

**-INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
UEN DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL RECURSO HÍDRICO
ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA**



**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE
PROTECCIÓN ABSOLUTA Y ZONA DE RECARGA DE LAS NACIENTES DE
DESAMPARADITOS**

DESAMPARADITOS, PURISCAL, SAN JOSE



Iglesia de Puriscal

Elaboró: Geól. Cristina Castanedo Sotela

Colaboró: Geól. José Daniel Vargas Bolaños

**Asistencia en trabajo de campo:
Gestores Expertos: Sr. Marvin Gómez, Sr. Carlos Murillo
Personal de la Oficina Cantonal de Puriscal
Personal de la ASADA de Desamparaditos**

**Supervisión, Revisión y VB°:
MSc. Viviana Ramos Sánchez, Hidrogeóloga
Dirección UEN Gestión Ambiental
Abril 2018**



**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, Annette Henchoz Castro

N° Cédula: 1-0725-0409

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como Sub 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, Catálogo en línea (OPAC) y la intranet institucional de 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: centrodoc@aya.go.cr **N° Teléfono:** 2242-5487

Annette
Henchoz Castro

Firmado digitalmente por
Annette Henchoz Castro
Fecha: 2019.11.25 16:07:20
-05'00'

Firma: _____

Índice

I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. UBICACIÓN CARTOGRÁFICA.....	4
III. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	6
IV. HIDROGEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	11
4.1. Parámetros hidráulicos	11
4.2 Resultados de pruebas infiltración	16
4.3 Zona de protección de la Fuente n° 1 AyA.....	21
4.4 Zona de protección de la fuente n° 2 AyA.....	27
4.5 Zona de protección de la fuente n° 3 AyA.....	33
4.6 Zona de protección de la fuente n° 4 AyA.....	38
4.7 Zona de protección de la fuente n° 5 AyA.....	43
4.8 Zona de protección de la fuente n° 6 AyA.....	48
4.9 Zona de protección de la fuente El Encanto, ASADA Desamparaditos.....	54
V. ESTADO DE LAS CAPTACIONES.....	61
VI. CALIDAD DE AGUA	62
VII. CONCLUSIONES.....	63
VIII. RECOMENDACIONES.....	65
IX. REFERENCIAS.....	66
X. ANEXOS	67

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN DE LAS NACIENTES DE DESAMPARADITOS, PURISCAL

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio fue realizado en atención a la solicitud de la Gerencia General como ampliación del Estudio Hidrogeológico Desamparaditos, Barbacoas, Santiago, San Antonio, Cañales y Garita de Puriscal, San José, presentado en noviembre de 2017, por medio del memorando **UEN-GA-2017-01634**, para definir la zona de protección de las 7 nacientes de Desamparaditos de Puriscal.

Adicional a las inspecciones de campo realizadas anteriormente y citadas en el Estudio Hidrogeológico Desamparaditos, Barbacoas, Santiago, San Antonio, Cañales y Garita de Puriscal, San José; se realizaron dos inspecciones más, comprendidas entre los días 5 al 7 y 19 al 21 de febrero de 2018, donde las labores realizadas durante esos días fueron:

- Reconocimiento geológico-hidrogeológico del área.
- Establecimiento de puntos para la realización de pruebas de infiltración.
- Realización de pruebas de infiltración.

1.1 Objetivo General

Determinar la zona de protección y la zona de recarga de las 7 Nacientes de Desamparaditos.

1.2 Objetivos Específicos

- Recopilar toda la información base pertinente.
- Analizar la geología local de la zona de estudio y realizar una valoración hidrogeológica de la zona.
- Plantear el modelo conceptual hidrogeológico de sitio.
- Analizar las pruebas de campo: infiltración y aforos.
- Conclusiones y recomendaciones del caso.

II. UBICACIÓN CARTOGRÁFICA

La zona de estudio se encuentra en la subzona A, definida en el del Estudio Hidrogeológico Desamparaditos, Barbaçoas, Santiago, San Antonio, Cañales y Garita de Puriscal, San José. La Subzona de A, Desamparaditos, se muestra en la **Figura 1** entre las coordenadas Este 496500 – 499000 m y Norte 205000 - 208000 m, Costa Rica Lambert Norte, hoja topográfica Rio Grande (IGNCR), a escala 1:50000.

La Cuenca de Desamparaditos tiene un área de 4046936 m². (**Figura 1**). En su interior se registraron dos nacientes de la ASADA y seis del AyA, así como algunas sin captar. En esta zona no se registraron pozos ni artesanales ni profundos.

Específicamente, la naciente n°1 del AyA se ubica en las coordenadas Norte 206980 m, Este 497992 m Lambert Norte, elevación 799.17 msnm. La naciente n°2 del AyA se ubica en las coordenadas Norte 207043, Este 498094 Lambert Norte, elevación 791.65 msnm. La naciente n°3 del AyA se ubica en las coordenadas Norte 207043, Este 498327, elevación 793.94 msnm. La naciente n°4 del AyA se ubica en las coordenadas Norte 207036, Este 498335, elevación 788.92 msnm, Costa Rica Lambert Norte. La naciente n°5 del AyA se ubica en las coordenadas Norte 207042, Este 498339, Lambert Norte, elevación 788.92 msnm. La naciente n°6 del AyA se ubica en las coordenadas Norte 207042 m, Este 498355 m, Lambert Norte, elevación 784.62 msnm. (**Figura 1**).

La naciente del Encanto de la ASADA de Desamparaditos se ubica en las coordenadas Norte 206764 m, Este 498567 m, Lambert Norte, elevación 826.57 msnm. La naciente El Trapiche de la ASADA de Desamparaditos se ubica en las coordenadas Norte 207067 m, Este 498187 m, Lambert Norte, elevación 799.73 msnm. (**Figura 1**).

La ubicación de las nacientes se indica en la **tabla 1**.

Tabla 1. Coordenadas de las Nacientes.

Naciente	Y (m) - Norte	X (m) - Este	Z (m) - Elevación	Q (l/s)
Fuente 1 AyA	206980	497992	801	1.17 **
Fuente 2 AyA	207043	498094	798	1*
Fuente 3 AyA	207043	498327	789	1*
Fuente 4 AyA	207036	498335	795	2*
Fuente 5 AyA	207042	498339	791	5*
Fuente 6 AyA	207042	498355	787	1*
El Encanto ASADA	206764	498567	828	13.34*

*Tomado: Estudios Básicos, 2018. **Tomado: Sergio Bermúdez, Cantonal Puriscal.

Las coordenadas fueron tomadas en el campo con GPS marca Garmin Monterra (precisión del dato de ubicación: ±3 m).

La **Figura 1**, es un mapa que detalla la ubicación de las nacientes y de la zona estudiada. Además, se indican los ríos y quebradas aledañas, así como otros detalles de referencia de la base cartográfica.

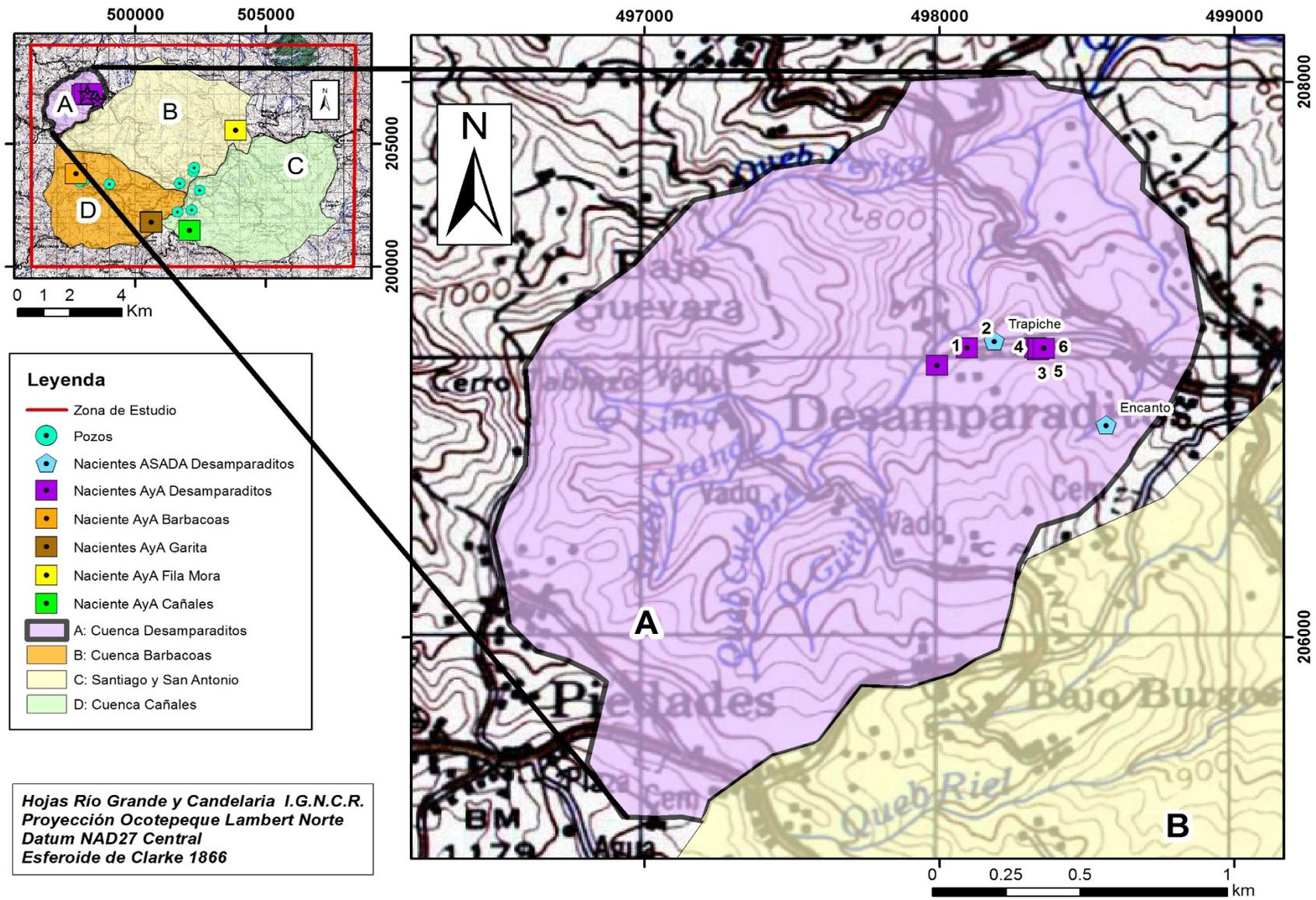


Figura 1: Ubicación zona de estudio

Elaboró: Geól. Cristina Castanedo.

Febrero 2018

III. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Geología Regional

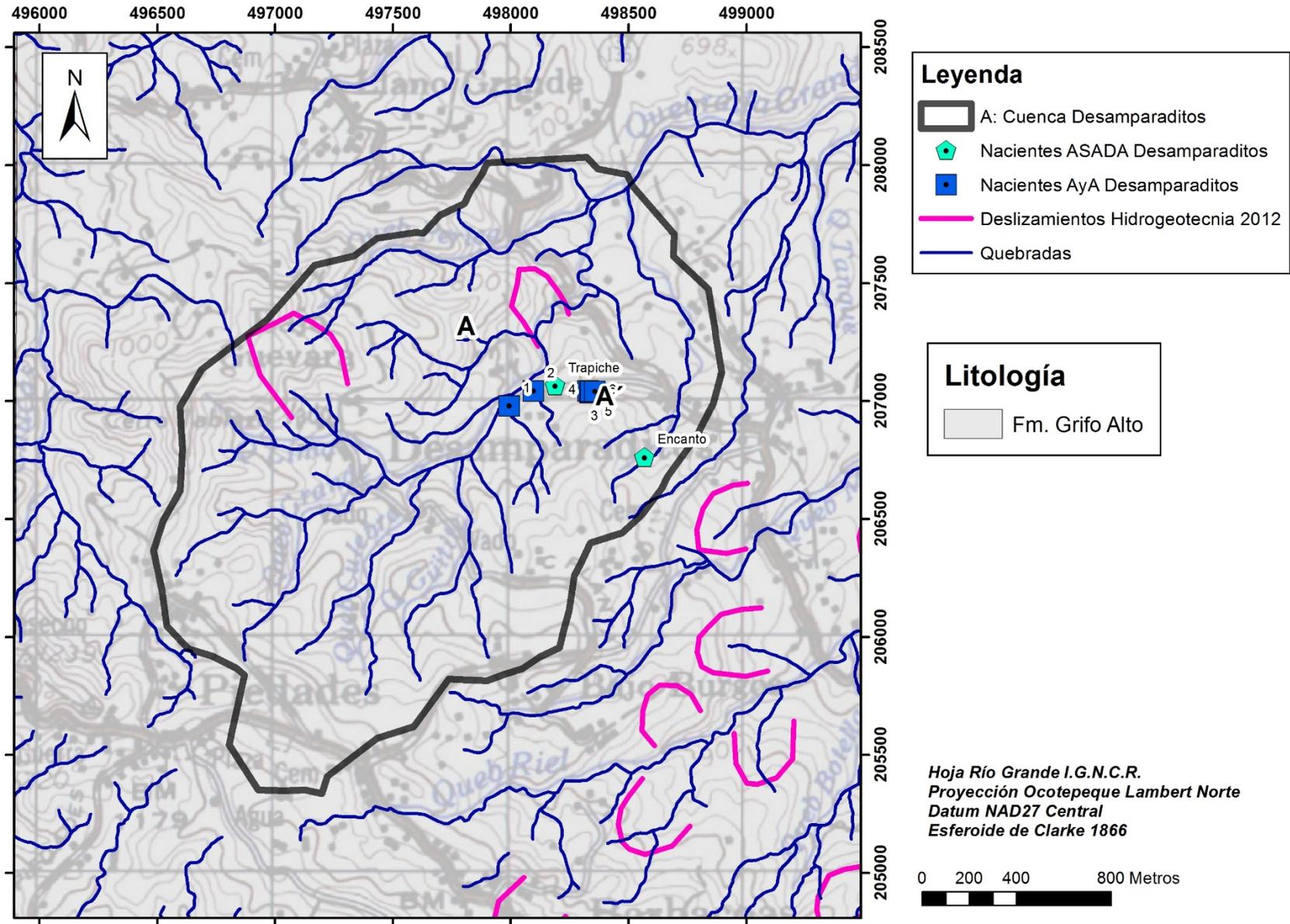
La zona de estudio se encuentra constituida por andesitas y flujos piroclásticos de la Formación Grifo Alto (Arias & Denyer, 1991). Primeramente (Crosby, 1940) definió la zona como rocas sedimentarias plegadas asociadas con lavas y tobas sobre un basamento de rocas ígneas.

En la zona de estudio, aflora la siguiente unidad (**Figura 2**):

Formación Grifo Alto:

Definida por Denyer y Arias (1991), indican que está formada por rocas volcánicas andesíticas y piroclastos que sobreyacen a los depósitos sedimentarios y volcánicos post basculamiento. Su espesor puede llegar a más de 1000 m. Las lavas andesíticas normalmente tienen alto contenido de fenocristales de augita y hornblenda. Normalmente son de colores grises, aunque también se encuentran colores rojizos. Los flujos piroclásticos en ocasiones presentan una granulometría gruesa, con bloques lávicos y escoriáceos decimétricos, angulares y en menor cantidad redondeados, soportados en una matriz de condición lodosa pero soldada, depositados en caliente. También la Formación Grifo Alto se conforma de ignimbritas de color gris, con tobas de color blanco en el techo. En base a las dataciones de Bergoeing (1982) y de Bellon y Turnon (1978), los autores mencionados, establecen como límite inferior de esta formación el Plioceno, mientras mencionan que el límite superior es muy problemático, sin embargo, extienden el periodo de origen hasta el Pleistoceno.

Denyer & Arias (1991), describen que esta formación sobreyace discordantemente a las formaciones La Cruz y Coris, a su vez es sobreyacida por las Lavas Intracañón y los Depósitos de Avalancha Ardiente.



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
 UEN Gestión Ambiental - Área Funcional de Hidrogeología

Figura 2: Mapa Geológico

Elaboró: Geól. Cristina Castanedo.

Abril 2018

Amenazas sísmica:

Según la Comisión Nacional de Emergencias (CNE), la actividad sísmica local y superficial representa la mayor amenaza para el cantón de Puriscal; tal como lo han demostrado los sismos de finales de la década de los 80 y principios de los 90 y la gran cantidad de fallas y alineamientos localizados alrededor de la ciudad de Santiago.

También debe tomarse en cuenta en 1924 un evento sísmico localizado cerca de la ciudad de Orotina, causó daños considerables en la región.

Durante 1990 y en varios períodos de actividad el cantón de Puriscal se vio fuertemente afectado, por la reactivación de fuentes sísmicas muy cercanas a la Ciudad de Santiago, (al NE, NW y la misma ciudad).

Uno de los efectos de los sismos es la aceleración de los deslizamientos en la zona.

Amenaza al Deslizamiento:

El deslizamiento de Puriscal ha sido un tema muy estudiado. Los primeros reportes de estudio son de 1984 realizados por IMNSA (informe inédito de consultoría, Estudio de suelos Mercado Municipal de Puriscal, 1984) seguido de numerosos estudios entre ellos Mora et al. 1990, Peraldo y Molina 1993. En base a estudios fotogeológicos se estima un área activa entre 86,7 Ha – 194,3 Ha (Peraldo, 1996). En el Atlas 2008, el área delimitada del deslizamiento de Puriscal es de de 397 Ha.

Según Comisión Nacional de Emergencias (CNE) el Cantón de Puriscal es uno de los más vulnerables al deslizamiento. Además, se ubica en dicho cantón el deslizamiento más grande del país (y posiblemente de la región) en el sector de mayor densidad de población. Se ha comprobado que en periodos de actividad sísmica y de fuertes lluvias se acelera sustancialmente el movimiento, manifestándose grietas en las carreteras y edificios. En la periferia del deslizamiento de Puriscal, se encuentran otros de menor tamaño, pero de muy importantes como son los Deslizamientos de: San Rafael, Barbacoas, Bajo Burgos, Charcón - San Francisco, San Juan, Los Ángeles y Bajo Claras. En la **figura 2** se presenta un mapeo de los deslizamientos en la zona realizado por Hidrogeotécnia y la CNE, 2012.

Según Madrigal & Rojas, 1980, el deslizamiento de Puriscal se mueve lentamente desde donde se ubicaba el antiguo Hospital que fue destruido por la misma causa, hacia el noroeste, siguiendo la quebrada Cirrú y luego dobla hacia el noreste hasta llegar al río Picagres. Su longitud aproximada es de 2 800 metros, con un ancho promedio de 300 metros y una pendiente de 15°. La pendiente obedece a una serie de escalonamientos del terreno, los cuales son viejos saltos de grietas provocados por el movimiento. Las grietas tienen dirección dominante de N 60° E a N 50° E lo que indica una fuerza de atracción hacia el NW o sea hacia la dirección que sigue la mencionada quebrada Cirrú.

3.2. Geología Local

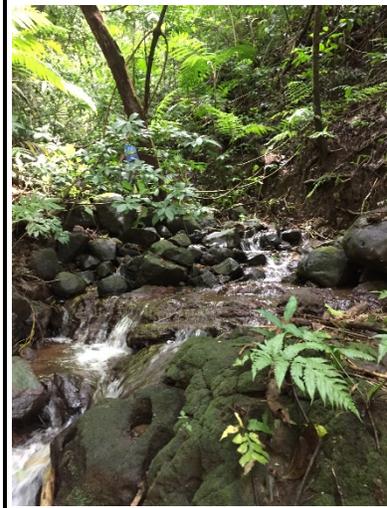
Respecto a la geología local en las inmediaciones de las nacientes afloran coluvios en las quebradas, compuestos por bloques subredondeados heterogéneos de tamaño variado, desde 20 cm hasta 2,5 m de diámetro (**fotografía 1, 2 y 3**).



Fotografía 1. Coluvio. Coordenada N 207023 m, E 498207 m, Costa Rica Lambert Norte.



Fotografía 2. Bloques heterogéneos subredondeados. Coordenada N 207050 m, E 498100 m, Costa Rica Lambert Norte.



Fotografía 3. Bloques heterogéneos subredondeados. Coordenada N 206738 m, E 498610 m, Costa Rica Lambert Norte.

Además hay presencia de coladas de lavas andesíticas, que forman pequeñas cataratas de unos 3 m de alto aproximadamente, con fracturamiento milimétrico a centimétrico (**fotografía 4**).



Fotografía 4. Coladas de lavas andesíticas con fracturamiento. Coordenada N 206982 m, E 497970 m, Costa Rica Lambert Norte.

Los materiales que predominan son brechas volcánicas, formadas por bloques sub-redondeados de lavas de composición andesítica, meteorizadas, envueltos en una matriz consolidada de grano medio. (fotografía 5).



Fotografía 5. Brechas volcánicas. Coordenada N 206768 m, E 498588 m, Costa Rica Lambert Norte.

Existen bloques de andesita (fotografía 6 y 7) ubicados sobre el suelo limo arcilloso, producido por la alteración de materiales volcánicos de la formación Grifo Alto. Algunos de estos bloques, se encuentran in situ y otros han sido removidos naturalmente ladera abajo, debido a la alta pendiente que predomina en la zona.



Fotografía 6. Bloque de andesita. Coordenada N 206982 m, E 498068 m, Costa Rica Lambert Norte.



Fotografía 7. Detalle de bloque de andesita. Coordenada N 206990 m, E 498066 m, Costa Rica Lambert Norte.

IV. HIDROGEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Parámetros hidráulicos

En la planta de la **figura 3**, se ubica el perfil hidrogeológico A-A (**figura 4**) donde se puede observar la ubicación de las nacientes, la litología y el nivel del agua de la zona.

En el perfil se determina que las fuentes afloran en la Formación Grifo Alto, en materiales volcánicos andesíticos y piroclásticos.

La zona en estudio está compuesta por un nivel superficial libre, de bajo potencial hidrogeológico, en brechas volcánicas y coluvios, que rige el comportamiento hidrogeológico de las quebradas y nacientes. El nivel tiene valores máximos de 15 m de profundidad.

Existen dos direcciones de flujo de agua subterránea. Una dirección de flujo es en dirección N-NW, con un gradiente hidráulico entre la fuente 1, con la isofreática de 800 mbns y la isofreática de 810 mbns de 0.392 m/m. La otra dirección de flujo es hacia el NE, con un gradiente hidráulico entre la naciente 3, con la isofreática de 845 mbns y la Naciente 1, con la isofreática de 825 mbns de 0.304 m/m. (**Figura 5**)

En la **tabla 2**, se muestran los caudales mínimos de cada naciente, los cuales son los recomendados por parte de Estudios Básicos por medio del memorando UEN-GA-2018-00495 “Informe Preliminar de mediciones de caudal en Desamparaditos de Puriscal” para el cálculo de la zona de protección.

