

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



ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

**CÁLCULO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN (OPERACIONAL-ABSOLUTA)
BACTERIOLÓGICA DE LAS NACIENTES CHIVERRALES DE LA ASADA
SAN ANDRÉS, LEÓN CORTÉS**

Elaboró

JOSE MANUEL
JIMENEZ
MURILLO
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
JOSE MANUEL
MURILLO
Fecha: 2020.04.14
14:33:07

**Geól. José Manuel Jiménez
Área Funcional de Hidrogeología**

**Colaboración en el trabajo de campo
Área Funcional de Hidrogeología:
Geól. David Araya Quirós**

CHRISTIAN
EDUARDO DELGADO
SEGURA (FIRMA)

Firmado digitalmente por
CHRISTIAN EDUARDO
DELGADO SEGURA (FIRMA)
Fecha: 2020.04.14 14:33:55
-06:00'

**Revisó: Lic. Christian Delgado Segura
Dirección al Área Funcional de Hidrogeología**

VIVIANA
RAMOS
SANCHEZ
(FIRMA)

Firmado
digitalmente por
VIVIANA RAMOS
SANCHEZ (FIRMA)
Fecha: 2020.04.14
16:28:40 -06:00'

**Revisó y avaló: MSc. Viviana Ramos Sánchez
Dirección UEN Gestión Ambiental**

Abril, 2020



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



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

Yo, **Eric Alonso Bogantes Cabezas**

N° Cédula: 5-251-0327

Dependencia: **Gerencia General**

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

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

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



Firmado digitalmente
por ERIC ALONSO
BOGANTES CABEZAS
(FIRMA)
Fecha: 2021.06.16
17:21:24 -06'00'

Firma: _____

Índice de contenido

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Objetivo del informe.....	4
1.1.1. Objetivo General	4
1.1.2. Objetivos Específicos	4
1.2. Ubicación cartográfica y contextual	5
2. GEOLOGÍA EN LOS ALREDEDORES DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	5
2.1. Formación Carraigres.....	8
2.2. Formación Pacacua.....	8
2.3. Formación Brechas Verdes Coyolar	9
2.4. Formación Peña Negra.....	9
2.5. Formación Grifo Alto	9
2.6. Falla Jaris	10
2.7. Falla La Mesa y Las Delicias	10
2.8. Geología local.....	10
3. CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	12
3.1. Perfil A-B	12
3.2. Curvas equipotenciales y gradiente hidráulico.....	15
4. PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO	15
4.1. Conductividad hidráulica en la zona no saturada.....	15
4.2. Conductividad hidráulica en la zona saturada	18
5. TIEMPO DE TRANSITO DE CONTAMINANTES.....	18
5.1. Zona no saturada.....	18
5.2. Zona saturada	18
6. CALCULO DE LAS ZONAS DE CAPTURA	19
6.1. Zonas de captura	19
6.2. Radio fijo	20
6.3. Ecuación de Darcy.....	21
6.4. Zona de captura geomorfológica.....	21
7. ÁREA ESPECIAL DE PROTECCIÓN ABSOLUTA.....	22
7.1. Zona de protección absoluta.....	22
8. VULNERABILIDAD EN LA ZONA DE PROTECCIÓN INMEDIATA.....	22
9. CALIDAD DE AGUAS	25

10.	CONCLUSIONES	25
11.	REFERENCIAS.....	26

Índice de figuras

Figura 1:	Mapa de ubicación del área en estudio.....	6
Figura 2:	Mapa geológico del área de estudio.....	7
Figura 3:	Mapa de ubicación de nacientes cerca de la fuente en estudio.....	13
Figura 4:	Perfil hidrogeológico A-B.	14
Figura 5:	Curvas equipotenciales y ubicación del perfil hidrogeológico para la naciente en estudio. ...	16
Figura 6:	Mapa de ubicación de las pruebas de infiltración alrededor de la naciente.	17
Figura 7:	Zona de protección naciente en estudio.	23
Figura 8:	Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de la fuente en estudio.....	24

