístico).

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

Nuria Ma. Alfaro Herrera

MSC. Nuria Ma. Alfaro Herrera
Jefe del Laboratorio Química

Anexo 4: Análisis microbiológico de la naciente Argelia (ASADA de Rincón de la Vieja) y Buenos Aires #1 (ASADA El Gavilán-Buenos Aires).

Resultados del Control Microbiológico efectuado en agua por AyA en el Acueducto Rural RINCÓN DE LA VIEJA DE DOS RÍOS DE UPALA.
(del 01/01/1998 al 06/07/2020)

Del 01-01-1998 al 06-07-2020

Cliente DIVISION DE ACUEDUCTOS RURALES

Sistema RINCÓN DE LA VIEJA DE DOS RÍOS DE UPALA

Fecha	Reporte/Punto de muestreo/Dirección/canton/distrito/barrio	Tipo	Operación	Cloro	CT	CF	E.coli
05/06/1998	0000013196/NACIENTE ARGELIA/NACIENTE ARGELIA/UPALA/DOS RÍOS/	Agua de consumo	CAAR		93	93	
24/08/1998	0000014216/NACIENTE ARGELIA/NACIENTE ARGELIA/UPALA/DOS RÍOS/				>=2400	>=2400	
07/04/1999	0000016947/NACIENTE ARGELIA/NACIENTE ARGELIA/UPALA/DOS RÍOS/				43	Negativo	
03/11/1999	0000019940/NACIENTE ARGELIA/NACIENTE ARGELIA/UPALA/DOS RÍOS/				43	23	23
17/05/2001	0000028435/NACIENTE ARGELIA/NACIENTE ARGELIA/UPALA/DOS RÍOS/				43	Negativo	
03/09/2003	0000044345/NACIENTE ARGELIA/NACIENTE ARGELIA/UPALA/DOS RÍOS/					9.1	9.1
27/10/2006	0000066303/NACIENTE ARGELIA/NACIENTE ARGELIA/UPALA/DOS RÍOS/					9.1	9.1
26/01/2011	0000093011/NACIENTE ARGELIA/NACIENTE ARGELIA/UPALA/DOS RÍOS/			0.0		43	43
06/12/2011	0000099509/NACIENTE ARGELIA/Entrada clordor/UPALA/DOS RÍOS/					9.1	9.1
29/05/2013	0000110216/NACIENTE ARGELIA/NACIENTE ARGELIA/UPALA/DOS RÍOS/					9.1	9.1
14/05/2014	0000117032/NACIENTE ARGELIA/Dentro/UPALA/DOS RÍOS/					43	43
07/07/2016	0000131922/NACIENTE ARGELIA/Rebalse/UPALA/DOS RÍOS/					39	39
				Mín.	0.0	43	9.10
				Xg	0.0 ¹	112.16 ⁵	18.07 ⁸
				d	0	938	15.12
				Max.	0.0	2400	43

Resultados del Control Microbiológico efectuado en agua por AyA en el Acueducto Rural EL GAVILÁN DE DOS RÍOS DE UPALA.
(del 01/01/1998 al 06/07/2020)

Del 01-01-1998 al 06-07-2020

Cliente DIVISION DE ACUEDUCTOS RURALES

Sistema EL GAVILÁN DE DOS RÍOS DE UPALA

Fecha	Reporte/Punto de muestreo/Dirección/canton/distrito/barrio	Tipo	Operación	Cloro	CT	CF	E.coli
05/06/1998	0000013197/NACIENTE GAVILÁN/NACIENTE GAVILÁN/UPALA/DOS RÍOS/	Agua de consumo	CAAR		23	Negativo	
24/05/2001	0000028668/NACIENTE GAVILÁN/NACIENTE GAVILÁN/UPALA/DOS RÍOS/				Negativo	Negativo	
03/09/2003	0000044346/NACIENTE GAVILÁN/NACIENTE GAVILÁN/UPALA/DOS RÍOS/					Negativo	
22/11/2006	0000066716/NACIENTE GAVILÁN/NACIENTE GAVILÁN/UPALA/DOS RÍOS/					Negativo	
				Mín.	0	0	
				Xg	4.80 ²	Neg ⁴	
				d	11.50	0	
				Max.	23	0	
				Mín.	0	0	
				Xg	4.80 ²	Neg ⁴	
				d	11.50	0	
				Max.	23	0	