Tabla 2. Caudales de las Nacientes

Naciente	Caudal (l/s)	Dato aportado por
Fuente 1 AyA	1.17	Sergio Bermudez, AyA
Fuente 2 AyA	1	Estudios Básicos, 2018.
Fuente 3 AyA	1	
Fuente 4 AyA	2	
Fuente 5 AyA	5	
Fuente 6 AyA	1	
El Encanto ASADA	13.34	

En base a la información de la prueba de bombeo del pozo RG-745, (**Fotografía 24**) con coordenadas N 202311, E 502172 m (Anexo I) y ubicado en la misma formación geológica de Grifo Alto, se obtuvo las características del acuífero para las nacientes, las cuales se detallan en la tabla 3.

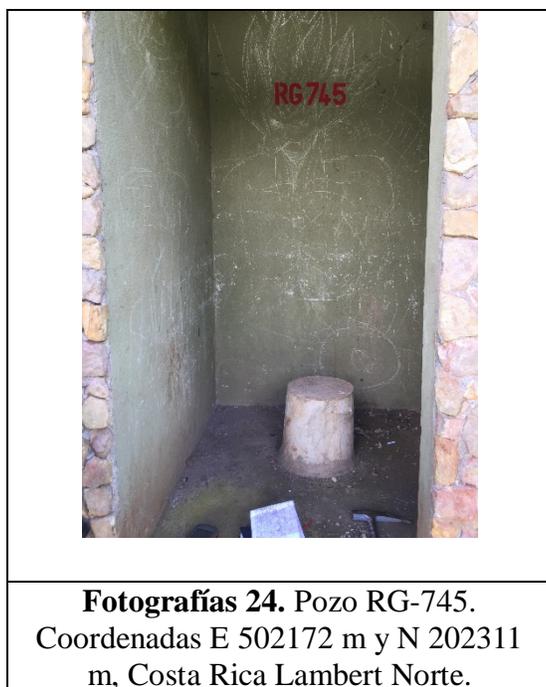


Tabla 3. Características del acuífero

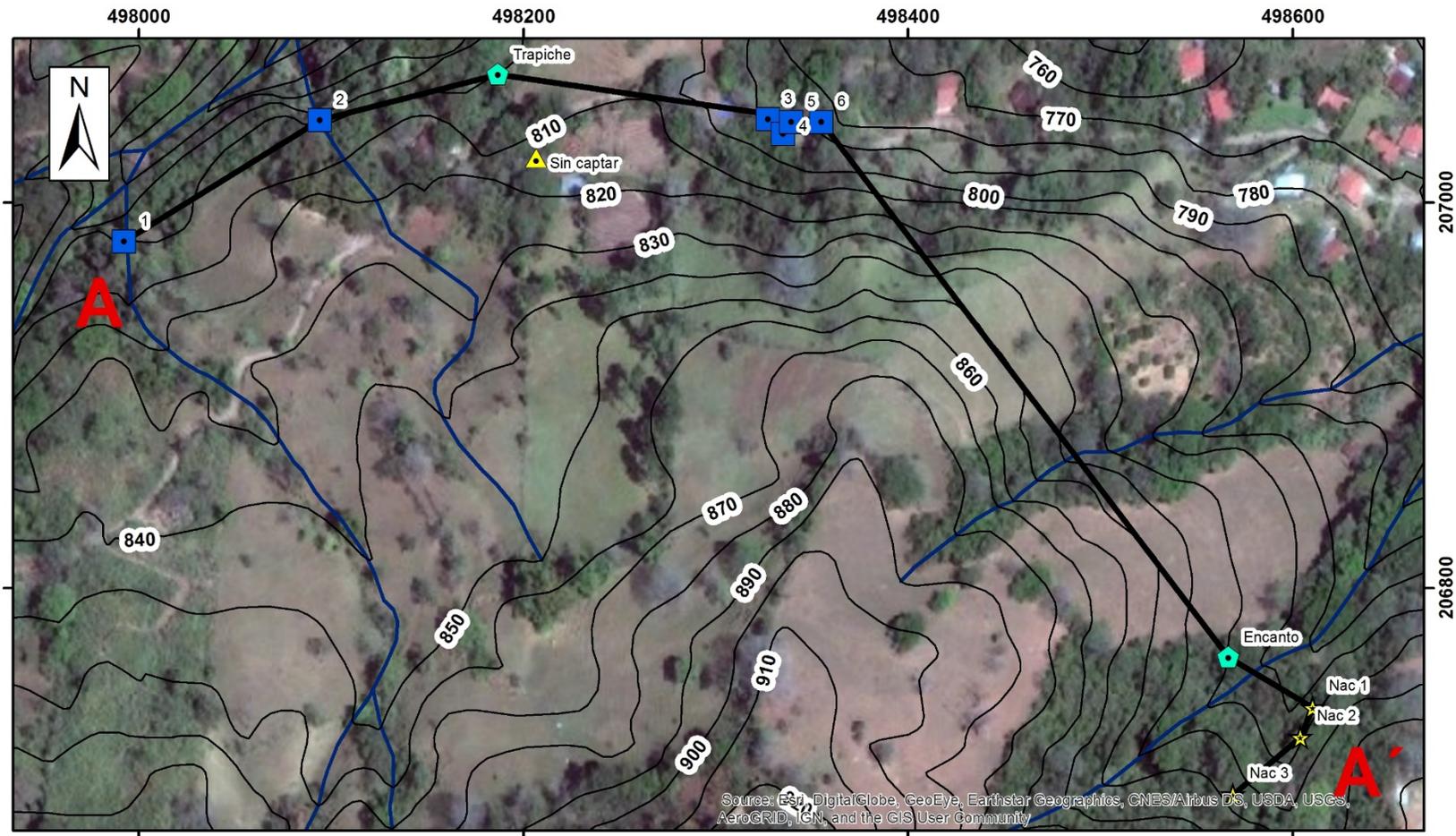
Parámetros Hidráulicos del Acuífero		
Pozo	T(m ² /día)	Método
RG-745	60	Galofré

En la **tabla 4** se adjuntan los datos del nivel estático y dinámico del pozo RG-745.

Tabla 4. Niveles estáticos y dinámicos del pozo RG-745

Pozo	Coordenadas Este (m)	Coordenadas Norte (m)	Nivel Dinámico (m)	Nivel Estático (m)
RG-745	502172	202311	10	7

Con los datos analizados se elaboraron las líneas isofreáticas para la zona de las nacientes, las cuales se muestran en la **Figura 5**.



Hoja Río Grande I.G.N.C.R.
 Proyección Ocotepaque Lambert Norte
 Datum NAD27 Central
 Esferoide de Clarke 1866

Leyenda

★	Naciente Sin Captar ASADA	—	Perfil 1 Desamparaditos (A - A')
▲	Naciente Sin Captar AyA ni ASADA	—	Curvas
◆	Nacientes ASADA Desamparaditos	—	Quebradas
■	Nacientes AyA Desamparaditos		



Figura 3: Ubicación de nacientes Desamparaditos y Perfil

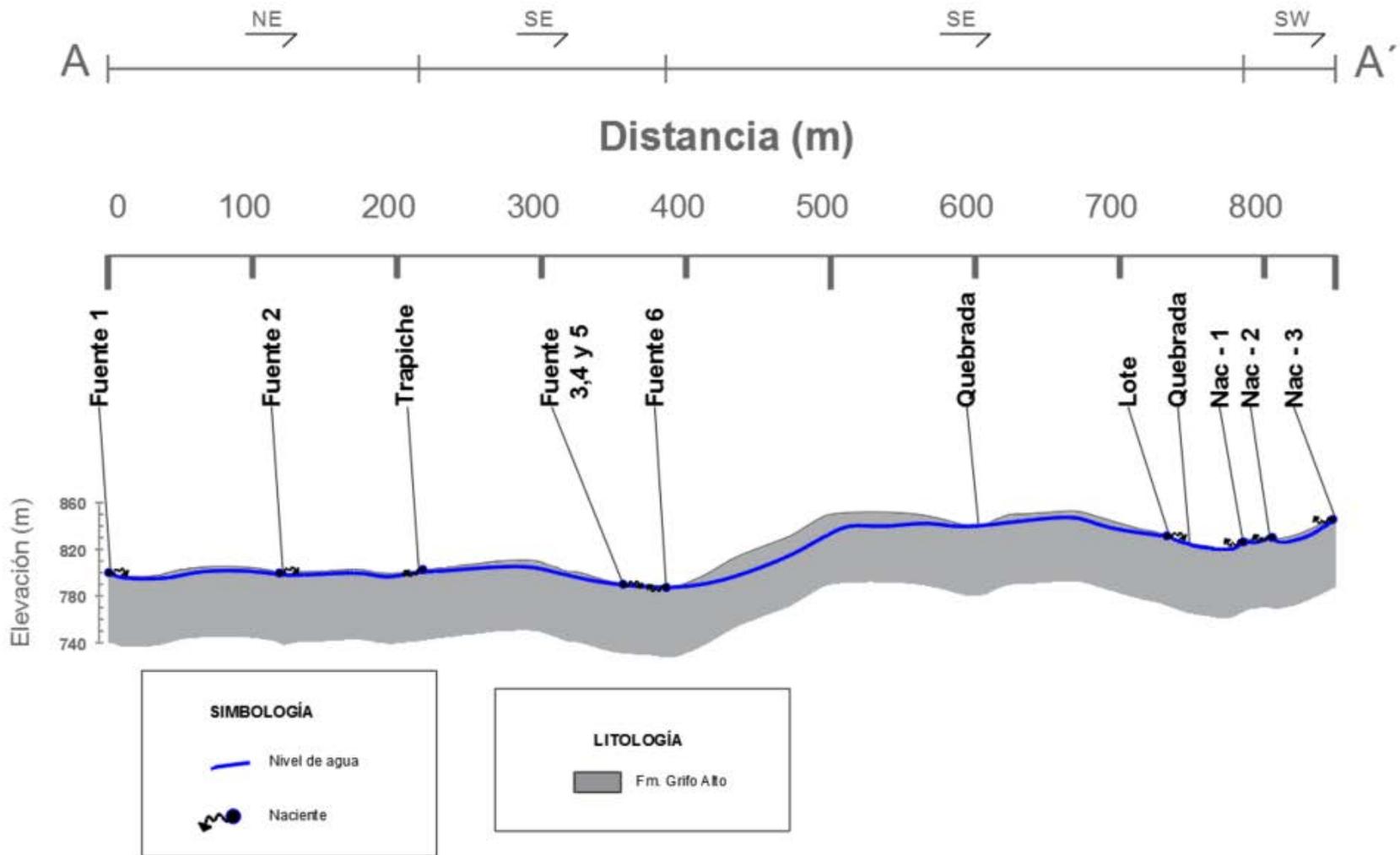
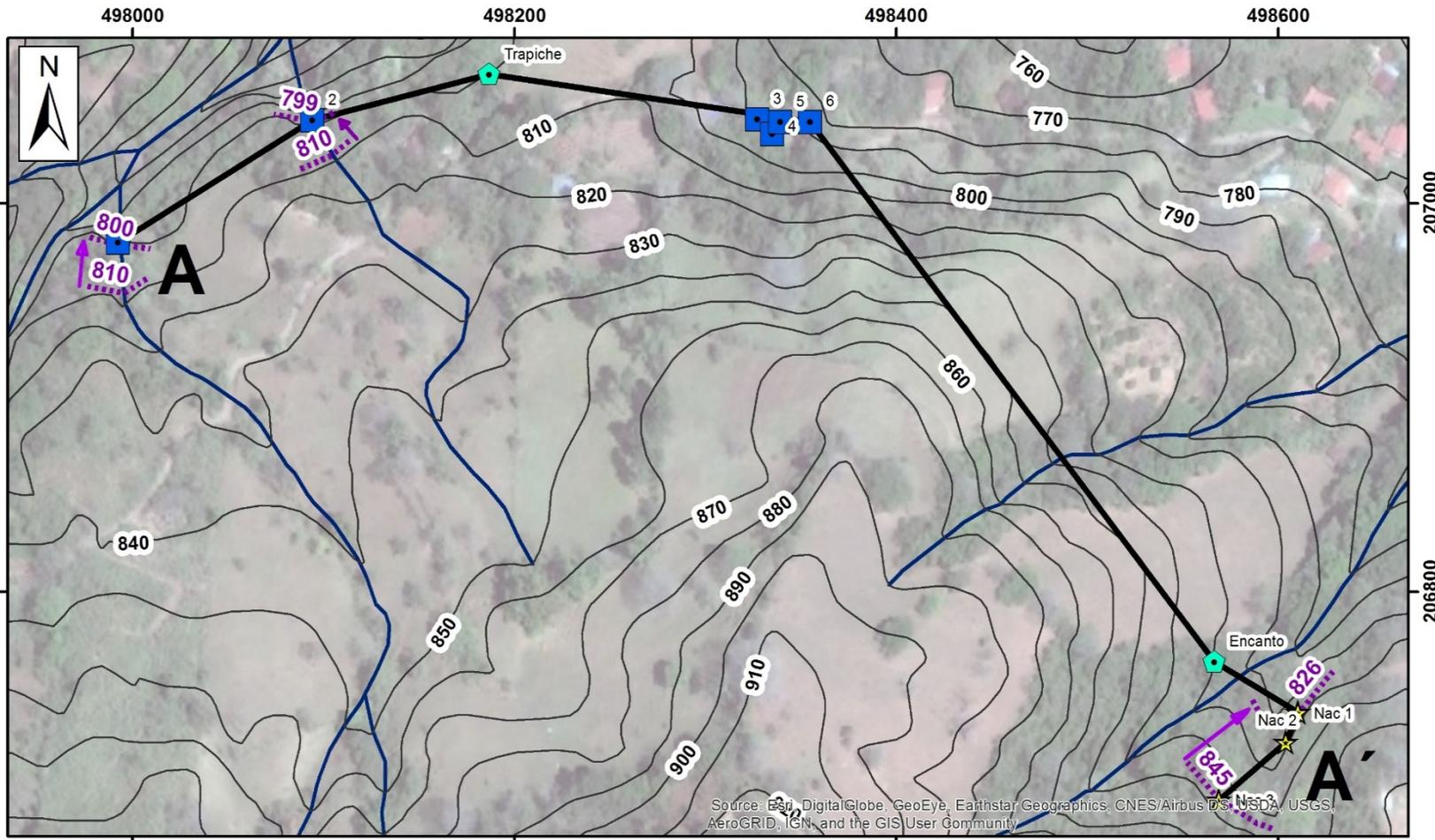


Figura 4. Perfil Hidrogeológico



0 25 50 100 Metros

Hoja Río Grande I.G.N.C.R.
 Proyección Ocotepaque Lambert Norte
 Datum NAD27 Central
 Esferoide de Clarke 1866

Leyenda

- ★ Naciente Sin Captar ASADA
- Nacientes ASADA Desamparaditos
- Nacientes AyA Desamparaditos
- Isofreáticas
- Perfil 1 Desamparaditos (A - A')
- Curvas
- Quebradas
- ↗ Dirección del flujo



Figura 5: Isofreáticas Desamparaditos

4.2 Resultados de pruebas infiltración

Los días 5, 6, 7, 19, 20 y 21 de febrero de 2018, se realizaron en total 16 pruebas de infiltración, por medio de la metodología del doble anillo (Kostiakov). Las pruebas se realizaron en materiales representativos de la zona. Se ubicaron una en cada nacimiento, o grupo de nacientes, y al menos dos aguas arriba, en la dirección del flujo de las aguas subterráneas.

En la **Figura 6** se detalla la ubicación de estas pruebas con respecto a las nacientes.

A continuación, se muestran las **fotografías de la 8 a la 23** de cada prueba.

		
<p>Fotografía 8. Prueba n°1. Coordenadas E 498339 m y N 207050 m, Costa Rica Lambert Norte.</p>	<p>Fotografía 9. Prueba n°2. Coordenadas E 498168 m y N 206939 m, Costa Rica Lambert Norte.</p>	<p>Fotografía 10. Prueba n°3. Coordenadas E 498058m y N 206904 m, Costa Rica Lambert Norte.</p>
		
<p>Fotografía 11. Prueba n°4. Coordenadas E 498077 m y N 207018 m, Costa Rica Lambert Norte.</p>	<p>Fotografía 12. Prueba n°5. Coordenadas E 498025 m y N 206984 m, Costa Rica Lambert Norte.</p>	<p>Fotografía 13. Prueba n°6. Coordenadas E 498051 m y N 206797 m, Costa Rica Lambert Norte.</p>



Fotografía 14. Prueba n°7.
Coordenadas E 498177 m y N
206840 m, Costa Rica Lambert
Norte.



Fotografía 15. Prueba n°8.
Coordenadas E 498570 m y N
206753 m, Costa Rica Lambert
Norte.



Fotografía 16. Prueba n°9.
Coordenadas E 498302 m y N
206972 m, Costa Rica Lambert
Norte.



Fotografía 17. Prueba n°10.
Coordenadas E 498302 m y N
206934 m, Costa Rica Lambert
Norte.



Fotografía 18. Prueba n°11.
Coordenadas E 498302 m y N
206972 m, Costa Rica Lambert
Norte.



Fotografía 19. Prueba n°12.
Coordenadas E 498302 m y N
206972 m, Costa Rica Lambert
Norte.



Fotografía 20. Prueba n°13.
Coordenadas E 498440 m y N
206697 m, Costa Rica Lambert
Norte.



Fotografía 21. Prueba n°14.
Coordenadas E 498190 m y N
206586 m, Costa Rica Lambert
Norte.



Fotografía 22. Prueba n°15.
Coordenadas E 498171 m y N
206488 m, Costa Rica Lambert
Norte.

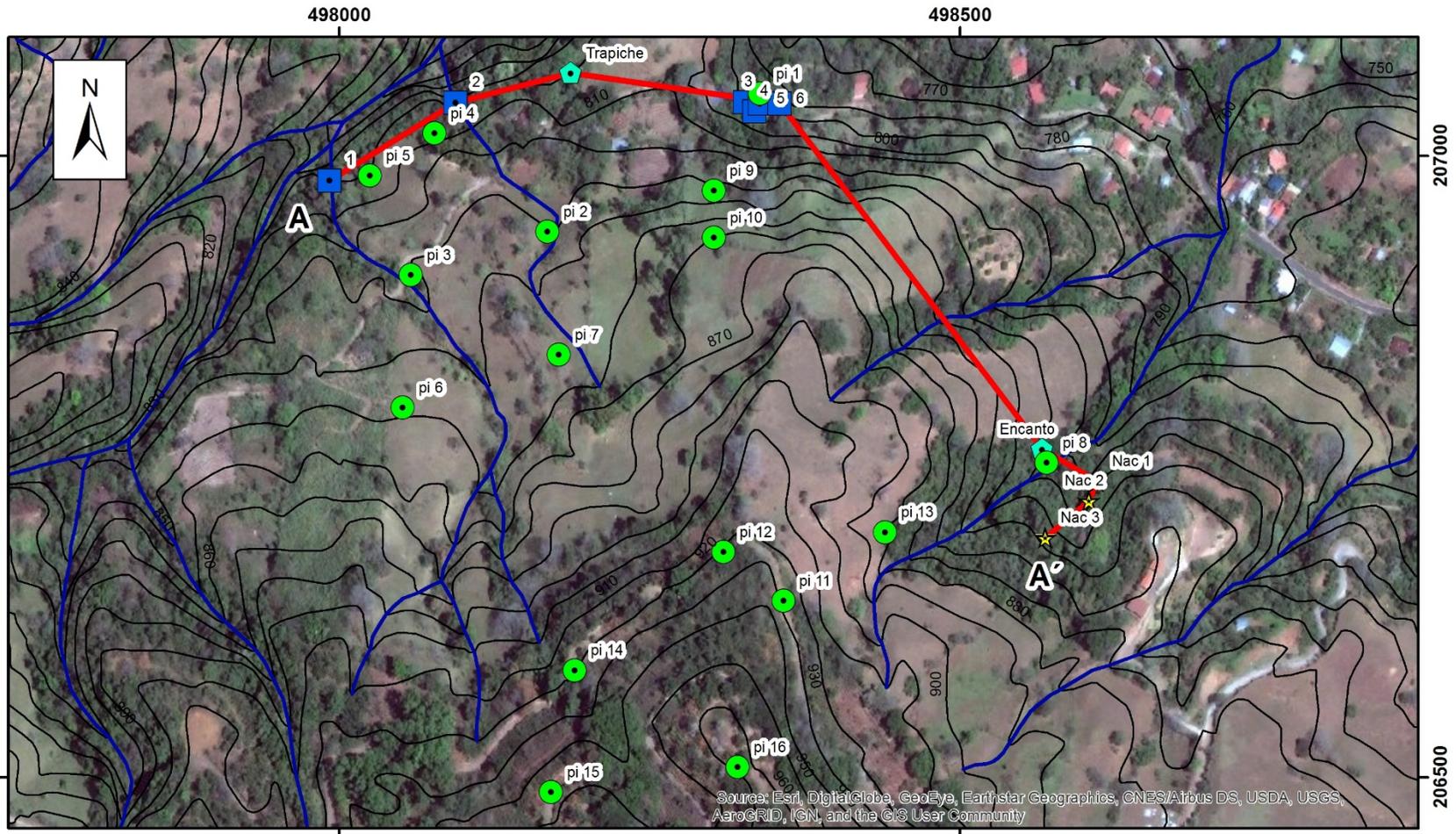


Fotografía 23. Prueba n°16.
Coordenadas E 498321 m y N
206508 m, Costa Rica Lambert
Norte.

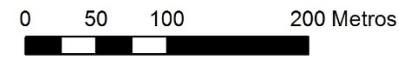
A través de las pruebas de infiltración se determinó que los materiales evaluados presentan una conductividad hidráulica moderada, en la **tabla 3**, se resumen los resultados obtenidos.

Tabla 3. Datos prueba de infiltración.

Prueba de Infiltración	Coordenada E (m)	Coordenada N (m)	K (conductividad hidráulica m/día)	Rango
Pi 1	498339	207050	1.65	Moderado
Pi 2	498168	206939	0.21	Moderado
Pi 3	498058	206904	0.81	Moderado
Pi 4	498077	207018	0.20	Moderado
Pi 5	498025	206984	0.20	Moderado
Pi 6	498051	206797	0.42	Moderado
Pi 7	498177	206840	0.32	Moderado
Pi 8	498570	206753	4.36	Moderado
Pi 9	498302	206972	0.19	Moderado
Pi 10	498302	206934	0.19	Moderado
Pi 11	498358	206642	1.89	Moderado
Pi 12	498310	206681	0.38	Moderado
Pi 13	498440	206697	0.16	Moderado
Pi 14	498190	206586	0.57	Moderado
Pi 15	498171	206488	2.52	Moderado
Pi 16	498321	206508	0.15	Moderado



Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community



Hoja Río Grande I.G.N.C.R.
 Proyección Ocotepeque Lambert Norte
 Datum NAD27 Central
 Esferoide de Clarke 1866

Legenda

	PI_hechas		Perfil 1 Desamparaditos (A - A')
	Nacientes ASADA Desamparaditos		Curvas
	Naciente Sin Captar ASADA		Quebradas
	Nacientes AyA Desamparaditos		

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
 UEN Gestión Ambiental - Área Funcional de Hidrogeología

Figura 6: Pruebas de Infiltración

Elaboró: Geól. Cristina Castanedo. Abril 2018

4.3 Zona de protección de la Fuente n° 1 AyA

A partir de la información hidrogeológica disponible, se procede a plantear la zona de protección del acuífero de fuente n° 1 del AyA, mediante la determinación de la zona de protección bacteriológica respectiva, conforme a los cálculos de tiempos de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, según la metodología de Rodríguez (1994).