Índice de cuadro

Cuadro 1:	Información general de las fuentes en estudio.....	5
Cuadro 2:	Resultados de las pruebas de infiltración.....	15
Cuadro 3:	Tiempo de tránsito de contaminantes en la zona no saturada para la fuente analizada.	18
Cuadro 4:	Distancia horizontal mínima para la protección de las fuentes.....	19
Cuadro 5:	Ancho de la zona de captura de las fuentes analizadas.	20
Cuadro 6:	Punto de no retorno de las fuentes analizadas.	20
Cuadro 7:	Radio fijo de protección para las fuentes analizadas.	21
Cuadro 8:	Ancho de la zona de captura calculada a partir de la ecuación de Darcy.	21
Cuadro 9:	Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de las fuentes analizadas.	25

Índice de anexos

Anexo 1:	Memorando UEN-GAR-2019-02200.....	29
Anexo 2:	Nota de solicitud por parte de la ASADA de San Andrés.....	30
Anexo 3:	Reporte de caudal registrado para la naciente Chiverrales según MINAE	31
Anexo 4:	Resultados pruebas de infiltración	33
Anexo 5:	Análisis de calidad del agua realizados por el Laboratorio Nacional de Aguas del AyA.....	34

CÁLCULO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN (OPERACIONAL-ABSOLUTA) BACTERIOLÓGICA DE LAS NACIENTES CHIVERRALES DE LA ASADA SAN ANDRÉS, LEÓN CORTÉS

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realiza en atención a la solicitud por parte de la UEN Gestión Acueductos Rurales, mediante oficio UEN-GAR-2019-02200 del 11 de junio del 2019 (Anexo 1), en respuesta a la nota por parte de la ASADA de San Andrés de León Cortés (Anexo 2). Donde se solicita a la Dirección UEN-GA efectuar los estudios pertinentes, con el fin de determinar la zona de protección de la naciente que utiliza el acueducto de la comunidad para el abastecimiento de agua potable.

Así, la Dirección UEN-GA, designa un grupo de trabajo encargado de realizar los estudios correspondientes. La visita al lugar y los ensayos de campo correspondientes se realizaron el 04 y 05 de febrero del 2020.

Por parte de la UEN de Gestión Ambiental – Área Funcional de Hidrogeología asistieron:

- Geól. José Manuel Jiménez Murillo
- Geól. Carlos David Araya Quirós

1.1. Objetivo del informe

1.1.1. Objetivo General

Definir el área especial de protección absoluta (bacteriológica) de las nacientes Chiverrales perteneciente al acueducto rural de San Andrés de León Cortés.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Efectuar un diagnóstico hidrogeológico del entorno en el que se ubican las nacientes en estudio.
- Realizar un cartografiado geológico del sitio.
- Realizar pruebas de infiltración alrededor de las nacientes en dirección aguas arriba, para determinar la conductividad hidráulica de la zona no saturada.
- Determinar el tiempo de tránsito de contaminantes patógenos en el medio acuífero que captan las nacientes y aplicaciones de metodologías legales para la determinación de la zona de protección.
- Definir geográficamente el área correspondiente a la zona de protección de las nacientes.

1.2. Ubicación cartográfica y contextual

La naciente en estudio se ubica en las coordenadas 526,799 E y 190,030 N Lambert Norte, en la Hoja Cartográfica Caraigres, escala 1:50 000 del Instituto Geográfico Nacional. Esta naciente se ubica a 1,8 km al sur del centro urbano de San Andrés de León Cortés (Figura 1).

El acceso a la propiedad donde se ubica la naciente se da por la carretera nacional N°336 hasta el poblado de San Andrés y posteriormente por el camino que comunica este poblado con la comunidad de Ojo de Agua. El camino para acceder a las nacientes presenta material de lastre y se recomienda vehículos de doble tracción.

La captación de esta naciente se observa en la Fotografía 1, mientras que la información relevante de esta se muestra en el Cuadro 1. En el campo se observa que la naciente captada se conforma de dos puntos de salida a los cuales la ASADA los conoce como Chiverrales 1 y Chiverrales 2, sin embargo, para efectos de este informe será tratadas como una única naciente

Cuadro 1: Información general de las fuentes en estudio.