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

San José, Costa Rica

Apartado 1097-1200. Teléfono 2242-6516. vramos@aya.go.cr

MEMORANDO

PARA: Francisco Gonzalez Fallas
UEN Administración de Proyectos GSD

FECHA: 30 de julio del 2020

 Firmado
digitalmente por
VIVIANA RAMOS
SANCHEZ (FIRMA)
Fecha: 2020.07.30
14:02:58 -06'00'

DE: Viviana Ramos Sánchez
Dirección UEN Gestión Ambiental

No. UEN-GA-2020-03182

ASUNTO: Estudio hidrogeológico proyecto Rincón de la Vieja. Ref. GSD-UEN-AP-2020-00668

En atención a la solicitud realizada mediante el memorando GSD-UEN-AP-2020-00668, se adjunta el estudio hidrogeológico denominado “Cálculo de la zona de protección absoluta bacteriológica de las nacientes Argelia y Los Figueres (F1 y F2), Upala, Alajuela”. El cual elaborado por el Geól. José Daniel Vargas Bolaños.

A continuación, se citan las conclusiones indicadas en dicho estudio:

1.Geológicamente, en el área de estudio predominan depósitos volcánicos relacionados en las cercanías de las nacientes de interés, con las Formaciones Buena Vista y Monteverde, de edades Pleistoceno al Cuaternario.

2.Con base en las observaciones de campo en la zona de estudio se presenta en superficie la unidad de depósitos de lahar de textura variable entre arena media y limosa y de un espesor que ronda entre 5 y 10 m hacia las inmediaciones del sitio donde se ubica la naciente Argelia, así como espesores entre 2.5 y 15 m para el sector donde se localizan las nacientes de Los Figueres (F1 y F2) (Figura 8 y Figura 9).

Subyaciendo a la unidad de depósitos de lahar se encuentran las lavas de la Formación Monteverde, las cuales se presentan fracturadas en superficie (Foto 7 y Foto 8), que corresponden con el acuífero que da origen a las nacientes en estudio, y tienen la capacidad de generar caudales aforados que varían entre 14.91 L/s (naciente Argelia) y 31.82 L/s (naciente Los Figueres F2) (Cuadro 2 y Cuadro 3).

3.En gradiente hidráulico que presenta el acuífero en las inmediaciones de la naciente Argelia es de 0.050, determinado entre las líneas equipotenciales de 561 y 603 (Figura 10), con una dirección del agua subterránea hacia el noreste. Mientras que para las nacientes Los Figueres (F1 y F2) se determina un gradiente hidráulico de 0.167 entre las líneas equipotenciales de 650 y 655 (Figura 11) con una dirección del agua subterránea hacia el norte.

4.Los parámetros hidráulicos de transmisividad y conductividad hidráulica calculados a partir de los datos de las pruebas de infiltración del suelo para la caracterización de la zona saturada indican un valor de $333 \text{ m}^2/\text{d}$ para la transmisividad y de 7.93 m/d para la unidad hidrogeológica que da origen a ambas nacientes.

5.A partir del cálculo del tiempo de tránsito de contaminantes, se ha determinado que el tiempo de tránsito de contaminantes para la zona no saturada será de 0.75 días. Por lo que, la distancia horizontal que deberán recorrer las bacterias patógenas una vez alcanzado el acuífero hasta degradarse, es de 395 m para la naciente Argelia. Por otro lado, el tiempo de tránsito de contaminantes para la zona no saturada de las nacientes Los Figueres (F1 y F2) será de 0.94 días, de manera que la distancia horizontal que deberán de recorrer las bacterias patógenas una vez alcanzado el acuífero hasta degradarse es de 1310 m.

6.Se establece una Zona Operacional de Protección Absoluta para cada una de las nacientes en estudio de 15 m alrededor de ellas (Figura 12 y Figura 13).