4.3.1. Cálculo de tiempos de tránsito

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 70 días (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 advectivo 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 para medios fracturados*. Por lo tanto, los tiempos de tránsito efectivos para la eliminación de contaminantes de tipo patógeno, ya sea solo en la zona no saturada o inclusive en la zona saturada, dependen de las características hidrogeológicas del medio, tales como: espesor y tipología de los mantos rocosos o depósitos de materiales litológicos o edafológicos, sus características hidráulicas y otros aspectos ligados a la litología.

4.3.1.1. Zona no saturada

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 (Ec. 1):

$$t_1 = \frac{b \cdot \theta}{k \cdot i}$$

Donde:

b: espesor de la zona no saturada, en este caso, corresponde al espesor de suelo existente por encima de la naciente, el cual tiene un espesor de **b = 7 m**.

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona no saturada. Acordes con los datos de Rodríguez, se considera un valor de $\theta = 0.3$.

k: conductividad hidráulica de la zona no saturada. Valor promedio calculado con los datos de las pruebas de infiltración Pi5, Pi3, Pi6, Pi14 y Pi15. (**figura 6**). Se empleó un valor de **k = 0.90 m/día**

i: gradiente, en este caso es vertical, por lo que **i = 1**.

t_1 : tiempo de tránsito del flujo vertical en la zona no saturada.

Por tanto, para el caso de estudio:

$$t_1 = 2.36 \text{ días}$$

Siendo, 70 días el tiempo total que dura en degradarse un contaminante advectivo de tipo patógeno en la zona no saturada para medios porosos, se concluye que $t = 70 - t_1$

Obteniéndose:

$$t = 67.6 \text{ días}$$

En conclusión, se determina un tiempo de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, no mayor *que la norma de los 70 días para medios porosos (Rodríguez, 1994)*; para la zona evaluada. Esto indica que el contaminante advectivo de tipo patógeno, no se degradaría antes de llegar a la tabla de agua.

4.4.1.2. Zona saturada

Si calculamos el área de protección con la zona saturada, empleando la siguiente ecuación (Ec. 2)

$$T = \frac{d \cdot \theta}{k \cdot i}$$

y despejando la incognita d, obtenemos la siguiente formula (Ec. 3)

$$d = \frac{T \cdot k \cdot i}{\theta}$$

Donde:

T: es el tiempo de tránsito en zona saturada, $T = 67.6 \text{ días}$

k: conductividad hidráulica promedio de la zona saturada, considero la zona no saturada, ya que el nivel es libre y oscila entre la capa superior de tobas. $K = 0.89 \text{ m/día}$.

i: gradiente, calculado para la fuente 1 con valor de la isofreática de 800 mbns y la isofreática de 810 mbns, $i = 0,392$

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de $\theta = 0,3$

d: distancia en metros.

Obteniéndose:

$$d = 78.66 \text{ m}$$

4.4.1.3. Zona saturada con Radio fijo

Para realizar el cálculo de la zona de protección se emplea la ecuación del radio fijo (Ec. 4):

$$r = \sqrt{\frac{Q \cdot t}{\theta \cdot \pi \cdot b}}$$

Donde,

Q: caudal en m³/día de la naciente, correspondiente a **Q = 101.088 m³/día**. (Aforo de 1.17 l/s realizado el 8 de septiembre de 2017, reportado por Sergio Bermudez, AyA)

t: tiempo de tránsito del flujo, **t = 67.6 días**

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de $\theta = 0,3$.

Π : número pi, **$\Pi = 3,14$**

b: espesor en la zona saturada, tomado de la rejilla en pozo RG-745, **b = 45 m**.

r: es el radio fijo en metros

Con lo que se obtiene, un radio de:

$$r = 12.7 \text{ m}$$

En La Gaceta 137, del 16 de julio de 2015, se indica que: « *La metodología a aplicar para la determinación de zonas de protección y captura corresponde al método analítico de flujo subterráneo en combinación con el método de radio fijo EPA (2001)... La metodología propuesta para el cálculo de las zonas de protección de pozos y manantiales se puede consultar en el Alcance 105 de La Gaceta 147, del 12 de julio de 2012* ».

4.4.1.4. Zona con Darcy

Empleando la ley de Darcy, para el cálculo de la longitud a proteger (**Ec. 5**):

$$Q = T \cdot i \cdot L$$

Donde,

Q: caudal en m³/día de la naciente, correspondiente a **Q = 101.088 m³/día** Aforo de 1.17 l/s realizado el 8 de septiembre de 2017, reportado por Sergio Bermudez, AyA)

T: es la transmisividad del acuífero, siendo **T = 60 m²/día**)

i: gradiente, **i = 0.392**

L: Longitud en m a proteger desde el pozo

Con lo que se obtiene, un valor de:

$$L = 4.3 \text{ m}$$

A continuación se muestra un resumen, **Tabla 5**, de los resultados obtenidos según cada metodología para la Fuente n°1 del AyA.

Tabla 5. Zona de protección según metodologías para la fuente n°1 AyA

Metodología	Zona de protección (m)
Tiempos de tránsito	79
Radio Fijo	13
Darcy	4.3

En la **figura 7**, se muestra la zona operacional, de protección absoluta, así como la zona de protección regulada para fuente n°1 AyA, cuyas dimensiones son:

- Zona operacional – Zona de Protección Absoluta: cuadrado de 15 m desde la naciente, hacia todos los lados. Señalada con color amarillo.
- Zona de protección absoluta: polígono de 79 m de largo desde la naciente, 50 m de ancho según criterio de experto en base a la geomorfología y según el artículo 33 de la Ley Forestal, (Ley 7575), aguas abajo corresponde a un arco de 15 m de radio. Señalada con un achurado de rayas diagonales en color rojo.
- Zona protección regulada: corresponde a una longitud de 560 m con el ancho descrito anteriormente, hasta la divisoria de aguas.

4.3.2. Cálculo de la Vulnerabilidad

La vulnerabilidad en la zona de protección operacional y zona de protección absoluta de la fuente n° 1 del AyA, se determinará según el método GOD (Foster et al, 2002). Los parámetros que se consideran corresponden a:

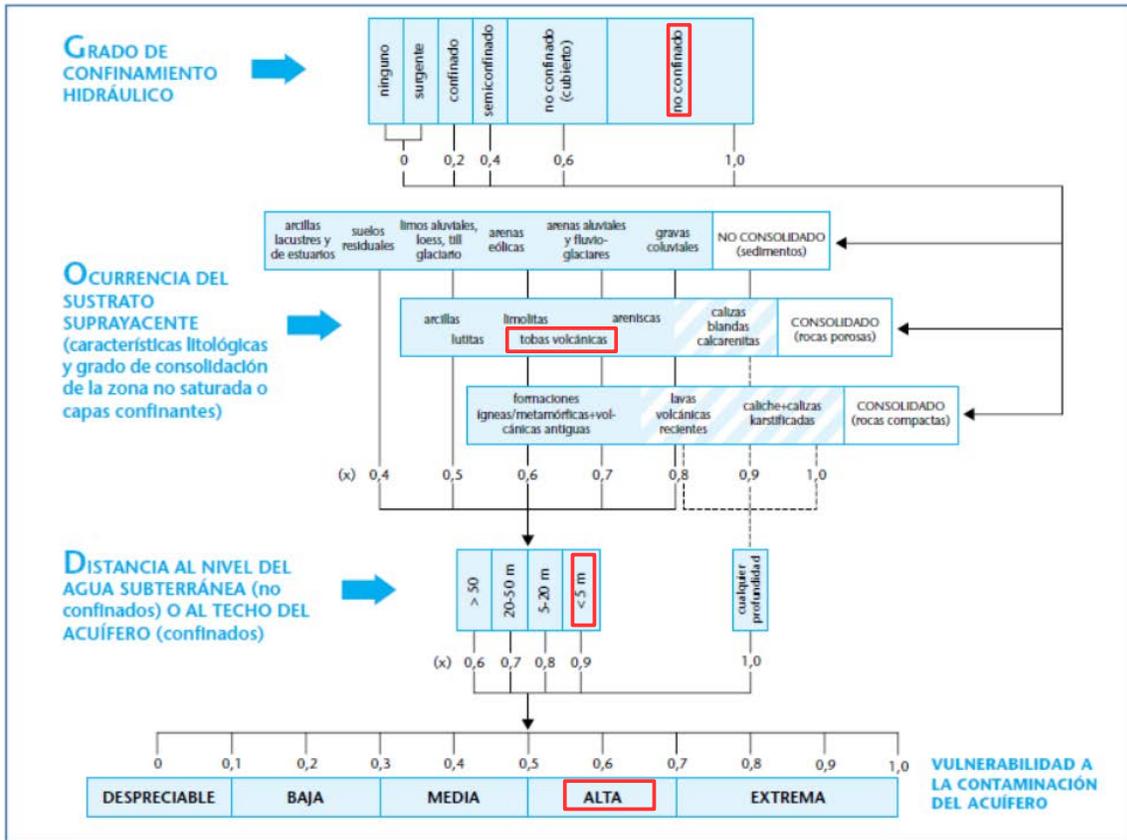
- Grado de confinamiento
- Ocurrencia del sustrato
- Profundidad del nivel freático

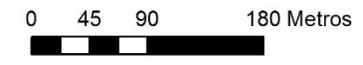
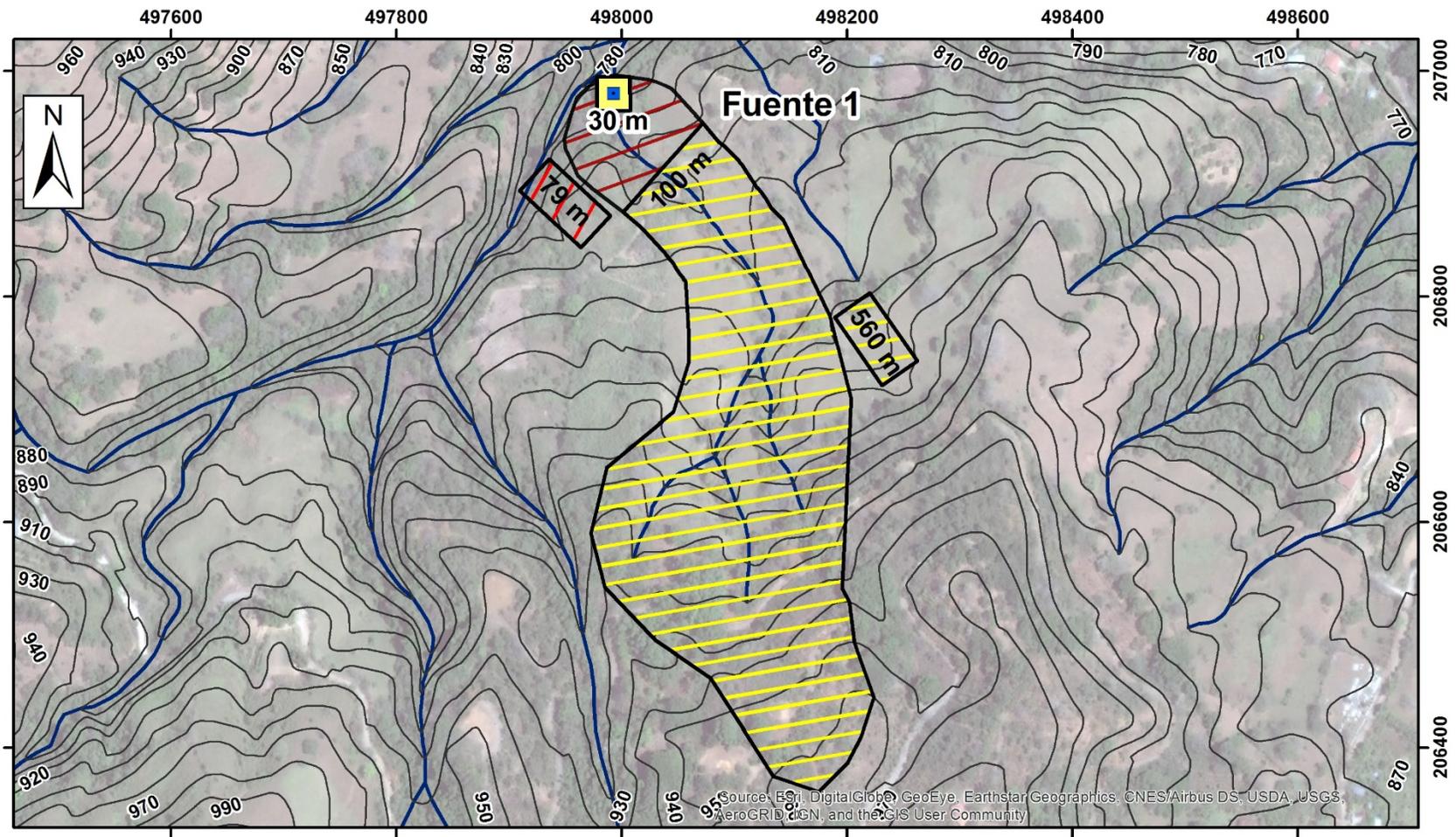
Para el caso de estudio, se obtienen los siguientes valores, que se resaltan en la **tabla 6**.

- Grado de confinamiento, **G=1,0**
- Ocurrencia del sustrato, **O= 0,6**
- Profundidad del nivel freático, **D= 0,9**

Obteniéndose, $GOD = 1 \times 0,6 \times 0,8 = 0,54$ que corresponde a un grado de vulnerabilidad alta.

Tabla 6. Método GOD para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos.





Hoja Río Grande I.G.N.C.R.
 Proyección Ocotepeque Lambert Norte
 Datum NAD27 Central
 Esferoide de Clarke 1866

Leyenda

Nacientes AyA Desamparaditos	Z. Operacional Absoluta	} Zona de recarga y vulnerabilidad alta
Curvas	Z. Protección Absoluta	
Quebradas	Z. Protección Regulada	

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
 UEN Gestión Ambiental - Área Funcional de Hidrogeología

Figura 7: Zona de Protección Fuente 1

Elaboró: Geól. Cristina Castanedo. Abril, 2018

4.4 Zona de protección de la fuente n° 2 AyA

A partir de la información hidrogeológica disponible, se procede a plantear el área efectiva para la protección del acuífero de fuente n° 2 del AyA, mediante la determinación de la zona de protección bacteriológica respectiva, conforme a los cálculos de tiempos de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, según la metodología de Rodríguez (1994).

4.4.1. Cálculo de tiempos de tránsito

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 70 días (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 advectivo 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 para medios fracturados*. Por lo tanto, los tiempos de tránsito efectivos para la eliminación de contaminantes de tipo patógeno, ya sea solo en la zona no saturada o inclusive en la zona saturada, dependen de las características hidrogeológicas del medio, tales como: espesor y tipología de los mantos rocosos o depósitos de materiales litológicos o edafológicos, sus características hidráulicas y otros aspectos ligados a la litología.

4.4.1.1. Zona no saturada

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 (Ec. 1):

$$t_1 = \frac{b \cdot \theta}{k \cdot i}$$

Donde:

b: espesor de la zona no saturada, en este caso, corresponde al espesor de suelo existente por encima de la naciente, el cual tiene un espesor de **b = 2 m**.

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona no saturada. Acordes con los datos de Rodríguez, se considera un valor de $\theta = 0.3$.

k: conductividad hidráulica de la zona no saturada. Valor promedio calculado con los datos de las pruebas de infiltración realizadas en la zona. Se empleó un valor de **k = 0.25 m/día** (promedio de la k4, k2, k7, k12 y k16).

t_1 : tiempo de tránsito del flujo vertical en la zona no saturada.

Por tanto, para el caso de estudio:

$$t_1 = 2.40 \text{ días}$$

Siendo, 70 días el tiempo total que dura en degradarse un contaminante advectivo de tipo patógeno en la zona no saturada para medios porosos, se concluye que $t = 70 - t_1$

Obteniéndose:

$$t = 67.6 \text{ días}$$

En conclusión, se determina un tiempo de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, no mayor *que la norma de los 70 días para medios porosos (Rodríguez, 1994)*; para la zona evaluada. Esto indica que el contaminante advectivo de tipo patógeno, no se degradaría antes de llegar a la tabla de agua.

4.4.1.2. Zona saturada

Si calculamos el área de protección con la zona saturada, empleando la siguiente ecuación (Ec. 2)

$$T = \frac{d \cdot \theta}{k \cdot i}$$

y despejando la incognita d, obtenemos la siguiente formula (Ec. 3)

$$d = \frac{T \cdot k \cdot i}{\theta}$$

Donde:

T: es el tiempo de tránsito en zona saturada, $T = 67.6 \text{ días}$

k: conductividad hidráulica promedio de la zona saturada, considero la zona no saturada, ya que el nivel es libre y oscila entre la capa superior de tobas. $K = 0.25 \text{ m/día}$.

i: gradiente, calculado para la fuente 2, entre la isofreática de 799 mbns y la de 810 mbns, $i = 0.53$

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de $\theta = 0,3$

d: distancia en metros.

Obteniéndose:

$$d = 29.88 \text{ m}$$

4.4.1.3. Zona saturada con Radio fijo

Para realizar el cálculo de la zona de protección se emplea la ecuación del radio fijo (Ec. 4):

$$r = \sqrt{\frac{Q \cdot t}{\theta \cdot \pi \cdot b}}$$

Donde,

Q: caudal en m³/día de la naciente, correspondiente a **Q = 86.4 m³/día**. (Aforo de 1 l/s según Estudios Básicos, 2018.)

t: tiempo de tránsito del flujo, **t = 67.6 días**

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de $\theta = 0,3$.

Π : número pi, **$\Pi = 3,14$**

b: espesor en la zona saturada, tomado de la rejilla en pozo RG-745, **b = 45 m**.

r: es el radio fijo en metros

Con lo que se obtiene, un radio de:

$$r = 11.74 \text{ m}$$

En La Gaceta 137, del 16 de julio de 2015, se indica que: « *La metodología a aplicar para la determinación de zonas de protección y captura corresponde al método analítico de flujo subterráneo en combinación con el método de radio fijo EPA (2001)... La metodología propuesta para el cálculo de las zonas de protección de pozos y manantiales se puede consultar en el Alcance 105 de La Gaceta 147, del 12 de julio de 2012* ».

4.4.1.4. Zona con Darcy

Empleando la ley de Darcy, para el cálculo de la longitud a proteger (**Ec. 5**):

$$Q = T \cdot i \cdot L$$

Donde,

Q: caudal en m³/día de la naciente, correspondiente a **Q = 86.4 m³/día** (Aforo de 1 l/s)

T: es la transmisividad del acuífero, siendo **T = 60 m²/día**

i: gradiente, **i = 0.53**

L: Longitud en m a proteger desde el pozo

Con lo que se obtiene, un valor de:

$$L = 2.72 \text{ m}$$

A continuación se muestra un resumen, **Tabla 7**, de los resultados obtenidos según cada metodología para la Fuente n°2 del AyA.

Tabla 7. Zona de protección según metodologías para la fuente n°2 AyA

Metodología	Zona de protección (m)
Tiempos de tránsito	30
Radio Fijo	12
Darcy	3

En la **figura 8**, se muestra la zona operacional, de protección absoluta, así como la zona de protección regulada para fuente n°2 AyA, cuyas dimensiones son:

- Zona operacional – Zona de Protección Absoluta: cuadrado de 15 m desde la naciente, hacia todos los lados. Señalada con color amarillo.
- Zona de protección absoluta: polígono de 30 m de largo desde la naciente, 50 m de ancho según criterio de experto en base a la geomorfología. Señalada con un achurado de rayas diagonales en color rojo.
- Zona protección regulada: corresponde a una longitud de 446 m, hasta la divisoria, con el ancho descrito anteriormente. Señalada con un achurado de rayas diagonales en color amarillo.