Nombre	Lambert Norte		Q (l/s) *
	Latitud	Longitud	
Chiverrales	190,030	526,799	2,85

*Caudal registrado ante el MINAE aportado por la UEN Gestión de Acueductos Rurales (Anexo 3).



Fotografía 1: Captación de las nacientes Chiverrales. Coordenadas 190,030 N y 526,799 E (proyección Lambert Costa Rica Norte).

2. GEOLOGÍA EN LOS ALREDEDORES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Dentro de la información de carácter regional sobre el tipo de materiales geológicos que se encuentran en la zona de estudio, se reconocen cinco unidades diferentes: Formación Caraigres, Formación Pacacua, Formación Brechas Verdes Coyolar, Formación Peña Negra y Formación Grifo Alto. La distribución geográfica de estas unidades se puede observar en la Figura 2.

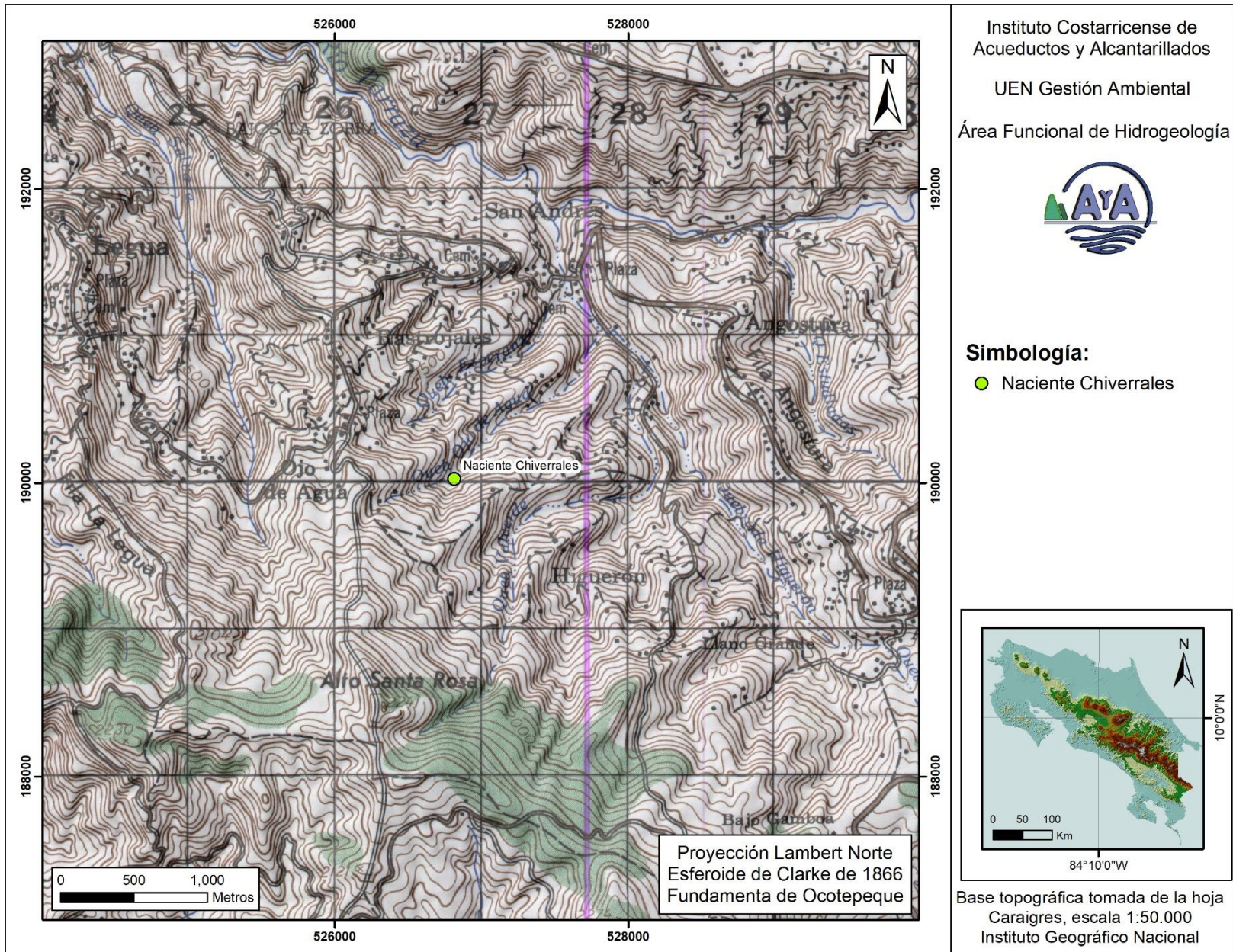


Figura 1: Mapa de ubicación del área en estudio.