Se debe indicar que esta área debe estar bajo el control del ente administrador que realizará la explotación del recurso hídrico. En ella no se deberán permitir actividades que no estén relacionadas con la extracción misma del agua y además, estas actividades requerirán ser evaluadas y controladas cuidadosamente para evitar la posibilidad de que los contaminantes alcancen los niveles de agua subterránea, ya sea de forma directa o a través de alteraciones del terreno en las cercanías.

7.En resumen, las dimensiones que fueron determinadas para definir la zona de protección absoluta de las nacientes en estudio son las siguientes:

Área Especial de Protección		
Naciente	Zona Operacional de Protección Absoluta	Zona de Protección Absoluta Bacteriológica
		Largo y ancho (m) aguas arriba y a cada lado de la naciente
Argelia	30 m de largo por 30 m de ancho	395 m de largo, ancho variable según hidrogeomorfología
Los Figueres (F1 y F2)	35 m de largo por 30 m de ancho	1310 m de largo, ancho variable según hidrogeomorfología

Se indica que desde el criterio técnico hidrogeológico el área mínima para protección bacteriológica de las nacientes en estudio es de 900 m², donde la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del agua subterránea determinada en esta zona es alta.

8.A partir del cálculo de la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación, mediante la metodología de *G.O.D.*, se determina que la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación para la Zona Operacional de Protección Absoluta y la Zona de Protección Absoluta de la naciente Argelia y las nacientes Los Figueres (F1 y F2), corresponde con una vulnerabilidad a la contaminación alta (Figura 12 y Figura 13).

9.Se debe considerar que dentro de la Zona Operacional de Protección Absoluta y la Zona de Protección Absoluta, no se debe permitir ningún tipo de actividad antrópica que genere flujos o lixiviados que contengan o generen contaminantes de tipo advectivo (aquellos que se mueven con o como el agua), tales como los de origen patógeno y mucho menos de otros tipos de contaminantes más agresivos para el medio hidrogeológico o nocivos para la salud (productos químicos como pinturas u otros; fertilizantes, pesticidas, agroquímicos hidrosolubles o hidrofóbicos, hidrocarburos o derivados del petróleo, entre otros).

10.Entiéndase que la Zona de Protección Absoluta es un área total de resguardo, implica no admitir; por ejemplo, el uso del terreno para instaurar desarrollos de vivienda de cualquier tipo dentro de dicha zona de resguardo, especialmente si el diseño de sitio implica la implementación de tanques o fosas sépticas, así como, que no se deben de realizar ni utilizar letrinas en esta área. Se indica que fuera de dicha área establecida, el

espacio es aprovechable para otros posibles usos del terreno, que sean amigables con el ambiente.

11.En cuanto a la calidad del agua subterránea de las nacientes en estudio, la única que cuenta con un análisis físico-químico realizado por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) del AyA, es la naciente de Los Figueres (F2), la cual se encuentre sin captar y concluye en su reporte que, las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N. 38924-S.

12.En relación con los análisis microbiológicos realizados por el LNA del AyA, para la naciente Argelia (Los Álvarez) se contabilizan coliformes fecales entre 9.1 y 2400 para muestras analizadas entre los años 1998 y 2016. Las cuales se relacionan a la presencia de ganado abundante en los terrenos aguas arriba de esta naciente. Por lo que, se debe garantizar el resguardo de la zona de protección bacteriológica determinada, a partir del tiempo de tránsito de contaminantes, para mantener una calidad del agua subterránea adecuada. Además, se deben de realizar análisis microbiológicos actualizados para esta naciente. Mientras que, para la naciente Los Figueres (F1), se cuenta con análisis entre los años 1998 y 2006, donde se observan resultados negativos, el uso del suelo en los alrededores de las fuentes de Los Figueres corresponde con cobertura boscosa. Sin embargo, de igual manera se recomienda que se realicen análisis microbiológicos actualizados para esta naciente.

C: Yamileth Astorga Espeleta, Presidencia Ejecutiva
Florentino Fernandez Venegas, Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo
Fernando Vílchez Rojas, UEN Administración de Proyectos GSD
Christian Delgado Segura, UEN Gestión Ambiental
Jahaira Espinoza Chavarria, UEN Administración de Proyectos GSD
Isabel Fallas Salamanca, UEN Gestión Ambiental
Cristian Morales Quesada, Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo
Ashley Barboza Aviles, Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo
Archivo 892