4.4.2. Cálculo de la Vulnerabilidad

La vulnerabilidad en la zona de protección operacional y zona de protección absoluta de la fuente n° 2 del AyA, se determinará según el método GOD (Foster et al, 2002). Los parámetros que se consideran corresponden a:

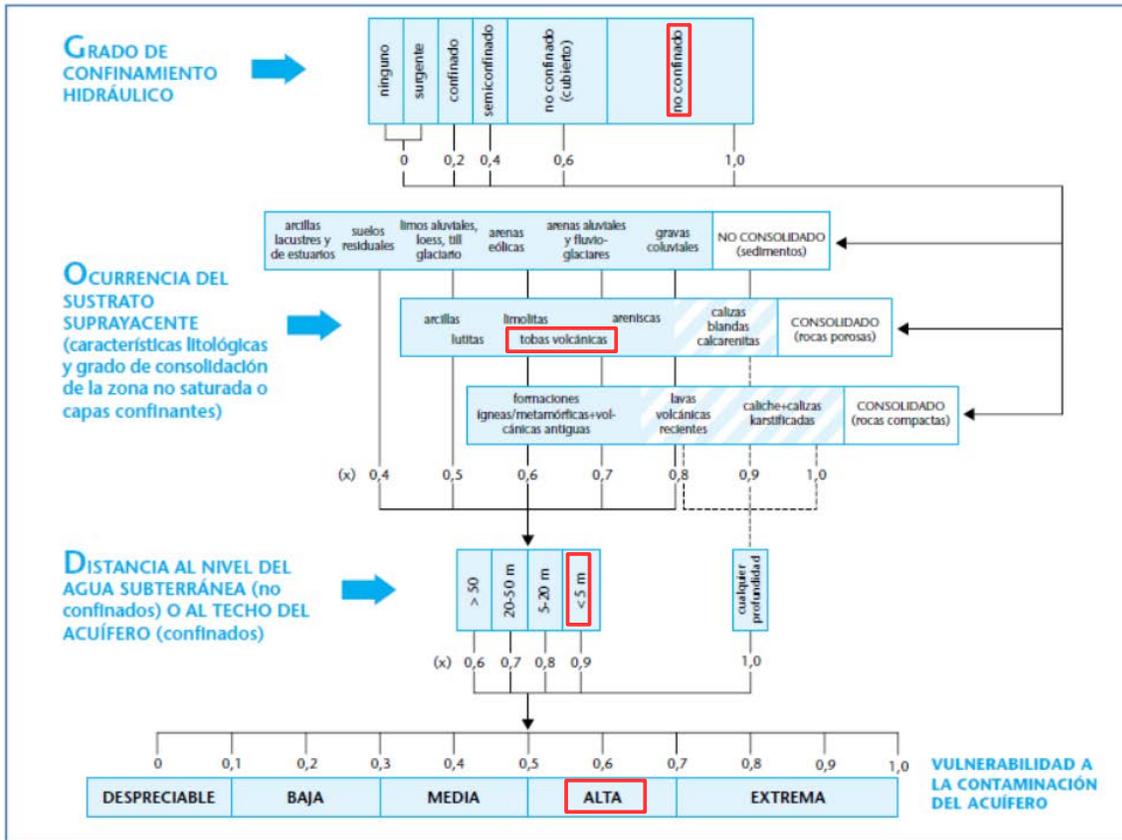
- Grado de confinamiento
- Ocurrencia del sustrato
- Profundidad del nivel freático

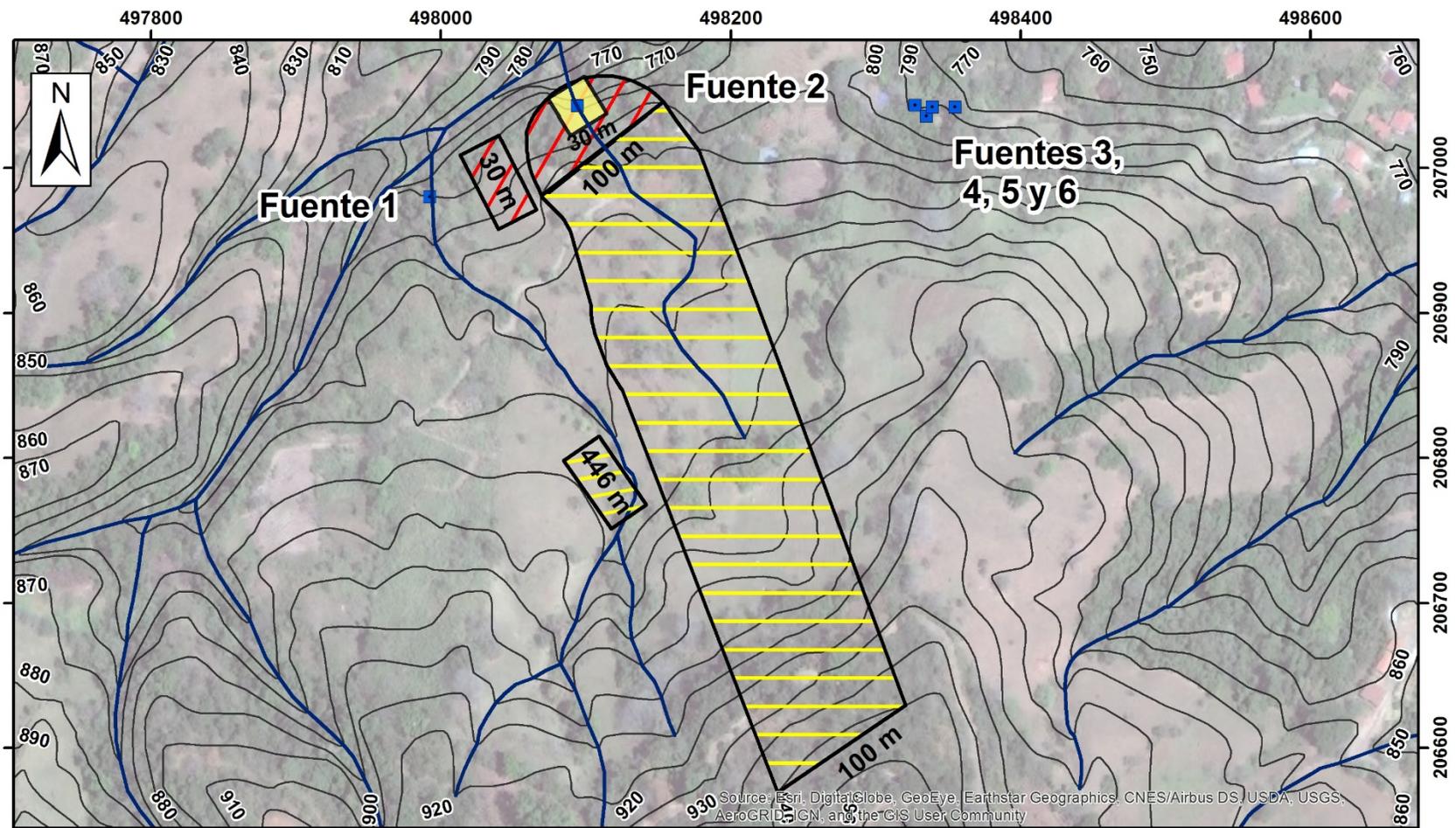
Para el caso de estudio, se obtienen los siguientes valores, que se resaltan en la **tabla 8**.

- Grado de confinamiento, **G=1,0**
- Ocurrencia del sustrato, **O= 0,6**
- Profundidad del nivel freático, **D= 0,9**

Obteniéndose, $GOD = 1 \times 0,6 \times 0,9 = 0,54$ que corresponde a un grado de vulnerabilidad alta.

Tabla 8. Método GOD para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos.





Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
 UEN Gestión Ambiental - Área Funcional de Hidrogeología

Figura 8: Zona de Protección Fuente 2

Elaboró: Geól. Cristina Castanedo. Abril, 2018

4.5 Zona de protección de la fuente n° 3 AyA

A partir de la información hidrogeológica disponible, se procede a plantear el área efectiva para la protección del acuífero de las fuentes n°3 del AyA, mediante la determinación de la zona de protección bacteriológica respectiva, conforme a los cálculos de tiempos de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, según la metodología de Rodríguez (1994).

4.5.1. Cálculo de tiempos de tránsito

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 70 días (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 advectivo 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 para medios fracturados*. Por lo tanto, los tiempos de tránsito efectivos para la eliminación de contaminantes de tipo patógeno, ya sea solo en la zona no saturada o inclusive en la zona saturada, dependen de las características hidrogeológicas del medio, tales como: espesor y tipología de los mantos rocosos o depósitos de materiales litológicos o edafológicos, sus características hidráulicas y otros aspectos ligados a la litología.

4.5.1.2. Zona no saturada

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 (Ec. 1):

$$t_1 = \frac{b \cdot \theta}{k \cdot i}$$

Donde:

b: espesor de la zona no saturada, en este caso, corresponde al espesor de suelo existente por encima de la naciente, el cual tiene un espesor de **b = 2 m**.

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona no saturada. Acordes con los datos de Rodríguez, se considera un valor de $\theta = 0.3$.

k: conductividad hidráulica de la zona no saturada. Valor promedio calculado con los datos de las pruebas de infiltración realizadas en la zona. Se empleó un valor de **k = 0.51 m/día** (promedio de la k1, k9, k10, k12, k16).

t_1 : tiempo de tránsito del flujo vertical en la zona no saturada.

Por tanto, para el caso de estudio:

$$t_1 = 1.18 \text{ días}$$

Siendo, 70 días el tiempo total que dura en degradarse un contaminante advectivo de tipo patógeno en la zona no saturada para medios porosos, se concluye que $t = 70 - t_1$

Obteniéndose:

$$t = 68.8 \text{ días}$$

En conclusión, se determina un tiempo de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, no mayor *que la norma de los 70 días para medios porosos (Rodríguez, 1994)*; para la zona evaluada. Esto indica que el contaminante advectivo de tipo patógeno, no se degradaría antes de llegar a la tabla de agua.

4.5.1.2. Zona saturada

Si calculamos el área de protección con la zona saturada, empleando la siguiente ecuación (Ec. 2)

$$T = \frac{d \cdot \theta}{k \cdot i}$$

y despejando la incógnita d, obtenemos la siguiente formula (Ec. 3)

$$d = \frac{T \cdot k \cdot i}{\theta}$$

Donde:

T: es el tiempo de tránsito en zona saturada, T = **68.8 días**

k: conductividad hidráulica promedio de la zona saturada, considero la zona no saturada, ya que el nivel es libre y oscila entre la capa superior de tobas. **K = 0.51 m/día.**

i: gradiente, calculado entre la fuente 4 y 5, **i = 0.53**

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de **$\theta = 0,3$**

d: distancia en metros.

Obteniéndose:

$$d = 62.01 \text{ m}$$

4.5.1.3. Zona saturada con Radio fijo

Para realizar el cálculo de la zona de protección se emplea la ecuación del radio fijo (Ec. 4):

$$r = \sqrt{\frac{Q \cdot t}{\theta \cdot \pi \cdot b}}$$

Donde,

Q: caudal en m³/día de la naciente, correspondiente a **Q = 86.4 m³/día**. (Aforo de 1 l/s según Estudios Básicos, 2018.)

t: tiempo de tránsito del flujo, **t = 68.8 días**

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de **$\theta = 0,3$** .

Π : número pi, **$\Pi = 3,14$**

b: espesor en la zona saturada, tomado de la rejilla en pozo RG-745, **b = 45 m**.

r: es el radio fijo en metros

Con lo que se obtiene, un radio de:

$$r = 11.84 \text{ m}$$

En La Gaceta 137, del 16 de julio de 2015, se indica que: « *La metodología a aplicar para la determinación de zonas de protección y captura corresponde al método analítico de flujo subterráneo en combinación con el método de radio fijo EPA (2001)... La metodología propuesta para el cálculo de las zonas de protección de pozos y manantiales se puede consultar en el Alcance 105 de La Gaceta 147, del 12 de julio de 2012* ».

4.5.1.4. Zona con Darcy

Empleando la ley de Darcy, para el cálculo de la longitud a proteger (**Ec. 5**):

$$Q = T \cdot i \cdot L$$

Donde,

Q: caudal en m³/día de la naciente, correspondiente a **Q = 86.4m³/día** (Aforo de 1 l/s según Estudios Básicos, 2018.)

T: es la transmisividad del acuífero, siendo **T = 60 m²/día**.

i: gradiente, **i = 0.53**

L: Longitud en m a proteger desde el pozo

Con lo que se obtiene, un valor de:

$$L = 2.72 \text{ m}$$

A continuación se muestra un resumen, **Tabla 9**, de los resultados obtenidos según cada metodología para la Fuente n°3 del AyA.

Tabla 9. Zona de protección según metodologías para la fuente n°3 AyA

Metodología	Zona de protección (m)
Tiempos de tránsito	62
Radio Fijo	12
Darcy	3

En la **figura 9**, se muestra la zona operacional, de protección absoluta, así como la zona de protección regulada para fuente n°3 AyA, cuyas dimensiones son:

- Zona operacional – Zona de Protección Absoluta: cuadrado de 15 m desde la naciente, hacia todos los lados. Señalada con color amarillo.
- Zona de protección absoluta: polígono de 62 m de largo desde la naciente, de ancho según criterio de experto en base a la geomorfología y aguas abajo corresponde a un arco de 15 m de radio. Señalada con un achurado de rayas diagonales en color rojo.
- Zona protección regulada: corresponde a una longitud con el ancho descrito anteriormente y hasta la divisoria. Señalada con un achurado de rayas diagonales en color amarillo.

4.5.2. Cálculo de la Vulnerabilidad

La vulnerabilidad en la zona de protección operacional y zona de protección absoluta de la fuente n° 3 del AyA, se determinará según el método GOD (Foster et al, 2002). Los parámetros que se consideran corresponden a:

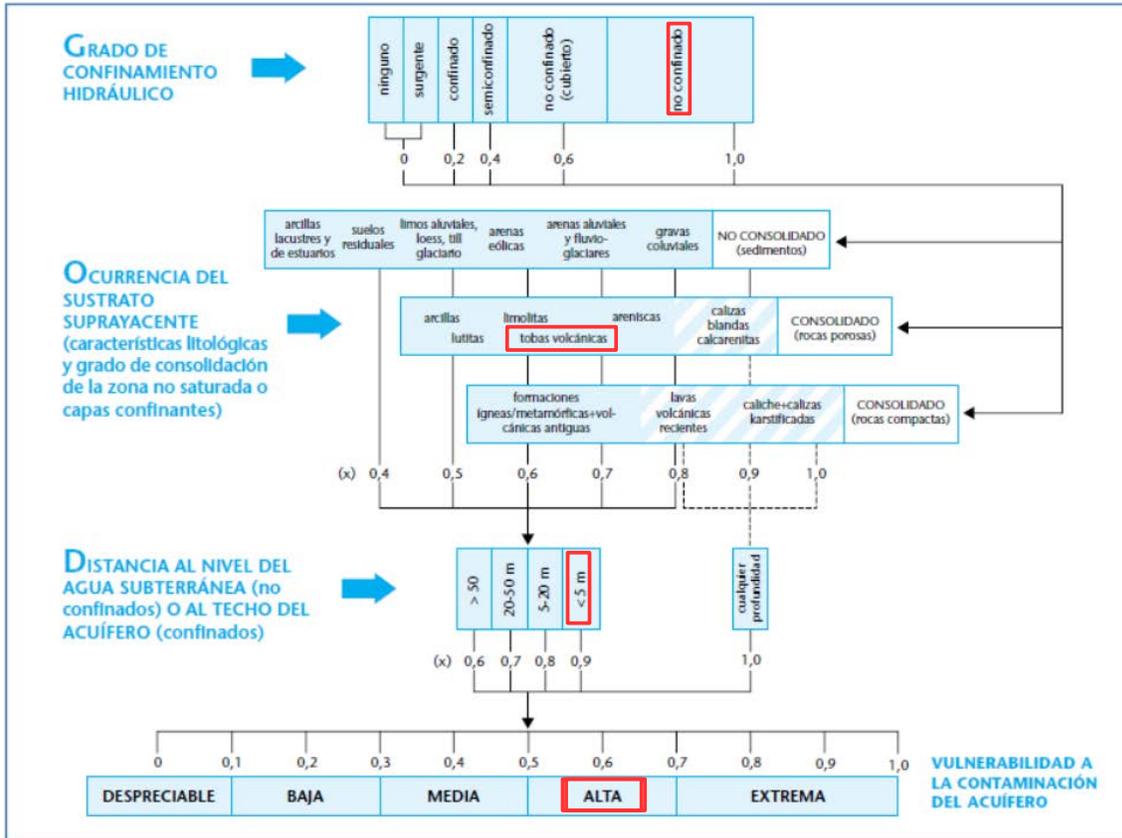
- Grado de confinamiento
- Ocurrencia del sustrato
- Profundidad del nivel freático

Para el caso de estudio, se obtienen los siguientes valores, que se resaltan en la **tabla 10**.

- Grado de confinamiento, **G=1,0**
- Ocurrencia del sustrato, **O= 0,6**
- Profundidad del nivel freático, **D= 0,9**

Obteniéndose, $GOD = 1 \times 0,6 \times 0,9 = 0,54$ que corresponde a un grado de vulnerabilidad alta.

Tabla 10. Método GOD para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos.



4.6 Zona de protección de la fuente n° 4 AyA

A partir de la información hidrogeológica disponible, se procede a plantear el área efectiva para la protección del acuífero de las fuentes n°4 del AyA, mediante la determinación de la zona de protección bacteriológica respectiva, conforme a los cálculos de tiempos de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, según la metodología de Rodríguez (1994).

4.6.1. Cálculo de tiempos de tránsito

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 70 días (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 advectivo 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 para medios fracturados*. Por lo tanto, los tiempos de tránsito efectivos para la eliminación de contaminantes de tipo patógeno, ya sea solo en la zona no saturada o inclusive en la zona saturada, dependen de las características hidrogeológicas del medio, tales como: espesor y tipología de los mantos rocosos o depósitos de materiales litológicos o edafológicos, sus características hidráulicas y otros aspectos ligados a la litología.

4.6.1.1. Zona no saturada

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 (Ec. 1):

$$t_1 = \frac{b \cdot \theta}{k \cdot i}$$

Donde:

b: espesor de la zona no saturada, en este caso, corresponde al espesor de suelo existente por encima de la naciente, el cual tiene un espesor de **b = 5 m**.

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona no saturada. Acordes con los datos de Rodríguez, se considera un valor de $\theta = 0.3$.

k: conductividad hidráulica de la zona no saturada. Valor promedio calculado con los datos de las pruebas de infiltración realizadas en la zona. Se empleó un valor de **k = 0.51 m/día** (promedio de la Pi1, Pi9, Pi10, Pi12, Pi16).

t_1 : tiempo de tránsito del flujo vertical en la zona no saturada.

Por tanto, para el caso de estudio:

$$t_1 = 2.94 \text{ días}$$

Siendo, 70 días el tiempo total que dura en degradarse un contaminante advectivo de tipo patógeno en la zona no saturada para medios porosos, se concluye que $t = 70 - t_1$

Obteniéndose:

$$t = 67.1 \text{ días}$$

En conclusión, se determina un tiempo de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, no mayor *que la norma de los 70 días para medios porosos (Rodríguez, 1994)*; para la zona evaluada. Esto indica que el contaminante advectivo de tipo patógeno, no se degradaría antes de llegar a la tabla de agua.

4.6.1.2. Zona saturada

Si calculamos el área de protección con la zona saturada, empleando la siguiente ecuación (Ec. 2)

$$T = \frac{d \cdot \theta}{k \cdot i}$$

y despejando la incógnita d, obtenemos la siguiente formula (Ec. 3)

$$d = \frac{T \cdot k \cdot i}{\theta}$$

Donde:

T: es el tiempo de tránsito en zona saturada, T = **67.1 días**

k: conductividad hidráulica promedio de la zona saturada, considero la zona no saturada, ya que el nivel es libre y oscila entre la capa superior de tobas. **K = 0.51 m/día.**

i: gradiente, calculado entre la fuente 4 y 5, **i = 0.53**

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de **$\theta = 0,3$**

d: distancia en metros.

Obteniéndose:

$$d = 60.42 \text{ m}$$

4.6.1.3. Zona saturada con Radio fijo

Para realizar el cálculo de la zona de protección se emplea la ecuación del radio fijo (Ec. 4):

$$r = \sqrt{\frac{Q \cdot t}{\theta \cdot \pi \cdot b}}$$

Donde,

Q: caudal en m³/día de la naciente, correspondiente a **Q = 172.8 m³/día**. (Aforo de 2 l/s según Estudios Básicos, 2018.)

t: tiempo de tránsito del flujo, **t = 67.1 días**

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de **$\theta = 0,3$** .

Π : número pi, **$\Pi = 3,14$**

b: espesor en la zona saturada, tomado de la rejilla en pozo RG-745, **b = 45 m**.

r: es el radio fijo en metros

Con lo que se obtiene, un radio de:

$$\mathbf{r = 16.53\ m}$$

En La Gaceta 137, del 16 de julio de 2015, se indica que: « *La metodología a aplicar para la determinación de zonas de protección y captura corresponde al método analítico de flujo subterráneo en combinación con el método de radio fijo EPA (2001)... La metodología propuesta para el cálculo de las zonas de protección de pozos y manantiales se puede consultar en el Alcance 105 de La Gaceta 147, del 12 de julio de 2012* ».

4.6.1.4. Zona con Darcy

Empleando la ley de Darcy, para el cálculo de la longitud a proteger (**Ec. 5**):

$$Q = T \cdot i \cdot L$$

Donde,

Q: caudal en m³/día de la naciente, correspondiente a **Q = 172.8 m³/día**. (Aforo de 2 l/s según Estudios Básicos, 2018.)

T: es la transmisividad del acuífero, siendo **T = 60 m²/día**.

i: gradiente, **i = 0.53**

L: Longitud en m a proteger desde el pozo

Con lo que se obtiene, un valor de:

$$\mathbf{L = 5.43\ m}$$

A continuación se muestra un resumen, **Tabla 11**, de los resultados obtenidos según cada metodología para la Fuente n°4 del AyA.

Tabla 11. Zona de protección según metodologías para la fuente n°4 AyA

Metodología	Zona de protección (m)
Tiempos de tránsito	60
Radio Fijo	17
Darcy	5

En la **figura 9**, se muestra la zona operacional, de protección absoluta, así como la zona de protección regulada para fuente n°4 AyA, cuyas dimensiones son:

- Zona operacional – Zona de Protección Absoluta: cuadrado de 15 m desde la naciente, hacia todos los lados. Señalada con color amarillo.
- Zona de protección absoluta: polígono de 60.42 m de largo desde la naciente, de ancho según criterio de experto en base a la geomorfología y aguas abajo corresponde a un arco de 15 m de radio. Señalada con un achurado de rayas diagonales en color rojo.
- Zona protección regulada: corresponde a una longitud, con el ancho descrito anteriormente. Señalada con un achurado de rayas diagonales en color amarillo.

4.6.2. Cálculo de la Vulnerabilidad

La vulnerabilidad en la zona de protección operacional y zona de protección absoluta de la fuente n° 4 del AyA, se determinará según el método GOD (Foster et al, 2002). Los parámetros que se consideran corresponden a:

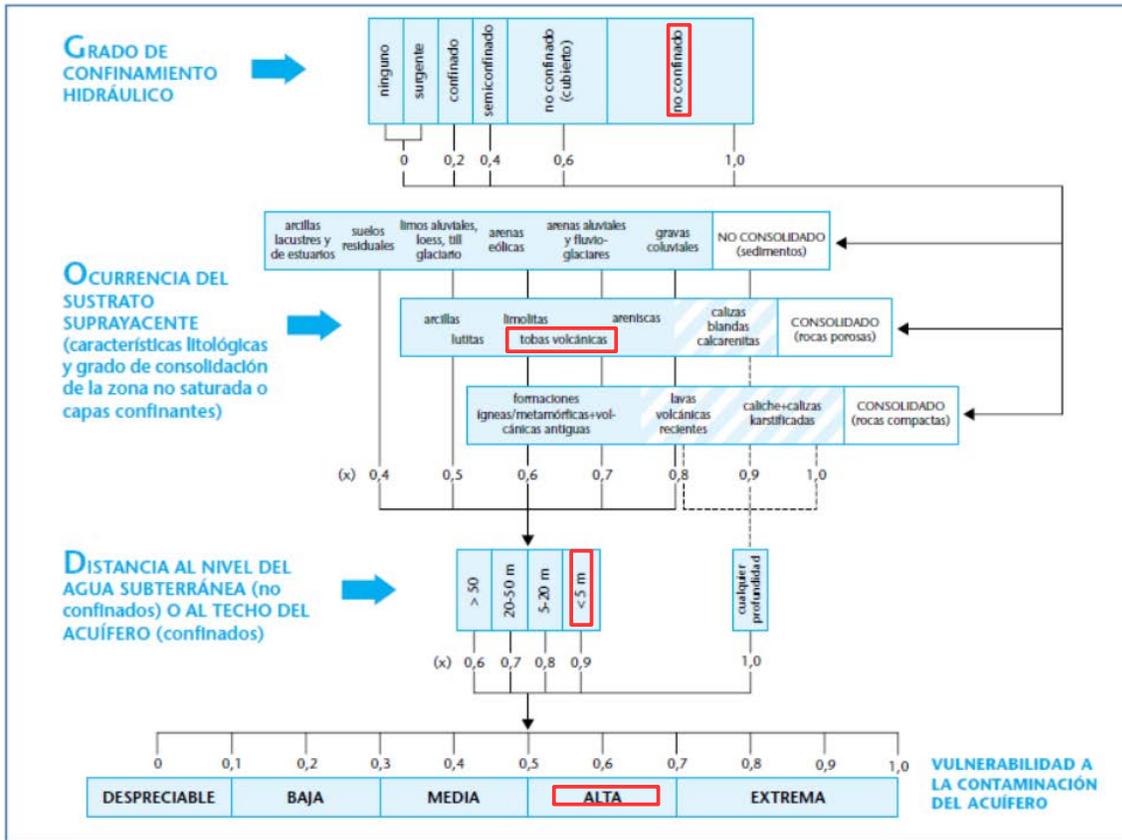
- Grado de confinamiento
- Ocurrencia del sustrato
- Profundidad del nivel freático

Para el caso de estudio, se obtienen los siguientes valores, que se resaltan en la **tabla 12**.