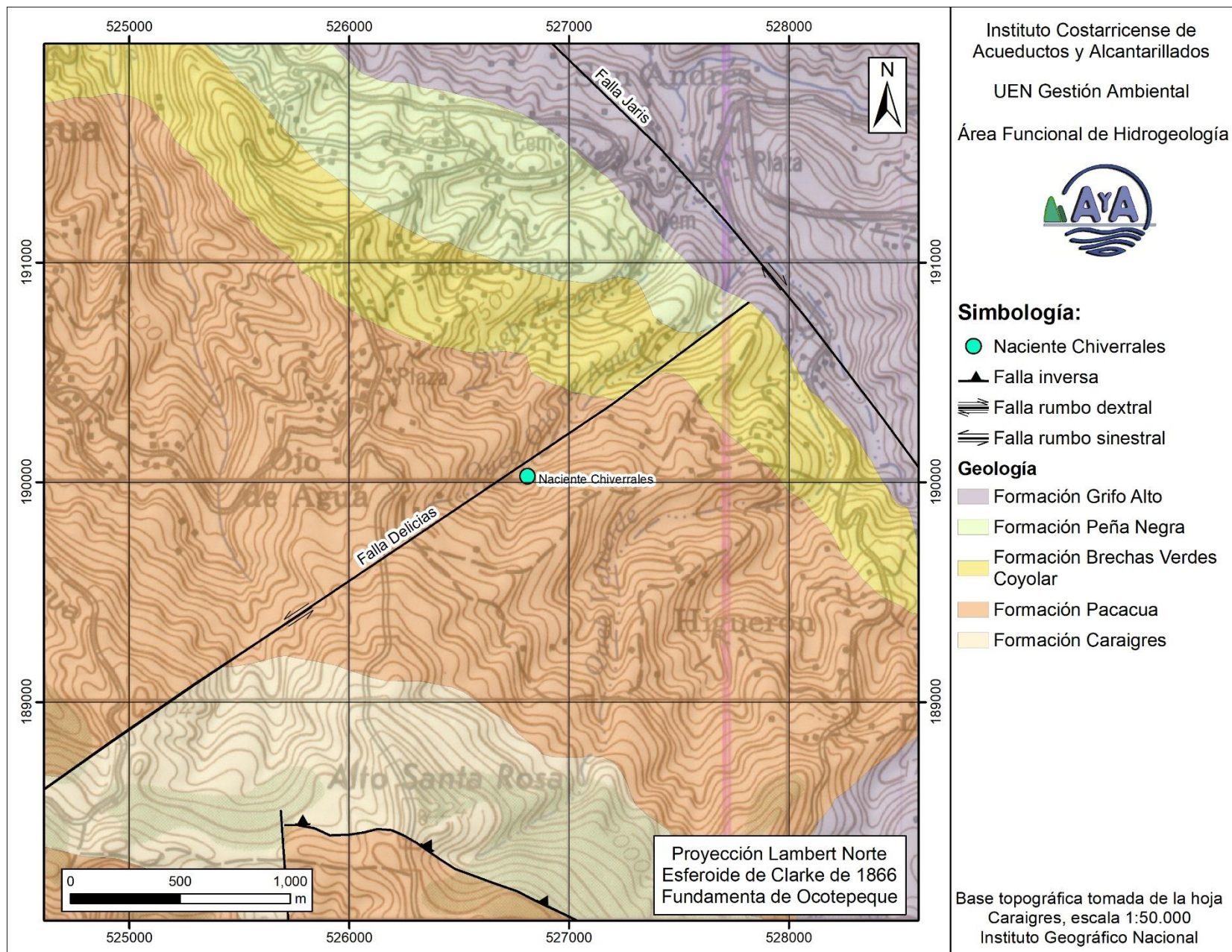


Figura 2: Mapa geológico del área de estudio.

2.1. Formación Caraigres

Denyer & Arias (1991) la describen como estratificaciones de areniscas verdosas y/o grises de granulometría desde fina, media hasta gruesa y brechas de fragmentos angulares con diámetro promedio de 3 cm, con una composición predominantemente de basalto, estos clastos se encuentran flotando en una matriz arenosa.

Esta formación se extiende de este a oeste unos 30 km entre las hojas topográficas Caraigres y Candelaria, con una forma irregular en la base y plana en el techo, con espesores que varían entre 600 m y 1200 m (Denyer & Arias, 1991).

Esta unidad sobreyace regionalmente al Complejo de Nicoya por medio de una inconformidad y de manera concordante sobre la Formación Parritilla. Así mismo la Formación Caraigres se encuentra subyaciendo concordantemente a la Formación Pacacua.

Con base en dataciones de C. Rodríguez (en: Castillo, M., 1988) y la posición estratigráfica se considera que estas rocas se depositaron en el Oligoceno-Mioceno inferior basal.

Según Castillo (1988) el ambiente que dio origen a esta formación fue un ambiente marino con gran variación energética, probablemente en la zona sublitoral, con la presencia de fósiles como bivalvos y gasterópodos.

2.2. Formación Pacacua

Esta unidad es definida formalmente por Castillo (1969) como una secuencia de 1148 m compuesta de conglomerados, areniscas y tobas. Posteriormente Denyer & Arias (1991) corroboran estas descripciones, atribuyendo a estos sedimentos un origen volcánico con colores muy llamativos con predominio del rojo y morado. También, estos autores añaden que se pueden encontrar diques y sills de diabasa con espesores aproximados de 1 m.