- Grado de confinamiento, **G=1,0**
- Ocurrencia del sustrato, **O= 0,6**
- Profundidad del nivel freático, **D= 0,9**

Obteniéndose, $GOD = 1 \times 0,6 \times 0,8 = 0,54$ que corresponde a un grado de vulnerabilidad media.

Tabla 12. Método GOD para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos.



4.7 Zona de protección de la fuente n° 5 AyA

A partir de la información hidrogeológica disponible, se procede a plantear el área efectiva para la protección del acuífero de las fuentes n°5 del AyA, mediante la determinación de la zona de protección bacteriológica respectiva, conforme a los cálculos de tiempos de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, según la metodología de Rodríguez (1994).

4.7.1. Cálculo de tiempos de tránsito

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 70 días (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 advectivo 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 para medios fracturados*. Por lo tanto, los tiempos de tránsito efectivos para la eliminación de contaminantes de tipo patógeno, ya sea solo en la zona no saturada o inclusive en la zona saturada, dependen de las características hidrogeológicas del medio, tales como: espesor y tipología de los mantos rocosos o depósitos de materiales litológicos o edafológicos, sus características hidráulicas y otros aspectos ligados a la litología.

4.7.1.1. Zona no saturada

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 (Ec. 1):

$$t_1 = \frac{b \cdot \theta}{k \cdot i}$$

Donde:

b: espesor de la zona no saturada, en este caso, corresponde al espesor de suelo existente por encima de la naciente, el cual tiene un espesor de **b = 7 m**.

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona no saturada. Acordes con los datos de Rodriguez, se considera un valor de $\theta = 0.3$.

k: conductividad hidráulica de la zona no saturada. Valor promedio calculado con los datos de las pruebas de infiltración realizadas en la zona. Se empleó un valor de **k = 0.51 m/día** (promedio de la Pi1, Pi9, Pi10, Pi12, Pi16).

t_1 : tiempo de tránsito del flujo vertical en la zona no saturada.

Por tanto, para el caso de estudio:

$$t_1 = 4.12 \text{ días}$$

Siendo, 70 días el tiempo total que dura en degradarse un contaminante advectivo de tipo patógeno en la zona no saturada para medios porosos, se concluye que $t = 70 - t_1$

Obteniéndose:

$$t = 65.9 \text{ días}$$

En conclusión, se determina un tiempo de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, no mayor *que la norma de los 70 días para medios porosos (Rodríguez, 1994)*; para la zona evaluada. Esto indica que el contaminante advectivo de tipo patógeno, no se degradaría antes de llegar a la tabla de agua.

4.7.1.2. Zona saturada

Si calculamos el área de protección con la zona saturada, empleando la siguiente ecuación (Ec. 2)

$$T = \frac{d \cdot \theta}{k \cdot i}$$

y despejando la incógnita d, obtenemos la siguiente formula (Ec. 3)

$$d = \frac{T \cdot k \cdot i}{\theta}$$

Donde:

T: es el tiempo de tránsito en zona saturada, T = **65.9 días**

k: conductividad hidráulica promedio de la zona saturada, considero la zona no saturada, ya que el nivel es libre y oscila entre la capa superior de tobas. **K = 0.51 m/día.**

i: gradiente, calculado entre la fuente 4 y 5, **i = 0.53**

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de **$\theta = 0,3$**

d: distancia en metros.

Obteniéndose:

$$d = 59.36 \text{ m}$$

4.7.1.3. Zona saturada con Radio fijo

Para realizar el cálculo de la zona de protección se emplea la ecuación del radio fijo (Ec. 4):

$$r = \sqrt{\frac{Q \cdot t}{\theta \cdot \pi \cdot b}}$$

Donde,

Q: caudal en m³/día de la naciente, correspondiente a **Q = 432 m³/día** (Aforo de 5 l/s según Estudios Básicos, 2018.)

t: tiempo de tránsito del flujo, **t = 65.9 días**

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de **$\theta = 0,3$** .

Π : número pi, **$\Pi = 3,14$**

b: espesor en la zona saturada, tomado de la rejilla en pozo RG-745, **b = 45 m**.

r: es el radio fijo en metros

Con lo que se obtiene, un radio de:

$$\mathbf{r = 25.91\ m}$$

En La Gaceta 137, del 16 de julio de 2015, se indica que: « *La metodología a aplicar para la determinación de zonas de protección y captura corresponde al método analítico de flujo subterráneo en combinación con el método de radio fijo EPA (2001)... La metodología propuesta para el cálculo de las zonas de protección de pozos y manantiales se puede consultar en el Alcance 105 de La Gaceta 147, del 12 de julio de 2012* ».

4.6.1.4. Zona con Darcy

Empleando la ley de Darcy, para el cálculo de la longitud a proteger (**Ec. 5**):

$$Q = T \cdot i \cdot L$$

Donde,

Q: caudal en m³/día de la naciente, correspondiente a **Q = 432 m³/día** (Aforo de 5 l/s según Estudios Básicos, 2018.)

T: es la transmisividad del acuífero, siendo **T = 60 m²/día**

i: gradiente, **i = 0.53**

L: Longitud en m a proteger desde el pozo

Con lo que se obtiene, un valor de:

$$\mathbf{L = 13.58\ m}$$

A continuación se muestra un resumen, **Tabla 13**, de los resultados obtenidos según cada metodología para la Fuente n°5 del AyA.

Tabla 13. Zona de protección según metodologías para la fuente n°5 AyA

Metodología	Zona de protección (m)
Tiempos de tránsito	59
Radio Fijo	26
Darcy	14

En la **figura 9**, se muestra la zona operacional, de protección absoluta, así como la zona de protección regulada para fuente n°5 AyA, cuyas dimensiones son:

- Zona operacional – Zona de Protección Absoluta: cuadrado de 15 m desde la naciente, hacia todos los lados. Señalada con color amarillo.
- Zona de protección absoluta: polígono de 59.36 m de largo desde la naciente, de ancho según criterio de experto en base a la geomorfología y aguas abajo corresponde a un arco de 15 m de radio. Señalada con un achurado de rayas diagonales en color rojo.
- Zona protección regulada: corresponde a una longitud con el ancho descrito anteriormente y hasta la divisoria. Señalada con un achurado de rayas diagonales en color amarillo.

4.7.2. Cálculo de la Vulnerabilidad

La vulnerabilidad en la zona de protección operacional y zona de protección absoluta de la fuente n° 5 del AyA, se determinará según el método GOD (Foster et al, 2002). Los parámetros que se consideran corresponden a:

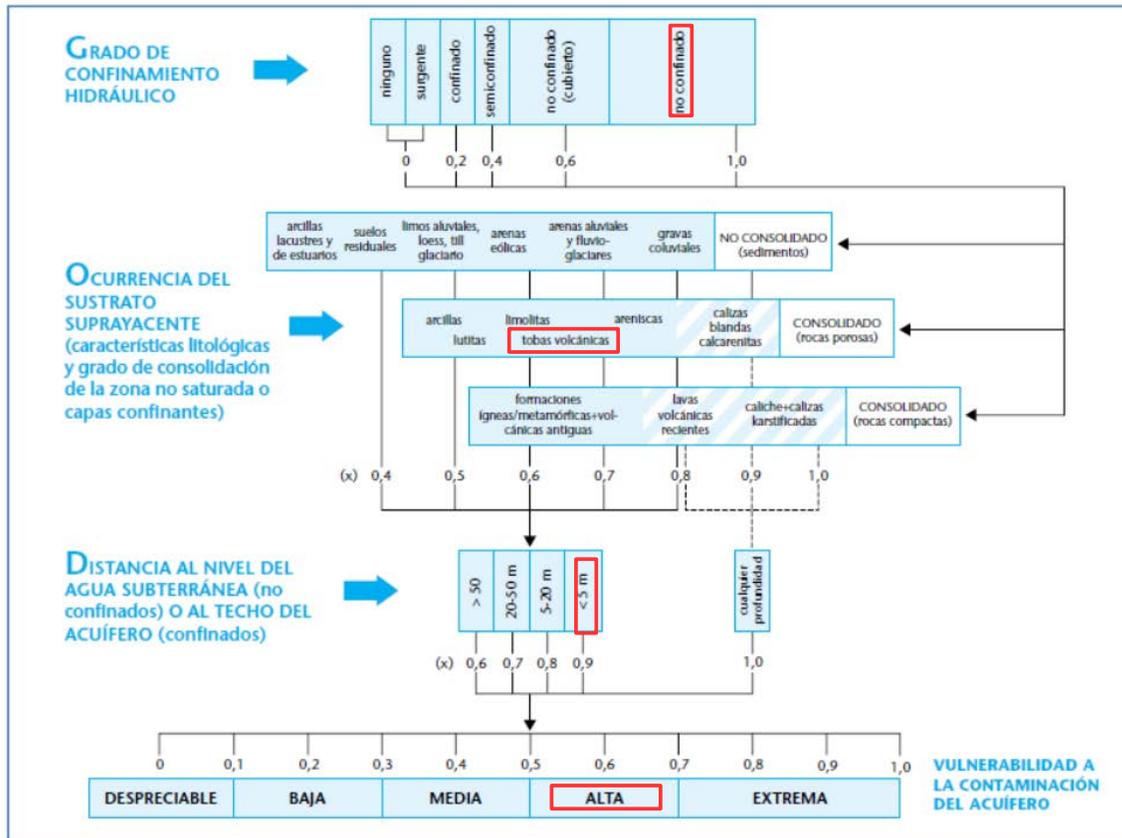
- Grado de confinamiento
- Ocurrencia del sustrato
- Profundidad del nivel freático

Para el caso de estudio, se obtienen los siguientes valores, que se resaltan en la **tabla 14**.

- Grado de confinamiento, **G=1,0**
- Ocurrencia del sustrato, **O= 0,6**
- Profundidad del nivel freático, **D= 0,9**

Obteniéndose, $GOD = 1 \times 0,6 \times 0,8 = 0,54$ que corresponde a un grado de vulnerabilidad alta.

Tabla 14. Método GOD para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos.



4.8 Zona de protección de la fuente n° 6 AyA

A partir de la información hidrogeológica disponible, se procede a plantear el área efectiva para la protección del acuífero de las fuentes n°6 del AyA, mediante la determinación de la zona de protección bacteriológica respectiva, conforme a los cálculos de tiempos de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, según la metodología de Rodríguez (1994).

4.8.1. Cálculo de tiempos de tránsito

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 70 días (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 advectivo 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 para medios fracturados*. Por lo tanto, los tiempos de tránsito efectivos para la eliminación de contaminantes de tipo patógeno, ya sea solo en la zona no saturada o inclusive en la zona saturada, dependen de las características hidrogeológicas del medio, tales como: espesor y tipología de los mantos rocosos o depósitos de materiales litológicos o edafológicos, sus características hidráulicas y otros aspectos ligados a la litología.

4.8.1.1. Zona no saturada

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 (Ec. 1):

$$t_1 = \frac{b \cdot \theta}{k \cdot i}$$

Donde:

b: espesor de la zona no saturada, en este caso, corresponde al espesor de suelo existente por encima de la naciente, el cual tiene un espesor de **b = 8 m**.

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona no saturada. Acordes con los datos de Rodríguez, se considera un valor de $\theta = 0.3$.

k: conductividad hidráulica de la zona no saturada. Valor promedio calculado con los datos de las pruebas de infiltración realizadas en la zona. Se empleó un valor de **k = 0.51 m/día** (promedio de la Pi1, Pi9, Pi10, Pi12, Pi16).

t_1 : tiempo de tránsito del flujo vertical en la zona no saturada.

Por tanto, para el caso de estudio:

$$t_1 = 4.71 \text{ días}$$

Siendo, 70 días el tiempo total que dura en degradarse un contaminante advectivo de tipo patógeno en la zona no saturada para medios porosos, se concluye que $t = 70 - t_1$

Obteniéndose:

$$t = 65.3 \text{ días}$$

En conclusión, se determina un tiempo de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, no mayor *que la norma de los 70 días para medios porosos (Rodríguez, 1994)*; para la zona evaluada. Esto indica que el contaminante advectivo de tipo patógeno, no se degradaría antes de llegar a la tabla de agua.

4.8.1.2. Zona saturada

Si calculamos el área de protección con la zona saturada, empleando la siguiente ecuación (Ec. 2)

$$T = \frac{d \cdot \theta}{k \cdot i}$$

y despejando la incógnita d, obtenemos la siguiente formula (Ec. 3)

$$d = \frac{T \cdot k \cdot i}{\theta}$$

Donde:

T: es el tiempo de tránsito en zona saturada, T = **65.3 días**

k: conductividad hidráulica promedio de la zona saturada, considero la zona no saturada, ya que el nivel es libre y oscila entre la capa superior de tobas. **K = 0.51 m/día.**

i: gradiente, calculado entre la fuente 4 y 5, **i = 0.53**

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de **$\theta = 0,3$**

d: distancia en metros.

Obteniéndose:

$$d = 58.83 \text{ m}$$

4.8.1.3. Zona saturada con Radio fijo

Para realizar el cálculo de la zona de protección se emplea la ecuación del radio fijo (Ec. 4):

$$r = \sqrt{\frac{Q \cdot t}{\theta \cdot \pi \cdot b}}$$

Donde,

Q: caudal en m³/día de la naciente, correspondiente a **Q = 86.4 m³/día** (Aforo de 1 l/s según Estudios Básicos, 2018.)

t: tiempo de tránsito del flujo, **t = 65.3 días**

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de **$\theta = 0,3$** .

Π : número pi, **$\Pi = 3,14$**

b: espesor en la zona saturada, tomado de la rejilla en pozo RG-745, **b = 45 m**.

r: es el radio fijo en metros

Con lo que se obtiene, un radio de:

$$r = 11.54 \text{ m}$$

En La Gaceta 137, del 16 de julio de 2015, se indica que: « *La metodología a aplicar para la determinación de zonas de protección y captura corresponde al método analítico de flujo subterráneo en combinación con el método de radio fijo EPA (2001)... La metodología propuesta para el cálculo de las zonas de protección de pozos y manantiales se puede consultar en el Alcance 105 de La Gaceta 147, del 12 de julio de 2012* ».

4.8.1.4. Zona con Darcy

Empleando la ley de Darcy, para el cálculo de la longitud a proteger (**Ec. 5**):

$$Q = T \cdot i \cdot L$$

Donde,

Q: caudal en m³/día de la naciente, correspondiente a **Q = 86.4 m³/día** (Aforo de 1 l/s según Estudios Básicos, 2018.)

T: es la transmisividad del acuífero, siendo **T = 60 m²/día**.

i: gradiente, **i = 0.53**

L: Longitud en m a proteger desde el pozo

Con lo que se obtiene, un valor de:

$$L = 2.72 \text{ m}$$

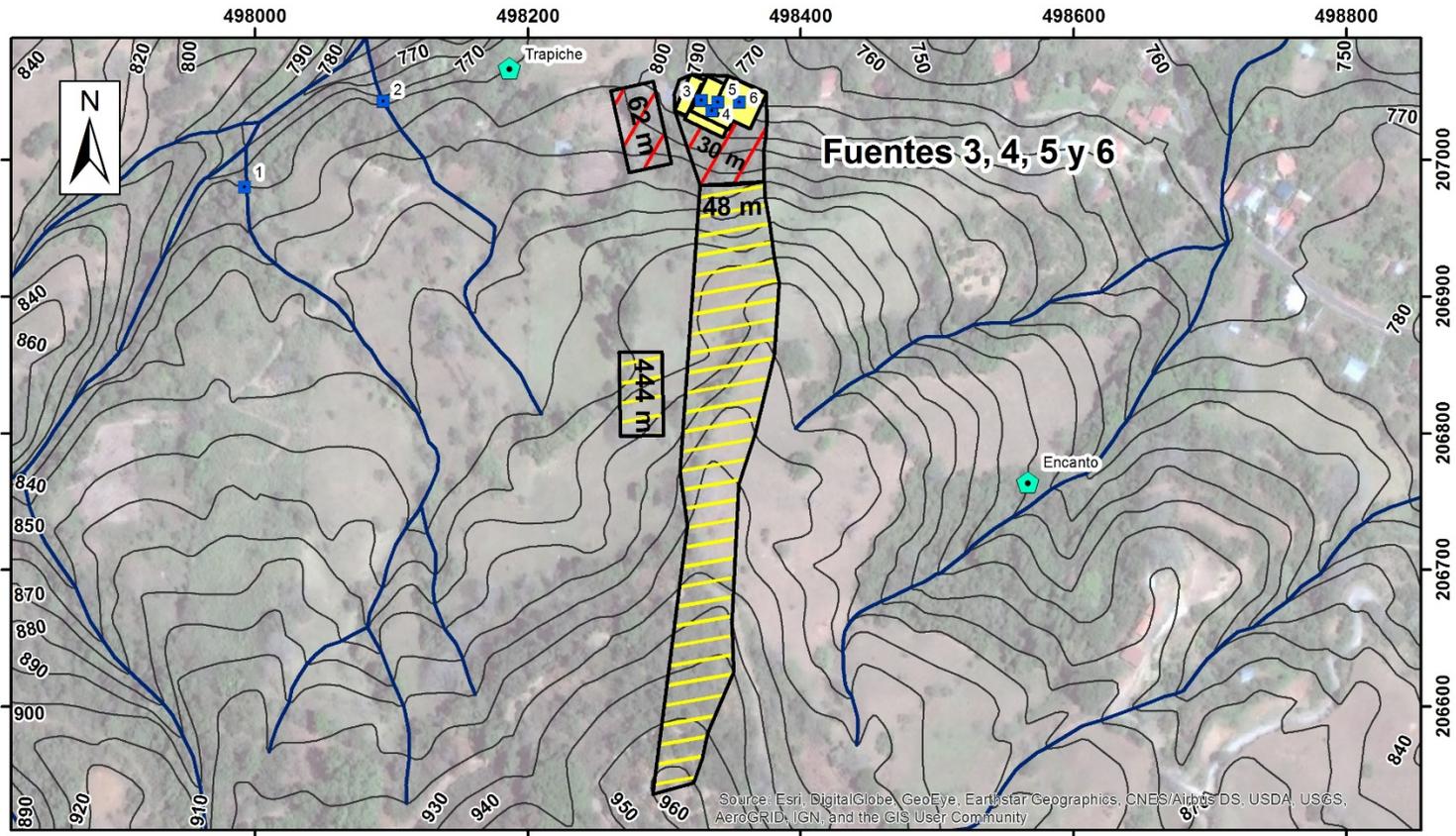
A continuación se muestra un resumen, **Tabla 15**, de los resultados obtenidos según cada metodología para la Fuente n°6 del AyA.

Tabla 15. Zona de protección según metodologías para la fuente n°6 AyA

Metodología	Zona de protección (m)
Tiempos de tránsito	58.83
Radio Fijo	12
Darcy	3

En la **figura 9**, se muestra la zona operacional, de protección absoluta, así como la zona de protección regulada para fuente n°6 AyA, cuyas dimensiones son:

- Zona operacional – Zona de Protección Absoluta: cuadrado de 15 m desde la naciente, hacia todos los lados. Señalada con color amarillo.
- Zona de protección absoluta: polígono de 58.83 m de largo desde la naciente, y de ancho según criterio de experto en base a la geomorfología, aguas abajo corresponde a un arco de 15 m de radio. Señalada con un achurado de rayas diagonales en color rojo.
- Zona protección regulada: corresponde a una longitud hasta la divisoria, con el ancho descrito anteriormente. Señalada con un achurado de rayas diagonales en color amarillo.



0 40 80 160 Metros

Hoja Río Grande I.G.N.C.R.
 Proyección Ocatepeque Lambert Norte
 Datum NAD27 Central
 Esferoide de Clarke 1866

Leyenda

■ Nacientes AyA Desamparaditos	■ Z. Operacional	} Zona de recarga y vulnerabilidad alta
— Quebradas	▨ Z. Protección Absoluta	
— Curvas	▨ Z. Protección Regulada	

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
 UEN Gestión Ambiental - Área Funcional de Hidrogeología

Figura 9: Zona de Protección Fuentes 3, 4, 5 y 6

Elaboró: Geól. Cristina Castanedo. Abril, 2018

4.8.2. Cálculo de la Vulnerabilidad

La vulnerabilidad en la zona de protección operacional y zona de protección absoluta de la fuente n° 6 del AyA, se determinará según el método GOD (Foster et al, 2002). Los parámetros que se consideran corresponden a:

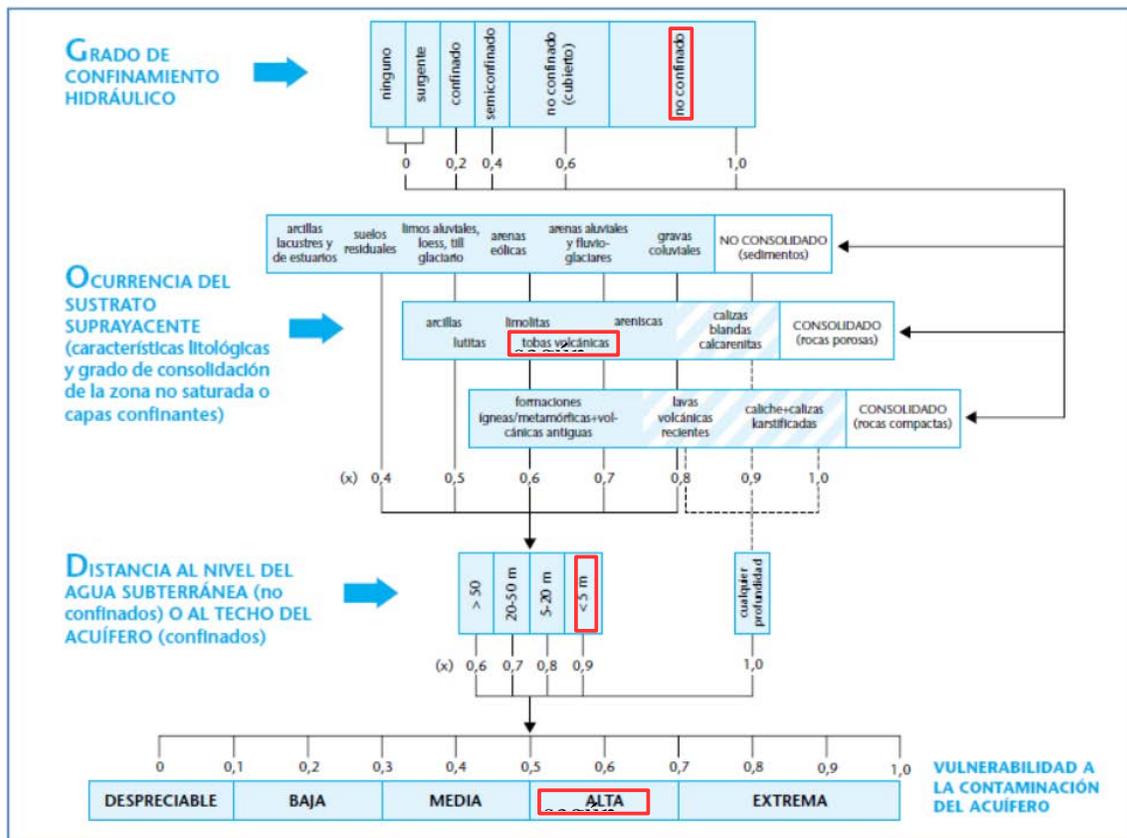
- Grado de confinamiento
- Ocurrencia del sustrato
- Profundidad del nivel freático

Para el caso de estudio, se obtienen los siguientes valores, que se resaltan en la **tabla 16**.

- Grado de confinamiento, **G=1,0**
- Ocurrencia del sustrato, **O= 0,6**
- Profundidad del nivel freático, **D= 0,9**

Obteniéndose, $GOD = 1 \times 0,6 \times 0,8 = 0,54$ que corresponde a un grado de vulnerabilidad alta.

Tabla 16. Método GOD para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos.



4.9 Zona de protección de la fuente El Encanto, ASADA Desamparaditos

A partir de la información hidrogeológica disponible, se procede a plantear el área efectiva para la protección del acuífero de la fuente El Encanto, mediante la determinación de la zona de protección bacteriológica respectiva, conforme a los cálculos de tiempos de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, según la metodología de Rodríguez (1994).

4.9.1. Cálculo de tiempos de tránsito

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 70 días (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 advectivo 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 para medios fracturados*. Por lo tanto, los tiempos de tránsito efectivos para la eliminación de contaminantes de tipo patógeno, ya sea solo en la zona no saturada o inclusive en la zona saturada, dependen de las características hidrogeológicas del medio, tales como: espesor y tipología de los mantos rocosos o depósitos de materiales litológicos o edafológicos, sus características hidráulicas y otros aspectos ligados a la litología.

4.9.1.1. Zona no saturada

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 (Ec. 1):

$$t_1 = \frac{b \cdot \theta}{k \cdot i}$$

Donde:

b: espesor de la zona no saturada, en este caso, corresponde al espesor de suelo existente por encima de la naciente, el cual tiene un espesor de **b = 10 m**.

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona no saturada. Acordes con los datos de Rodríguez, se considera un valor de $\theta = 0.3$.

k: conductividad hidráulica de la zona no saturada. Valor promedio calculado con los datos de las pruebas de infiltración realizadas en la zona. Se empleó un valor de **k = 2.14 m/día** (promedio de la k8, k13 y k11).

t_1 : tiempo de tránsito del flujo vertical en la zona no saturada.

Por tanto, para el caso de estudio:

$$t_1 = 1.4 \text{ días}$$

Siendo, 70 días el tiempo total que dura en degradarse un contaminante advectivo de tipo patógeno en la zona no saturada para medios porosos, se concluye que $t = 70 - t_1$

Obteniéndose:

$$t = 68.6 \text{ días}$$

En conclusión, se determina un tiempo de tránsito de contaminantes patógenos advectivos, no mayor *que la norma de los 70 días para medios porosos (Rodríguez, 1994)*; para la zona evaluada. Esto indica que el contaminante advectivo de tipo patógeno, no se degradaría antes de llegar a la tabla de agua.

4.9.1.2. Zona saturada

Si calculamos el área de protección con la zona saturada, empleando la siguiente ecuación (Ec. 2)

$$T = \frac{d \cdot \theta}{k \cdot i}$$

y despejando la incógnita d, obtenemos la siguiente formula (Ec. 3)

$$d = \frac{T \cdot k \cdot i}{\theta}$$

Donde:

T: es el tiempo de tránsito en zona saturada, $T = 68.6 \text{ días}$

k: conductividad hidráulica promedio de la zona saturada, considero la zona no saturada, ya que el nivel es libre y oscila entre la capa superior de tobas. $k = 2.14 \text{ m/día}$.

i: gradiente, calculado entre la naciente 3 y la 1 de la Asada de Desamparaditos, $i = 0.304$

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de $\theta = 0,3$

d: distancia en metros.

Obteniéndose:

$$d = 148.76 \text{ m}$$

4.9.1.3. Zona saturada con Radio fijo

Para realizar el cálculo de la zona de protección se emplea la ecuación del radio fijo (Ec. 4):

$$r = \sqrt{\frac{Q \cdot t}{\theta \cdot \pi \cdot b}}$$

Donde,

Q: caudal en m³/día de la naciente, correspondiente a **Q = 1152.58 m³/día** (Aforo de 13.34 l/s según Estudios Básicos, 2018.)

t: tiempo de tránsito del flujo, **t = 68.6 días**

θ : porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada. Acordes con datos bibliográficos para materiales análogos, según Custodio & Llamas (1983) y Sanders (1998), se considera un valor de **$\theta = 0,3$** .

Π : número pi, **$\Pi = 3,14$**

b: espesor en la zona saturada, tomado de la rejilla en pozo RG-745, **b = 45 m**.

r: es el radio fijo en metros

Con lo que se obtiene, un radio de:

$$r = 43.19 \text{ m}$$

En La Gaceta 137, del 16 de julio de 2015, se indica que: « *La metodología a aplicar para la determinación de zonas de protección y captura corresponde al método analítico de flujo subterráneo en combinación con el método de radio fijo EPA (2001)... La metodología propuesta para el cálculo de las zonas de protección de pozos y manantiales se puede consultar en el Alcance 105 de La Gaceta 147, del 12 de julio de 2012* ».

4.9.1.4. Zona con Darcy

Empleando la ley de Darcy, para el cálculo de la longitud a proteger (**Ec. 5**):

$$Q = T \cdot i \cdot L$$

Donde,

Q: caudal en m³/día de la naciente, correspondiente a **Q = 1152.58 m³/día** (Aforo de 13.34 l/s según Estudios Básicos, 2018.)

T: es la transmisividad del acuífero, siendo **T = 60 m²/día**.

i: gradiente, **i = 0.304**

L: Longitud en m a proteger desde el pozo

Con lo que se obtiene, un valor de:

$$L = 63.19 \text{ m}$$

A continuación se muestra un resumen, **Tabla 17**, de los resultados obtenidos según cada metodología para la Fuente el Encanto, ASADA de Desamparaditos.

Tabla 17. Zona de protección según metodologías para la fuente El Encanto, ASADA de Desamparaditos

Metodología	Zona de protección (m)
Tiempos de tránsito	149
Radio Fijo	43
Darcy	63

En la **figura 10**, se muestra la zona operacional, de protección absoluta, así como la zona de protección regulada para fuente el Encanto, ASADA de Desamparaditos, cuyas dimensiones son:

- Zona operacional – Zona de Protección Absoluta: cuadrado de 15 m desde la naciente, hacia todos los lados. Señalada con color amarillo.
- Zona de protección absoluta: polígono de 149 m de largo desde la naciente, 176 m de ancho y aguas abajo corresponde a un arco de 15 m de radio. Señalada con un achurado de rayas diagonales en color rojo.
- Zona protección regulada: corresponde a una longitud de 215 m, con el ancho descrito anteriormente y criterio geomorfológico, hasta la divisoria. Señalada con un achurado de rayas diagonales en color amarillo.

4.9.2. Cálculo de la Vulnerabilidad

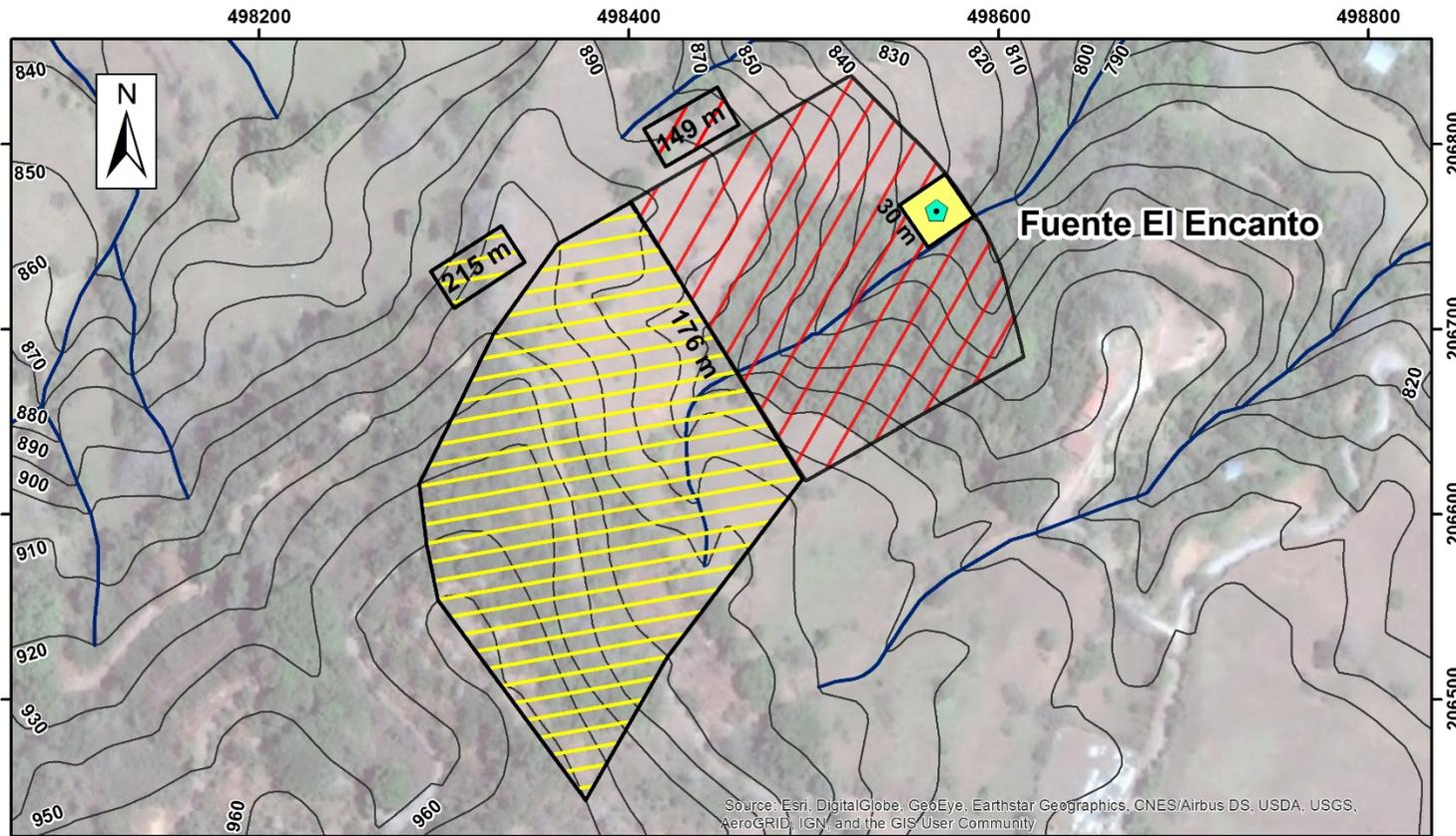
La vulnerabilidad en la zona de protección operacional y zona de protección absoluta de la fuente el Encanto, ASADA de Desamparaditos, se determinará según el método GOD (Foster et al, 2002). Los parámetros que se consideran corresponden a:

- Grado de confinamiento
- Ocurrencia del sustrato
- Profundidad del nivel freático

Para el caso de estudio, se obtienen los siguientes valores, que se resaltan en la **tabla 18**.

- Grado de confinamiento, **G=1,0**
- Ocurrencia del sustrato, **O= 0,6**
- Profundidad del nivel freático, **D= 0,9**

Obteniéndose, $GOD = 1 \times 0,6 \times 0,8 = 0,54$ que corresponde a un grado de vulnerabilidad alta.



Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community



Hoja Río Grande I.G.N.C.R.
 Proyección Ocotepaque Lambert Norte
 Datum NAD27 Central
 Esferoide de Clarke 1866

Leyenda

- Nacientes ASADA Desamparaditos
 - Quebradas
 - Curvas
 - Z. Operacional
 - Z. Protección Absoluta
 - Z. Protección Regulada
- } Zona de recarga y vulnerabilidad alta



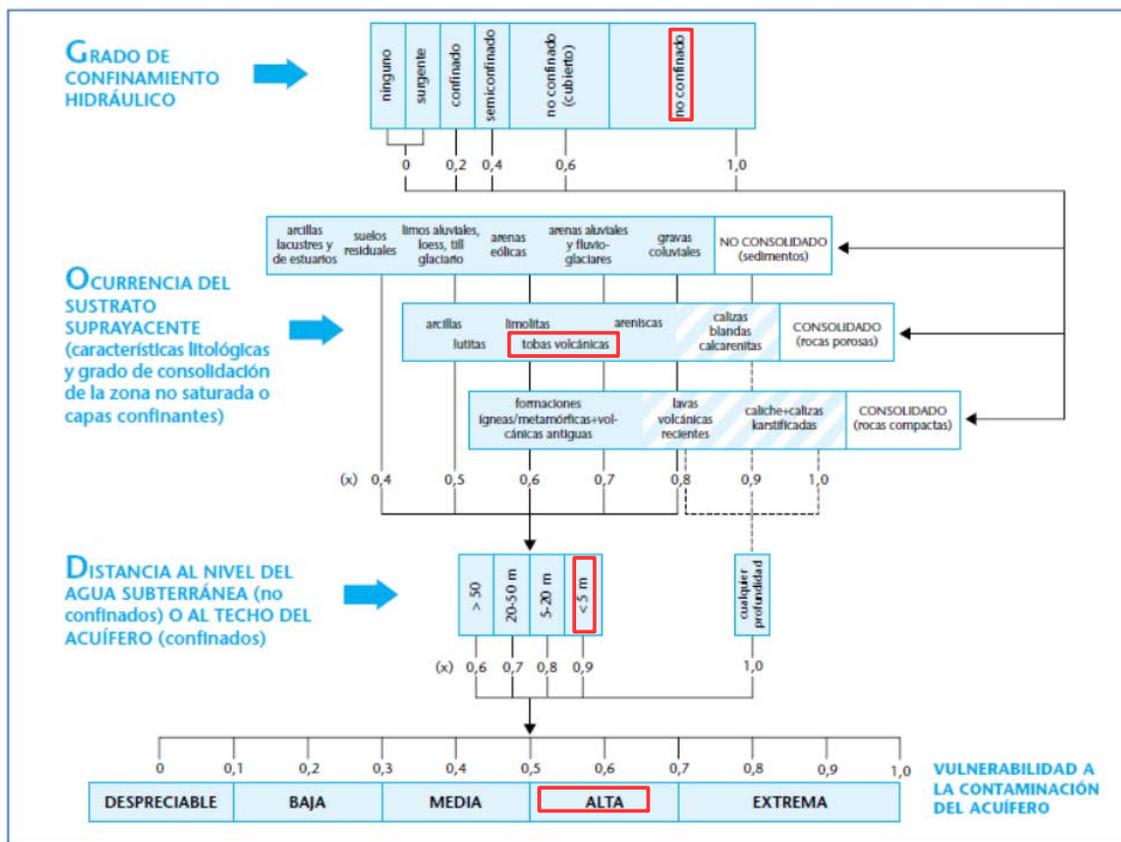
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
 UEN Gestión Ambiental - Área Funcional de Hidrogeología

Figura 10: Zona de Protección Fuentes El Encanto

Elaboró: Geól. Cristina Castanedo.

Abril, 2018

Tabla 18. Método GOD para la evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos.



A modo de resumen se adjuntan las siguientes tablas. Donde se exponen los tiempo de tránsito resultante para la degradación del contaminante patógeno advectivo . (Tabla 19).

Tabla 19. Tiempo de tránsito resultante para la degradación (t_2)

Naciente	b (m)	θ zona no saturada	k (m/día)	i (m/m)	t_1 (d)	t_2 (d)
1 AyA	7	0.3	0.90	1	2.36	67.6
2 AyA	2	0.3	0.25	1	2.40	67.6
3 AyA	2	0.3	0.51	1	1.18	68.8
4 AyA	5	0.3	0.51	1	2.94	67.1
5 AyA	7	0.3	0.51	1	4.12	65.9
6 AyA	8	0.3	0.51	1	4.71	65.3
Encanto Asada	10	0.3	2.14	1	1.4	68.6

La distancia de degradación del contaminante patógeno en flujo horizontal. (Tabla 20)

Tabla 20. Distancia de degradación contaminante patógeno, flujo horizontal (d)

Naciente	t_2 (d)	k acuífero (m/día)	i (m/m)	θ zona no saturada	d (Distancia de degradación) (m)
1 AyA	67.6	0.89	0.392	0.3	78.66
2 AyA	67.6	0.25	0.53	0.3	29.88
3 AyA	68.8	0.51	0.53	0.3	62.01
4 AyA	67.1	0.51	0.53	0.3	60.42
5 AyA	65.9	0.51	0.53	0.3	59.36
6 AyA	65.3	0.51	0.53	0.3	58.83
Encanto Asada	68.6	2.14	0.304	0.3	148.76

Los parámetros para la determinación de la zona de protección absoluta por medio del radio fijo. (Tabla 21)

Tabla 21. Parámetros para determinación de la zona de protección absoluta por medio del radio fijo

Naciente	Q (l/s)	Q (m ³ /día)	t_2 (d)	θ zona saturada	b acuífero (m)	R (radio fijo) (m)
1 AyA	1.17	101.088	67.6	0.3	45	12.7
2 AyA	1	86.4	67.6	0.3	45	11.74
3 AyA	1	86.4	68.8	0.3	45	11.84
4 AyA	2	172.8	67.1	0.3	45	16.53
5 AyA	5	432	65.9	0.3	45	25.91
6 AyA	1	86.4	65.3	0.3	45	11.54
Encanto Asada	13.34	1152.58	68.6	0.3	45	43.19

Cálculo de la longitud a proteger según la Ley de Darcy. (Tabla 22)

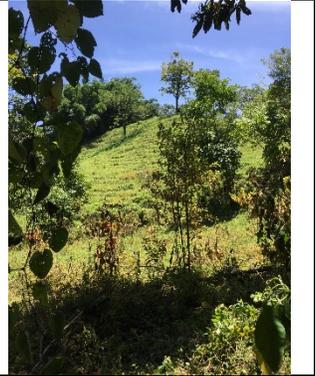
Tabla 22. Longitud a proteger según la Ley de Darcy (L_{Darcy})

Naciente	Q (m ³ /día)	T (m ² /día)	i (m/m)	L_{Darcy}
1 AyA	101.088	60	0.392	4.3
2 AyA	86.4	60	0.53	2.72
3 AyA	86.4	60	0.53	2.72
4 AyA	172.8	60	0.53	5.43
5 AyA	432	60	0.53	13.58
6 AyA	86.4	60	0.53	2.72
Encanto Asada	1152.58	60	0.304	63.19

V. ESTADO DE LAS CAPTACIONES

La naciente n° 1 del AyA, actualmente se encuentra inactiva, debido a que es muy vulnerable porque la quebrada cuando crece se lleva la tubería, la cual está expuesta. Además indica S. Bermúdez, (2017) según comunicación verbal que se ha dañado con los terremotos sucedidos. **(Fotografía 25).**

Las zonas próximas a las nacientes están cubiertas por potreros sin árboles y zonas con pequeños establos y actividad ganadera. **(Fotografías 26 y 27).**

		
<p>Fotografía 25. Fuente #1 Desamparaditos AyA, inactiva. Coordenada N 206982 m, E 497970 m, Costa Rica Lambert Norte.</p>	<p>Fotografías 26. Aguas arriba de la fuente #1 Desamparaditos AyA. Coordenada N 206993 m, E 498015 m, Costa Rica Lambert Norte.</p>	<p>Fotografía 27. Rancho que se abastece de la Quebrada de la Naciente sin captar por AyA ni por Asada. Coordenada N 207023 m, E 498207 m, Costa Rica Lambert Norte.</p>

VI. CALIDAD DE AGUA

En base a la información facilitada por el Laboratorio de Aguas, la cual se adjunta en el **Anexo II**, se indican los reportes de la calidad de agua físico – químico y bacteriológico de las nacientes de Desamparaditos de Puriscal.

El análisis físico – químico realizado en abril de 2017, con n° de indicador AyA-ID-03464-2017, de la Estación de Bombeo de Desamparaditos, indica «Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N°38924-S».

Respecto a los análisis microbiológicos :

- El realizado en abril de 2017, con número de reporte 136935, en Mezcla de Fuentes de Desamparaditos, indica que : « En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano excepto en mezcla de fuentes Desamparaditos...».
- El realizado en mayo de 2017, con número de reporte 137533, en Mezcla de Fuentes de Desamparaditos, indica que : « En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano».
- El realizado en junio de 2017, con número de reporte 137692, en Mezcla de Fuentes de Desamparaditos, indica que : « En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano excepto en mezcla de fuentes Desamparaditos».
- El realizado en julio de 2017, con número de reporte 138258, en Mezcla de Fuentes de Desamparaditos, indica que : « En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano excepto en mezcla de fuentes Desamparaditos».
- El realizado en agosto de 2017, con número de reporte 139036, en Mezcla de Fuentes de Desamparaditos, indica que: «En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano...».
- El realizado en septiembre de 2017, con número de reporte 139387, en Mezcla de Fuentes de Desamparaditos, indica que : « En este análisis puntual las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la calidad del Agua Potable N° 38924-S excepto en la mezcla de fuentes Desamparaditos».

VII. CONCLUSIONES

1. La zona de estudio se encuentra en la subzona A, definida en el Estudio Hidrogeológico Desamparaditos, Barbacoas, Santiago, San Antonio, Cañales y Garita de Puriscal, San José. La Subzona de A, Desamparaditos, se ubica aproximadamente entre las coordenadas Este 496500 – 499000 m y Norte 205000 - 208000 m, Costa Rica Lambert Norte, hoja topográfica Rio Grande (IGNCR), a escala 1:50000.
2. La litología presente en las nacientes está constituida por rocas volcánicas andesíticas y piroclastos de la Formación Grifo Alto.
3. Desde el punto de vista hidrogeológico, la zona en estudio está compuesta por un nivel superficial libre, de bajo potencial hidrogeológico, en brechas volcanicásticas y coluvios, que rige el comportamiento hidrogeológico de las quebradas y nacientes.
4. Existen dos direcciones de flujo del agua. Una dirección de flujo es en dirección N-NW, con un gradiente hidráulico entre la fuente 1, con valor de la isofreática de 800 mbns y la isofreática de 810 mbns de 0.392 m/m. La otra dirección de flujo es hacia el NE, con un gradiente hidráulico entre la naciente 3, isofreática de 845 mbns y la Naciente 1, isofreática de 825 mbns, de 0.304 m/m.
5. Para la naciente n°1 AyA, la zona operacional y de protección absoluta corresponde a un cuadrado de 30 m de lado, con centro en la naciente. La zona de protección absoluta es un polígono de 79 m de largo desde la naciente y de ancho 50 m a cada margen de la quebrada, y aguas abajo corresponde a un arco de 15 m de radio. La zona de protección regulada corresponde a una longitud de 560 m, con ancho según criterio geomorfológico.

Respecto a la vulnerabilidad, según el método GOD, en la zona de protección operacional y zona de protección absoluta de la naciente n° 1 AyA, se obtiene un grado de vulnerabilidad alta.

6. Para la naciente n°2 AyA, la zona operacional y de protección absoluta corresponde a un cuadrado de 30 m de lado, con centro en la naciente. La zona de protección absoluta es un polígono de 30 m de largo desde la naciente y de ancho 50 m a cada margen de la quebrada, y aguas abajo corresponde a un arco de 15 m de radio. La zona de protección regulada corresponde a una longitud de 446 m, con el ancho descrito anteriormente.

Respecto a la vulnerabilidad, según el método GOD, en la zona de protección operacional y zona de protección absoluta de la naciente n° 2 AyA, se obtiene un grado de vulnerabilidad alta.

7. Para las nacientes n°3, 4, 5 y 6 AyA, la zona operacional y de protección absoluta corresponde a un cuadrado de 30 m de lado, con centro en cada una de las nacientes. La zona de protección absoluta es un polígono de 62 m de largo desde la naciente y de 48 m en el borde inferior, y aguas abajo corresponde a un arco de 15 m de radio. La zona de protección regulada corresponde a una longitud de 444 m, con el ancho de 48 m para el borde inferior y de 32 m en el borde superior.

Respecto a la vulnerabilidad, según el método GOD, en la zona de protección operacional y zona de protección absoluta de las nacientes n°3, 4, 5 y 6 AyA, se obtiene un grado de vulnerabilidad alta.

8. Para las nacientes del Encanto, la zona operacional y de protección absoluta corresponde a un cuadrado de 15 m de lado, con centro en la naciente. La zona de protección absoluta es un polígono de 149 m de largo desde la naciente y de ancho 176 m, y aguas abajo corresponde a un arco de 15 m de radio. La zona de protección regulada corresponde a una longitud de 215 m, con el ancho descrito anteriormente.

Respecto a la vulnerabilidad, según el método GOD, en la zona de protección operacional y zona de protección absoluta de las nacientes El Encanto, se obtiene un grado de vulnerabilidad alta.

9. Respecto a la calidad de agua, en base a la información recopilada, el análisis microbiológico realizado en abril de 2017, con n° de indicador AyA-ID-03464-2017, de la Estación de Bombeo de Desamparaditos, indica «Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N°38924-S». Y respecto al último análisis microbiológico realizado en septiembre de 2017, con número de reporte 139387, en Mezcla de Fuentes de Desamparaditos, indica que: «En este análisis puntual las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la calidad del Agua Potable N° 38924-S excepto en la mezcla de fuentes Desamparaditos».

VIII. RECOMENDACIONES

1. Dar seguimiento por parte de Estudios Básicos y la Cantonal de Puriscal para aforar al menos una vez al mes, las Fuentes del AyA de Desamparaditos, las fuentes de la ASADA de Desamparaditos, la Naciente del Trapiche de la ASADA de Desamparaditos, las nacientes no captadas de la ASADA de Desamparaditos y la naciente sin captar por el AyA ni por la ASADA.
2. A la Región Central Oeste, valorar incluir la Fuente 1 al sistema de Desamparaditos.
3. Al Laboratorio Nacional de Aguas, realizar los análisis de calidad físico – químicos periódicamente y valorar sus resultados.

IX. REFERENCIAS

- Comisión Nacional de Emergencias, Mapa de Amenazas y Peligros Naturales del Cantón de Puriscal.
- Peraldo, G., 1996, “Amenaza de deslizamientos en el cantón de Puriscal y problemática de la ciudad de Santiago.” Tesis Licenciatura en Geología. Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica.
- ITCR – Instituto Tecnológico Costarricense, 2008. Atlas Digital 2008. Cartago. Costa Rica.
- Informe Interno: Estudio Hidrogeológico Desamparaditos, Barbacoas, Santiago, San Antonio, Cañales, y Garita de Puriscal, San José. AyA. 2017.
- Informe Interno: Informe Preliminar de mediciones de caudal en Desamparaditos de Puriscal. Estudios Básicos. AyA 2018.

X. ANEXOS

ANEXO I: POZO SENARA

ANEXO II: ANÁLISIS DE AGUAS

X. ANEXOS

ANEXO I: POZO SENARA

REPORTE FINAL DE PERFORACIÓN POZO N°: RG-745.		Empresa perforadora: PERFORACIONES NUEVO MILENIO DE CIUDAD COLON, S. A. Cédula jurídica: 3-101-315271. Teléfonos: 249-2016, 386-8894. Fax: 249-0573.							
Permiso de perforación IMN-DA-0262-2005.	BITACORA N°: 2633-05 Colegio de Geólogos	UBICACIÓN CARTOGRÁFICA							
Ubicado en: Junquillo Arriba de Santiago de Puriscal, San José.									
Croquis del pozo con relación al terreno:		Latitud: 202.311 Norte. Longitud: 502.172 Este Hoja: Río Grande (3345-IV). Escala 1: 50.000-IGN.							
		Propietario:							
DANZA DE MARIPOSAS, S.A. Cédula jurídica: 3-101-363801. Teléfono: 416-8717. Apdo. Postal: 102-6000, Puriscal. Correo electrónico: peacep/ace@racsa.co.cr									
Usos que se dará al agua: Doméstico y riego.	Método de perforación: Percusión a cable.	Equipo de perforación: Bucyrus-Erie. Serie 22 W.							
Inicio de la perforación: 14 de marzo del 2005.	Fin de la perforación: 30 de marzo del 2005.	Profundidad total: 46 metros.							
VARIACIÓN DEL NIVEL DEL AGUA Y AVANCE DE LA PERFORACIÓN. Profundidad (m) Nivel del agua (m) Durante la perforación no se observó variaciones significativas en el nivel del agua subterránea, ésta apareció a 7 metros de profundidad y ahí se mantuvo hasta el final.	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DETALLADA <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tramo</th> <th>Descripción litológica</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>▪ Toba (0-15 m):</td> <td>Constituida por minerales y pequeños fragmentos líticos, bien cementados en una matriz fina de color café claro, parcialmente alterada y con baja a moderada permeabilidad aparente.</td> </tr> <tr> <td>▪ Lava (15-46 m):</td> <td>De color gris oscuro, composición andesítica, textura afanítica ligeramente porfirítica, con fenocristales de plagioclasas y piriboles. Ligeramente alterada, algo oxidada, fracturada y con moderada permeabilidad aparente.</td> </tr> </tbody> </table>			Tramo	Descripción litológica	▪ Toba (0-15 m):	Constituida por minerales y pequeños fragmentos líticos, bien cementados en una matriz fina de color café claro, parcialmente alterada y con baja a moderada permeabilidad aparente.	▪ Lava (15-46 m):	De color gris oscuro, composición andesítica, textura afanítica ligeramente porfirítica, con fenocristales de plagioclasas y piriboles. Ligeramente alterada, algo oxidada, fracturada y con moderada permeabilidad aparente.
Tramo	Descripción litológica								
▪ Toba (0-15 m):	Constituida por minerales y pequeños fragmentos líticos, bien cementados en una matriz fina de color café claro, parcialmente alterada y con baja a moderada permeabilidad aparente.								
▪ Lava (15-46 m):	De color gris oscuro, composición andesítica, textura afanítica ligeramente porfirítica, con fenocristales de plagioclasas y piriboles. Ligeramente alterada, algo oxidada, fracturada y con moderada permeabilidad aparente.								
CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS ENCONTRADAS La perforación cortó rocas volcánicas pertenecientes posiblemente a la Formación Grifo Alto, las cuales en términos generales presentan buenas condiciones de permeabilidad y porosidad secundaria, de ahí que la producción de agua del pozo sea relativamente buena.									

ANEXO II: ANÁLISIS DE AGUAS



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-03464-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Rios, Carilago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
e mail: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE-049
Acreditado a partir de 11/02/2008

Alcance disponible en www.eca.org

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	Region Central		Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	Ing. Lucía Yglesias González		Muestreado por	Calvo Mora Juan	
SISTEMA:	CO-A-17-SANTIAGO		Fecha de muestreo	19-abr-17	
			Fecha de ingreso :	20-abr-17	
Muestreo:	MEZCLA DE FUENTES DESAMPARADITOS		Fecha de Reporte:	27-abr-17	
Dirección:	Estación de bombeo		Inicio Análisis MIC:		
			Teléfono:	2240-06-69	
PROVINCIA:	San Jose	CANTON:	Puriscal	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	lyglesias@aya.go.cr	Fax:		Hora de recolección:	08:20

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	118	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	D.	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	2,9	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	41,5	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	D.	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	268	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	104	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	125	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	5,2	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	24,90	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	6,86		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10

Página 1 de 2

Rige: 16/01/17

AYA

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-03464-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N° LE-049
Acreditado a partir de 11/02/2006

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Potasio	*	D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	10,5	mg/L	1,9	2,0	2,5	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	1,66	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	25,0	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °	
Turbiedad	*	0,15	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

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

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

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

D.: Detectable pero no cuantificable

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

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Observaciones:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

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

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química

Página 2 de 2	Rige: 16/01/17 AYA	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
---------------	-----------------------	---



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-04897-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Carilago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
e-mail: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º. LE 049
Acreditado a partir de: 11/02/2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	Region Central		Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	Ing. Lucía Yglesias González		Muestreado por	Carballo González	
SISTEMA:	CO-A-18-MERCEDES DE PURISCAL		Fecha de muestreo	25-may-17	
			Fecha de ingreso :	25-may-17	
Muestreo:	FUENTE GARITA		Fecha de Reporte:	02-jun-17	
Dirección:	Tanque de Captación		Inicio Análisis MIC:		
			Teléfono:	2240-06-69	
PROVINCIA:	San Jose	CANTON:	Puriscal	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	lyglesias@aya.go.cr	Fax:		Hora de recolección:	13:30

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	58	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	N.D.	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	N.D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	16,0	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	N.D.	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	5	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	146	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	40	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	63	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	5,5	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	7,99	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1

Página 1 de 2

Rige: 16/01/17
AYA

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-04897-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE-049
Acreditada por el 11 de 2008
Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	7,62		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125 B		10
Sodio	*	3,2	mg/L	1,9	2,0	2,5	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	N.D.	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	24,1	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °	
Turbiedad	*	1,20	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

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

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

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

D.: Detectable pero no cuantificable

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

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Observaciones:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

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

A. Urbina Campos

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-03466-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 278 5973
e-mail: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE 249
Acreditado a partir de 11/02/2008

Alcance disponible en www.eca.go.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	Region Central		Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	Ing. Lucía Yglesias González		Muestreado por	Calvo Mora Juan	
SISTEMA:	CO-A-17-SANTIAGO		Fecha de muestreo	19-abr-17	
			Fecha de ingreso :	20-abr-17	
Muestreo:	FUENTE CAÑALITOS		Fecha de Reporte:	27-abr-17	
Dirección:	Estación de bombeo		Inicio Análisis MIC:		
			Teléfono:	2240-06-69	
PROVINCIA:	San Jose	CANTON:	Puriscal	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	lyglesias@aya.go.cr	Fax:		Hora de recolección:	09:50

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	135	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	5,9	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	29,7	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	D.	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	D.	UPt-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	252	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	74	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	122	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	11,7	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	D.	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1
Olor	**	Acceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Acceptable	Acceptable

Página 1 de 2

Rige: 16/01/17
AYA

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-03466-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: dmora@aya.gg.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación No. LE 049
Fechado a partir de 11.07.2000

Alcance disponible en www.eqa.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
pH	*	6,92		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	7,4	mg/L	1,9	2,0	2,5	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	D.	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	23,8	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °	
Turbiedad	*	N.D.	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

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

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

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

D.: Detectable pero no cuantificable

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

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Observaciones:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

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

A. Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química

Página 2 de 2	Rige: 16/01/17 AYA	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
---------------	-----------------------	---



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-01081-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Carliago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5073
e mail: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE 549
Acreditada por el 11 de 2008
Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	Region Central		Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	Ing. Lucía Yglesias González		Muestreado por	Calvo Mora Juan	
SISTEMA:	CO-A-21-BARBACOAS		Fecha de muestreo	14-feb-17	
			Fecha de ingreso :	15-feb-17	
Muestreo:	NACIENTE		Fecha de Reporte:	24-feb-17	
Dirección:	REBOSE		Inicio Análisis MIC:		
			Teléfono:	2240-06-69	
PROVINCIA:	San Jose	CANTON:	Puriscal	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	lyglesias@aya.go.cr	Fax:		Hora de recolección:	11:15

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	52	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	D.	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	10,7	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloro Residual Libre	*	0,07	mg/L	0,02	0,02	0,05	4500-Cl G	0,3	0,6
Cloruros	*	N.D.	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	96	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	27	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	40	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	3,0	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	3,2	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	3,93	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	7,00		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-01081-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279 5973
em ail: 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

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	6,3	mg/L	1,9	2,0	2,5	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	N.D.	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	23,0	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	N.D.	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

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

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

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

D.: Detectable pero no cuantificable

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

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Muy poco agua en la red.

Observaciones:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

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

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-07131-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
e-mail: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación EN-LE-049
Acreditada por el 11/02/2008
Alcance disponible en www.eca.gub.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	Región Central		Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	Ing. Lucía Yglesias González		Muestreado por	Carballo González
SISTEMA:	CO-A-20-LA FILA (CORROGRES)		Fecha de muestreo	20-jul-17
			Fecha de ingreso :	20-jul-17
Muestreo:	MEZCLA DE NACIENTES		Fecha de Reporte:	28-jul-17
Dirección:	Tubo de salida		Inicio Análisis MIC:	
			Teléfono:	2240-06-69
PROVINCIA:	San Jose	CANTON: Mora	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	lyglesias@aya.go.cr	Fax:	Hora de recolección:	09:30

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	174	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	N.D.	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	N.D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	43,3	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B	100	
Cloruros	*	1,73	mg/L	0,49	0,81	1,10	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPt-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	347	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	108	mg/L	1,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	146	mg/L	1,0	2,0	4,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	0,10	mg/L	0,027	0,055	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,70	4110B Cro		
Hierro	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	9,2	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	2,67	mg/L	0,53	0,75	1,80	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,060	0,10	4110B Cro		0,1
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	7,44		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	

Página 1 de 2

Rige: 16/01/17
AYA

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-07131-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cariago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE-049
Acreditada a partir de 11/02/2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	N.D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125B		10
Sodio	*	12,0	mg/L	1,9	2,0	2,5	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	D.	mg/L	0,79	0,81	1,30	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	23,6	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °	
Turbiedad	*	0,45	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

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

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

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

D.: Detectable pero no cuantificable

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

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Observaciones:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

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

A. Urbina Campos

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química

Página 2 de 2	Rige: 16/01/17 AYA	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
---------------	-----------------------	---



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Sistema: CO-A-20-LA FILA (CORROGRES)	Solicitado por: REGION CENTRAL	Recolección: 20/01/2017
Canton: MORA	Recolectado por: MICHAEL HERNÁNDEZ	Conclusión análisis: 21/01/2017
Provincia: SAN JOSÉ	Número reporte: 135601	Emisión reporte: 27/01/2017

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 ml ¹		Presencia E. coli 44.5° C
			TOTALES	FECALES	
MEZCLA DE NACIENTES	11:10			Negativo	Negativo
TANQUE DE DISTRIBUCIÓN Primer Usuario	11:35	0,40		Negativo	Negativo
Red: CALLE JIMÉNEZ Sra. Nidia Ramírez Alvarado	11:50	0,34		Negativo	Negativo
CALLE CUBILLO Sr. Cristóbal Cubillo	12:10	0,34		Negativo	Negativo
BAJO CLARAS Sra. Patricia Hernández Ortega	12:25	0,32		Negativo	Negativo

1- Orden: 0265-17.

2 -Criterio de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 38924-S. Valor alerta y valor máximo admisible: negativo por coliformas fecales y E.coli. 3-En este análisis puntual el agua, una vez que se somete al proceso de desinfección, cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano.

Handwritten signature and date:
24/01/2017
MOC 1162

PROFESIONAL RESPONSABLE: _____ AREA MICROBIOLOGIA

"Vigilarnos la calidad del agua por su salud"



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Sistema: CO-A-20-LA FILA (CORROGRES)	Solicitado por: REGION CENTRAL	Recolección: 28/04/2017
Canton: MORA	Recolectado por: INGRID PAOLA ARRONIS	Conclusión análisis: 28/04/2017
Provincia: SAN JOSÉ	Número reporte: 137003	Emisión reporte: 04/05/2017

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/l.	COLIFORMES * 100 ml. ¹		NAP E. coli 44.5° C
			TOTALES	FECALES	
NACIENTE 1 205,547/503,814/989	10:40			33,1	Negativo
NACIENTE 2 205,570/503,814/992	11:05			25,9	4,1
MEZCLA DE NACIENTES	11:20			8,4	Negativo
TANQUE CISTERNA: MEZCLA DE NACIENTES	11:30			8,4	Negativo
TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	11:40	0,42		Negativo	Negativo
Red: CALLE JIMÉNEZ Fábrica de Mallas	11:55	0,44		Negativo	Negativo
CALLE CUBILLO Sr. Cristian Cubillo Cubillo	12:15	0,43		Negativo	Negativo
BAJO CLARAS Sr. Marvin Cambrenero	12:30	0,45		Negativo	Negativo

1- Orden: 01987-17.

2- Criterio de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 38924-S. Vu or alerta y valor máximo admisible: negativo por coliformes fecales y E.coli. 3-En este análisis puntual el agua, una vez que se somete al proceso de desinfección, cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano.

Handwritten signature and initials
NOC 1162

PROFESIONAL RESPONSABLE:

AREA MICROBIOLOGIA

"Vigilamos la calidad del agua por su salud"



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Sistema: CO-A-20-LA FILA (CORROGRES)	Solicitado por: REGION CENTRAL	Recolección: 20/07/2017
Canton: MORA	Recolectado por: JORGE CARRALLO G.	Conclusión análisis: 21/07/2017
Provincia: SAN JOSÉ	Número reporte: 138422	Emisión reporte: 24/07/2017

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/l.	COLIFORMES * 100 ml ⁻¹		NMP E. coli 44.5° C
			TOTALES	FECALÉS	
MEZCLA DE NACIENTES Tubo de salida	9:30			Negativo	Negativo
TANQUE CISTERNA: MEZCLA DE NACIENTES	9:56			Negativo	Negativo
TANQUE DE DISTRIBUCIÓN Primer usuario	10:19	0,46		Negativo	Negativo
Red: CALLE JIMÉNEZ Sra. Ingrid Cruz	11:00	0,56		Negativo	Negativo
CALLE CUBILLO T. Automóvil C-3 Sr. Cristiano Cubillo	11:19	0,42		Negativo	Negativo
BAJO CLARAS Sra. Eliza Centronero	11:39	0,51		Negativo	Negativo

1- Orden: 03584-17.

2- Criterio de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 33324-S. Va or alerta y valor máximo admisible: negativo por coliformes focales y E.coli. 3-En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano.

Jorge Carrallo
HOC 1162

PROFESIONAL RESPONSABLE

AREA MICROBIOLOGIA

"Vigilamos la calidad del agua por su salud"



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Sistema: CO-A-20-LA FILA (CORROGRES)	Solicitado por: REGION CENTRAL	Recolección: 20/10/2017
Cantón: MORA	Recolectado por: RAFAEL SOLIS	Conclusión análisis: 22/10/2017
Provincia: SAN JOSÉ	Número reporte: 139967	Emisión reporte: 27/10/2017

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 ml:		NMP E. coli 44.5° C
			TOTALES	FECALES	
MEZCLA DE NACIENTES Entrada al tanque	10:10			1,0	1,0
TANQUE CISTERNA: MEZCLA DE NACIENTES Salida	10:15	0,30		Negativo	Negativo
TANQUE DE DISTRIBUCIÓN Primer Usuario	10:30	0,52		Negativo	Negativo
Red: CALLE JIMÉNEZ Sr. Emilio Mxa Casante	10:45	0,47		Negativo	Negativo
CALLE CUBILLO Escuela Adela Rodríguez Venegas	10:55	0,38		Negativo	Negativo
BAJO CLARAS Sra. Gabriela Solano Rivera	11:05	0,41		Negativo	Negativo

1- Orden: 05506-17.

2- Criterio de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 33924-S. Va or alerta y valor máximo admisible: negativo por coliformes fecales y E.coli. 3--En este análisis puntual, una vez que se someta al proceso de desinfección, el agua cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

Autógrafa
17/10/17
MDC 1162

PROFESIONAL RESPONSABLE	AREA MICROBIOLOGIA
-------------------------	--------------------

"Vigilamos la calidad del agua por su salud"



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Sistema: CO-A-21-BARBACOAS	Solicitado por: REGION CENTRAL	Recolección: 14/02/2017
Cantón: PURISCAL	Recolectado por: JUAN CARLOS CALVO MORA	Conclusión análisis: 18/02/2017
Provincia: SAN JOSÉ	Número reporte: 136016	Emisión reporte: 20/02/2017

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 ml ⁻¹		Presencia E. coli 44.5° C
			TOTALES	FECAL	
NACIENTE 203,800/497,757/1060 Reboso	11:15	0,37		11	Positivo
TANQUE DE DISTRIBUCION Tapa de Inspección	10:45	0,32		Negativo	Negativo
Red: SECTOR EQUIPO BOMBEO Sr. Gilbert Agüero Mora	11:00	0,30		Negativo	Negativo
CENTRO Hedadería San Martín	10:37	0,23		Negativo	Negativo
BAJO GONZALEZ Sr. Luis González	11:33	0,32		Negativo	Negativo
BAJO BURGOS Sr. José A. Guesada Quirós	10:25	0,34		Negativo	Negativo
BAJO MORAS Sr. Omar Rotana	11:55	0,41		Negativo	Negativo

1- Orden: 0665-17.

2- Reporte de campo: hay muy poca agua en la red.

3- Criterio de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 33924-S. Va or alerta y valor máximo admisible: negativo por coliformes fecales y E.coli. 4-En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano excepto en nacimiento.

Handwritten signature and number: 04495 HOC 1162

PROFESIONAL RESPONSABLE	AREA MICROBIOLOGIA
-------------------------	--------------------

"Vigilarnos la calidad del agua por su salud"



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Sistema: CO-A-21-BARBACOAS	Solicitado por: REGION CENTRAL	Recolección: 29/08/2017
Canton: PURISCAL	Recolectado por: MICHAEL HERNÁNDEZ	Conclusión análisis: 01/09/2017
Provincia: SAN JOSÉ	Número reporte: 139134	Emisión reporte: 05/09/2017

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 ml ⁻¹		NMP E coli-41.5° C
			TOTALES	FECALES	
NACIENTE 203.800/497,757/1060	7:35			240	240
TANQUE DE DISTRIBUCION	7:45			Negativo	Negativo
Red: SECTOR EQUIPO BOMBEO Sr. Raul Obando Montero	7:55	0,38		Negativo	Negativo
CENTRO Soda Donde Ana	8:05	0,37		Negativo	Negativo
BAJO BURGOS Sr. Minor Burgos Burgos	8:30	0,41		Negativo	Negativo
BAJO MORAS Sr. Olma Cuchillo Mora	8:42	0,37		Negativo	Negativo

1- Orden: 04419-17.

2- Criterio de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 33324-S. Va or alerta y valor máximo admisible: negativo por coliformes fecales y E.coli. 3-En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano excepto en la naciente.

(R): Puntic a reanuestroar

10/11/19
100 1162

PROFESIONAL RESPONSABLE:	AREA MICROBIOLOGIA
--------------------------	--------------------

"Vigilarnos la calidad del agua por su salud"



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Sistema: CO-A-17-SANTIAGO	Solicitado por: REGION CENTRAL	Recolección: 19/04/2017
Canton: PURISCAL	Recolectado por: JUAN CARLOS CALVO MORA	Conclusión análisis: 21/04/2017
Provincia: SAN JOSÉ	Número reporte: 136935	Emisión reporte: 24/04/2017

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 ml ⁻¹		NMP E. coli 44.5° C
			TOTALES	FECALES	
MEZCLA DE FUENTES DESAMPARADITOS Estación de Bombeo	8:20			2,0	2,0
FUENTE CAÑALES 201,466/502,076/997 Estación de Bombeo	9:45			Negativo	Negativo
FUENTE CAÑALITOS 201,547/502,643/997 Estación de Bombeo	9:50			214,3	204,6
TANQUE JUNQUILLO 2 (METALICO) Llave de hierro	9:30	0,35		Negativo	Negativo
Red: BAJO BADILLA Sra. Teresa Bacilla	10:15	0,56		Negativo	Negativo
BAJO LA LEGUA Iglesia Católica	11:48	0,39		Negativo	Negativo
SANTIAGO CENTRO Oficina Aya	12:15	0,35		Negativo	Negativo
EL CARMEN (SANTIAGO) Ciclo Dobars	8:48	0,51		Negativo	Negativo
LOS ANGELES (SANTIAGO) Soda Karen	8:59	0,49		Negativo	Negativo
CORAZON DE JESUS (SANTIAGO) Plantel Aya	9:10	0,10		Negativo	Negativo

1- Orden: 01793-17.

2- Reporte de campo: sistema operando normalmente.

3- Criterio de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 33924-S. Valor alerta y valor máximo admisible: negativo por coliformes fecales y E.coli. 4-En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano excepto en mezcla de fuentes Desamparaditos y en fuente Cañalitos. 5- Se recomienda mantener un residual mínimo de 0,3 mg/L. de cloro en los puntos más distales de la red de distribución.

Handwritten signature and text: "A. Rojas ROC 1162"

PROFESIONAL RESPONSABLE

AREA MICROBIOLOGIA

"Vigilamos la calidad del agua por su salud"



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Sistema: CO-A-17-SANTIAGO	Solicitado por: REGION CENTRAL	Recolección: 25/05/2017
Canton: PURISCAL	Recolectado por: JORGE CARBALLO G.	Conclusión análisis: 27/05/2017
Provincia: SAN JOSÉ	Número reporte: 137533	Emisión reporte: 02/06/2017

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 ml ⁻¹		HMP E. coli 44.5° C
			TOTALES	FECALIS	
MEZCLA DE FUENTES DESAMPARADITOS Tanque de reunión	8:00			Negativo	Negativo
FUENTE CAÑALES 201,466/502,076/997 Tanque de captación	9:20			Negativo	Negativo
FUENTE CAÑALITOS 201,547/502,643/997 Tanque de captación	9:32			3,1	3,1
TANQUE JUNQUILLO 1 (CONCRETO) Primer usuario	12:30	0,30		Negativo	Negativo
TANQUE BAJO LA LEGUA Primer usuario	10:20	0,51		Negativo	Negativo
Rod: JUNQUILLO ARRIBA (SANTIAGO) Sr. Luis Delpado	12:40	0,55		Negativo	Negativo
BAJO LA LEGUA Escuela Bajo La Legua	10:05	0,48		Negativo	Negativo
JUNQUILLO ABAJO (SANTIAGO) Sr. Luis Fernández S	12:55	0,45		Negativo	Negativo
CAÑALES ABAJO Sr. Arnaldo Mora	11:10	0,50		Negativo	Negativo
EL CARMEN (SANTIAGO) Sr. Juan Masón	8:45	0,48		Negativo	Negativo
BAJO BADILLAS Sr. Teresa Badilla	11:40	0,55		Negativo	Negativo

1- Orden: 02529-17.

2- Criterio de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 33924-S. Va or alerta y valor máximo admisible: negativo por coliformes fecales y E.coli. 3- En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para consumo humano excepto en la fuente Cañalitos.

[Handwritten signature]
MOC 1162

PROFESIONAL RESPONSABLE: _____ AREA MICROBIOLOGIA

"Vigilarnos la calidad del agua por su salud"



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Sistema: CO-A-17-SANTIAGO		Solicitado por: REGION CENTRAL		Recolección: 07/06/2017	
Canton: MORA, PURISCAL		Recolectado por: INGRID PAOLA ARRONIS		Conclusión análisis: 10/06/2017	
Provincia: SAN JOSÉ		Número reporte: 137602		Emisión reporte: 12/06/2017	
PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 ml:1		NMP E col/44.5° C
			TOTALES	FECALES	
PLANTA DE TRATAMIENTO: CLORADA	12:38	0,71		Negativo	Negativo
PLANTA DE TRATAMIENTO NUEVA: CLORADA	12:49	0,68		Negativo	Negativo
FUENTE CAÑALES 201,466/502,076/997	9:40			Negativo	Negativo
FUENTE CAÑALITOS 201,547/502,643/997	9:50			Negativo	Negativo
MEZCLA DE FUENTES DESAMPARADITOS	9:10			9	3
TANQUE JUNQUILLO 1 (CONCRETO)	10:50	0,60		Negativo	Negativo
Red: SAN ISIDRO (SANTIAGO) Sr. Luis Dalgado	11:45	0,43		Negativo	Negativo
SECTOR CEMENTERIO (SANTIAGO) Sra. Alicia Rangel	11:57	0,45		Negativo	Negativo
SECTOR ASILO DE ANCIANOS (SANTIAGO)	12:13	0,40		Negativo	Negativo
BAJO LA LEGUA Sr. Mauricio Guzmán(R)	11:22	0,45		11	11
BAJO BADILLAS Monsell Talas	10:57	0,55		Negativo	Negativo
1- Orden: 02744-17.					
2- Criterio de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 33924-S. Va or alerta y valor máximo admisible; negativo por coliformos fecales y E.coli. 3-En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano excepto en mezcla de nacientes Desamparaditos.					
(R): Punto a remuestrear					
PROFESIONAL RESPONSABLE			AREA MICROBIOLOGIA		

"Vigilarnos la calidad del agua por su salud"

Handwritten signature and date: 12/06/17



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Sistema: CO-A-17-SANTIAGO	Solicitado por: REGION CENTRAL	Recolección: 10/07/2017
Canton: PURISCAL	Recolectado por: JUAN CARLOS CALVO MORA	Conclusión análisis: 14/07/2017
Provincia: SAN JOSÉ	Número reporte: 138253	Emisión reporte: 14/07/2017

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 ml ⁻¹		NMAP E coli-44.5° C
			TOTALES	FECALES	
MEZCLA DE FUENTES DESAMPARADITOS Resaca	8:43			>1100	>1100
FUENTE CAÑALES 201,466/502,070/997 Tapa de Inspección	10:40			Negativo	Negativo
FUENTE CAÑALITOS 201,547/502,643/997 Entrada Equipo Bombeo	10:50			3.6	3.6
Red:					
EL CARMEN (SANTIAGO) Ciclo Doble	9:08	0,39		Negativo	Negativo
LOS ANGELES (SANTIAGO) Soda Korta	9:20	0,64		Negativo	Negativo
SANTIAGO CENTRO Plantel AyA	9:37	0,32		Negativo	Negativo
TANQUE JUNQUILLO 2 (METALICO) Primer usuario	9:45	0,49		Negativo	Negativo
Red:					
BAJO LA LEGUA Sr. Hermés Gálvez Chavez.	10:06	0,50		Negativo	Negativo
BAJO BADILLA Sra. Teresa Badilla(r)	10:30	1,35		Negativo	Negativo
CORAZON DE JESUS (SANTIAGO) Fam. León Montoya	11:13	0,70		Negativo	Negativo

1- Orden: 03470-17.

2 Criterio de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 38924-S. Valor alerta y valor máximo admisible; negativo por coliformes fecales y E.coli. 3-En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano excepto en mezcla de fuentes Desamparados y en fuente Cañalitos. 4- Se recomienda mantener un residual máximo de 0,6 mg/L de cloro en los puntos de la red de distribución.

(r): Remuestreo

Handwritten signature and date: 14/07/2017

PROFESIONAL RESPONSABLE:

AREA MICROBIOLOGIA

"Vigilarnos la calidad del agua por su salud"



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Sistema: CO-A-17-SANTIAGO	Solicitado por: REGION CENTRAL	Recolección: 23/08/2017
Canton: MORA, PURISCAL	Recolectado por: JORGE CARBALLO G.	Conclusión análisis: 20/08/2017
Provincia: SAN JOSÉ	Número reporte: 139033	Emisión reporte: 01/09/2017

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 ml ¹		HMP E. coli-45° C
			TOTALES	FECALES	
PLANTA DE TRATAMIENTO: CLORADA	9:40	0,64		Negativo	Negativo
PLANTA DE TRATAMIENTO NUEVA: CLORADA	9:45	0,50		Negativo	Negativo
MEZCLA DE FUENTES DESAMPARADITOS Tubo de salida	10:06			Negativo	Negativo
FUENTE CAÑALES 201,466/502,076/997	10:30			Negativo	Negativo
FUENTE CAÑALITOS 201,547/502,643/997	10:45			10,8	3,1
TANQUE JUNQUILLO 1 (CONCRETO) Tubo de salida	10:55	0,51		Negativo	Negativo
TANQUE BAJO LA LEGUA Primer usuario	12:25	0,50		Negativo	Negativo
Red: JUNQUILLO ARRIBA (SANTIAGO) Sr. Luis Delgado	11:06	0,49		Negativo	Negativo
JUNQUILLO ABAJO (SANTIAGO) Sr. Fernando Madrigal	11:11	0,51		Negativo	Negativo
BAJO LA LEGUA Escuela Doña La Legua	12:10	0,53		Negativo	Negativo
EL CARMEN (SANTIAGO) Sr. Ademar Madrigal	11:20	0,51		Negativo	Negativo
CAÑALES ABAJO Sr. Amado Mora	11:29	0,48		Negativo	Negativo
BAJO BARDILLAS Sra. Tenina Baulita	11:40	0,50		Negativo	Negativo

1- Orden: 04281-17.

2- Criterio de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 38924-S. Valor alerta y valor máximo admisible; negativo por coliformes fecales y E.coli. 3-En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano excepto en la fuente Cañalitos.

Dr. Pablo Rivera Navarro
MDC
Cod. 1684

PROFESIONAL RESPONSABLE

AREA MICROBIOLOGIA

"Vigilamos la calidad del agua por su salud"



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Sistema: CO-A-17-SANTIAGO	Solicitado por: REGION CENTRAL	Recolección: 12/09/2017
Canton: PURISCAL	Recolectado por: MICHAEL HERNÁNDEZ	Conclusión análisis: 14/09/2017
Provincia: SAN JOSÉ	Número reporte: 139307	Emisión reporte: 05/10/2017

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 ml ⁻¹		NMP E. coli 44.5° C
			TOTALES	FECALÉS	
TANQUE JUNQUILLO 1 (CONCRETO) Primer surtidor	14:20	0,67		Negativo	Negativo
MEZCLA DE FUENTES DESAMPARADITOS	1:40			3,1	1,0
FUENTE CAÑALES 201,466/502,076/997 Bomba	14:35			Negativo	Negativo
FUENTE CAÑALITOS 201,547/502,643/997 Bomba	14:40			Negativo	Negativo
Red: SAN ISIDRO (SANTIAGO) Panadería San Isidro	16:15	0,54		Negativo	Negativo
SECTOR CEMENTERIO (SANTIAGO) Sr. Carlos Paniagua	16:00	0,43		Negativo	Negativo
SECTOR ASILO DE ANCIANOS (SANTIAGO)	16:30	0,56		Negativo	Negativo
BAJO LA LEGUA Escuela Bajo La Legua	15:00	0,32		Negativo	Negativo
BAJO BADILLAS Sra. Rorana Barrios	15:30	0,37		Negativo	Negativo

1- Orden: 04793-17.

2- Criterio de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 38924-S. Va or alerta y valor máximo admisible: negativo por coliformes fecales y E.coli. 3-En este análisis puntual las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S excepto en mezcla de fuentes Desamparaditos.

Handwritten signature and date:
05/10/17
HOC 1162

PROFESIONAL RESPONSABLE	AREA MICROBIOLOGIA
-------------------------	--------------------

"Vigilarnos la calidad del agua por su salud"



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Sistema: CO-A-18-MERCEDES DE PURISCAL	Solicitado por: REGION CENTRAL	Recolección: 25/05/2017
Cantón: PURISCAL	Recolectado por: JORGE CARBALLO G.	Conclusión análisis: 27/05/2017
Provincia: SAN JOSÉ	Número reporte 137534	Emisión reporte: 02/06/2017

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 ml:		NMP E coli 44.5° C
			TOTALES	FECALES	
FUENTE GARITA Tanque de captación	13:30			14,5	14,5
TANQUE DE ALMACENAMIENTO Tubo de salida	13:35	0,50		Negativo	Negativo
Red: CENTRO 1 Sr. Roger Agüero	13:49	0,43		Negativo	Negativo
CENTRO 2 Sr. Germán Vargas	13:55	0,40		Negativo	Negativo
SECTOR LA PLAZA Sr. Carlos Madrigal	14:10	0,45		Negativo	Negativo

1- Orden: 02530-17.

2- Criterio de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 38924-S. Valor alerta y valor máximo admisible: negativo por coliformes fecales y E.coli. 3- En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para consumo humano excepto en la fuente Garita.

Handwritten signature and number:
HOC 1162

PROFESIONAL RESPONSABLE:	AREA MICROBIOLOGIA
--------------------------	--------------------

"Vigilarnos la calidad del agua por su salud"



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Sistema: CO-A-18-MERCEDES DE PURISCAL.	Solicitado por: REGION CENTRAL	Recolección: 17/08/2017
Canton: PURISCAL	Recolectado por: MICHAEL HERNÁNDEZ	Conclusión análisis: 19/08/2017
Provincia: SAN JOSÉ	Número reporte: 138803	Emisión reporte: 21/08/2017

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/l	COLIFORMES * 100 ml ⁻¹		NMP E. coli 44,5° C
			TOTALES	FECALES	
FUENTE GARITA	12:20			1,0	1,0
TANQUE DE ALMACENAMIENTO Primer usuario	12:35	0,82		Negativo	Negativo
Red: CENTRO 1 Sr. Henry Andriagel Rubi	12:50	0,58		Negativo	Negativo
CENTRO 2 Escuela Mercedes Norte Puriscal	13:00	0,55		Negativo	Negativo
SECTOR LA PLAZA Sra. Irma Urufo Segura	13:10	0,47		Negativo	Negativo

1- Orden: 04126-17; ID: 07990-17. IR.

2- Criterio de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 38924-S. Va'or alerta y valor máximo admisible: negativo por coliformes fecales y E.coli. 3- En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para consumo humano excepto en la Fuente Garita.

Michael Hernández
MCC 1162

PROFESIONAL RESPONSABLE

AREA MICROBIOLOGIA

"Vigilarnos la calidad del agua por su salud"



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
San José, Costa Rica
Apartado 1097-1200. Teléfono 2291-7274. vramos@aya.go.cr

MEMORANDO

PARA: Yamileth Astorga Espeleta
Presidencia Ejecutiva

FECHA: 27 de abril de 2018

Manuel Salas Pereira
Gerencia General

DE: Viviana Ramos Sánchez
Directora UEN Gestión Ambiental
Dirección Área Funcional Hidrogeología
UEN Gestión Ambiental



ASUNTO: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN ABSOLUTA Y ZONA DE RECARGA DE LAS NACIENTES DE DESAMPARADITOS, PURISCAL, SAN JOSÉ.

A continuación se adjunta la entrega del Estudio Hidrogeológico elaborado por la Geól. Cristina Castanedo, denominado: "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN ABSOLUTA Y ZONA DE RECARGA DE LAS NACIENTES DE DESAMPARADITOS, PURISCAL, SAN JOSÉ."

Cuyas conclusiones son:

1. La zona de estudio se encuentra en la subzona A, definida en el Estudio Hidrogeológico Desamparaditos, Barbacoas, Santiago, San Antonio, Cañales y Garita de Puriscal, San José. La Subzona de A, Desamparaditos, se ubica aproximadamente entre las coordenadas Este 496500 – 499000 m y Norte 205000 - 208000 m, Costa Rica Lambert Norte, hoja topográfica Rio Grande (IGNCR), a escala 1:50000.
2. La litología presente en las nacientes está constituida por rocas volcánicas andesíticas y piroclastos de la Formación Grifo Alto.
3. Desde el punto de vista hidrogeológico, la zona en estudio está compuesta por un nivel superficial libre, de bajo potencial hidrogeológico, en brechas volcanicásticas y coluvios, que rige el comportamiento hidrogeológico de las quebradas y nacientes.
4. Existen dos direcciones de flujo del agua. Una dirección de flujo es en dirección N-NW, con un gradiente hidráulico entre la fuente 1, con valor de la isofreática de 800 mbns y la isofreática de 810 mbns de 0.392 m/m. La otra dirección de flujo es hacia el NE, con un gradiente hidráulico entre la naciente 3, isofreática de 845 mbns y la Naciente 1, isofreática de 825 mbns, de 0.304 m/m.

5. Para la naciente n°1 AyA, la zona operacional y de protección absoluta corresponde a un cuadrado de 30 m de lado, con centro en la naciente. La zona de protección absoluta es un polígono de 79 m de largo desde la naciente y de ancho 50 m a cada margen de la quebrada, y aguas abajo corresponde a un arco de 15 m de radio. La zona de protección regulada corresponde a una longitud de 560 m, con ancho según criterio geomorfológico.

Respecto a la vulnerabilidad, según el método GOD, en la zona de protección operacional y zona de protección absoluta de la naciente n° 1 AyA, se obtiene un grado de vulnerabilidad alta.

6. Para la naciente n°2 AyA, la zona operacional y de protección absoluta corresponde a un cuadrado de 30 m de lado, con centro en la naciente. La zona de protección absoluta es un polígono de 30 m de largo desde la naciente y de ancho 50 m a cada margen de la quebrada, y aguas abajo corresponde a un arco de 15 m de radio. La zona de protección regulada corresponde a una longitud de 446 m, con el ancho descrito anteriormente.

Respecto a la vulnerabilidad, según el método GOD, en la zona de protección operacional y zona de protección absoluta de la naciente n° 2 AyA, se obtiene un grado de vulnerabilidad alta.

7. Para las nacientes n°3, 4, 5 y 6 AyA, la zona operacional y de protección absoluta corresponde a un cuadrado de 30 m de lado, con centro en cada una de las nacientes. La zona de protección absoluta es un polígono de 62 m de largo desde la naciente y de 48 m en el borde inferior, y aguas abajo corresponde a un arco de 15 m de radio. La zona de protección regulada corresponde a una longitud de 444 m, con el ancho de 48 m para el borde inferior y de 32 m en el borde superior.

Respecto a la vulnerabilidad, según el método GOD, en la zona de protección operacional y zona de protección absoluta de las nacientes n°3, 4, 5 y 6 AyA, se obtiene un grado de vulnerabilidad alta.

8. Para las nacientes del Encanto, la zona operacional y de protección absoluta corresponde a un cuadrado de 15 m de lado, con centro en la naciente. La zona de protección absoluta es un polígono de 149 m de largo desde la naciente y de ancho 176 m, y aguas abajo corresponde a un arco de 15 m de radio. La zona de protección regulada corresponde a una longitud de 215 m, con el ancho descrito anteriormente.

Respecto a la vulnerabilidad, según el método GOD, en la zona de protección operacional y zona de protección absoluta de las nacientes El Encanto, se obtiene un grado de vulnerabilidad alta.

9. Respecto a la calidad de agua, en base a la información recopilada, el análisis microbiológico realizado en abril de 2017, con n° de indicador AyA-ID-03464-2017, de la Estación de Bombeo de Desamparaditos, indica «Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N°38924-S». Y respecto al último análisis microbiológicos realizado en septiembre de 2017, con número de reporte 139387, en Mezcla de Fuentes de Desamparaditos, indica que : « En este análisis puntual las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la calidad del Agua Potable N° 38924-S excepto en la mezcla de fuentes Desamparaditos».

Y las recomendaciones del Estudio son:

- Dar seguimiento por parte de Estudios Básicos y la Cantonal de Puriscal para aforar al menos una vez al mes, las Fuentes del AyA de Desamparaditos, las fuentes de la ASADA de Desamparaditos, la Naciente del Trapiche de la ASADA de Desamparaditos, las nacientes no captadas de la ASADA de Desamparaditos y la naciente sin captar por el AyA ni por la ASADA.
- A la Región Central Oeste, valorar incluir la Fuente 1 al sistema de Desamparaditos.
- Al Laboratorio Nacional de Aguas, realizar los análisis de calidad físico – químicos periódicamente y valorar sus resultados.

C: Andrés Sáenz Vega, Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo
Javier Valverde Hernández, UEN Producción y Distribución
Saúl Gerardo Trejos Bastos, UEN Programación y Control
Juan Carlos Vindas Villalobos, Director Regional
Adrián Rojas Barrantes, Estudios Básicos
Jessica Brizuela Corrales, Gerencia General
Darner Mora Alvarado, Laboratorio Nacional de Aguas
Archivo interno n° 180

**-INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
UEN DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL RECURSO HÍDRICO
ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA**



**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE
PROTECCIÓN ABSOLUTA Y ZONA DE RECARGA DE LAS NACIENTES DE
DESAMPARADITOS**

DESAMPARADITOS, PURISCAL, SAN JOSE



Iglesia de Puriscal

Elaboró: Geól. Cristina Castanedo Sotela

Colaboró: Geól. José Daniel Vargas Bolaños

**Asistencia en trabajo de campo:
Gestores Expertos: Sr. Marvin Gómez, Sr. Carlos Murillo
Personal de la Oficina Cantonal de Puriscal
Personal de la ASADA de Desamparaditos**

**Supervisión, Revisión y VB°:
MSc. Viviana Ramos Sánchez, Hidrogeóloga
Dirección UEN Gestión Ambiental**

Abril 2018