Estos últimos autores describen que dentro de la formación se encuentran troncos fósiles, bivalvos y gasterópodos principalmente en moldes, además dentro de las estructuras sedimentarias se reconocen laminación paralela y ondulada, gradación positiva e inversa y estratificación cruzada.

Según Denyer & Arias (1991) esta unidad sobreyace en contacto gradual a la Formación Caraigres, mientras que el contacto superior se presenta en dos estados: una zona de transición de 300 m con las Brechas Verdes Coyolar, o un contacto brusco con la Formación Peña Negra.

Denyer & Arias (1991) utilizaron criterios estratigráficos y determinaron que esta unidad se depositó durante el Mioceno inferior e indican que su ambiente de depositación fue marino somero (sublitoral) con fuerte influencia de un vulcanismo continental contemporáneo a la depositación de las rocas.

2.3. Formación Brechas Verdes Coyolar

De acuerdo con Denyer & Arias (1991) esta formación consiste de varios paquetes de brechas color verde con clastos de 2 a 40 cm flotando en una matriz arenosa. Estos clastos son de composición volcánica, entre andesitas y basaltos con coloraciones verdes.

Según estos autores, esta formación presenta una forma acuñada con un espesor entre los 750 m y los 300 m.

Estratigráficamente sobreyace a la Formación Pacacua, mientras que esta sobreyacida por la Formación Peña Negra (Denyer & Arias, 1991). Estas relaciones estratigráficas indican una edad de formación a finales del Mioceno Inferior e inicios del Mioceno Medio.

2.4. Formación Peña Negra

Anteriormente conocida como Formación Térraba en el Valle Central o unidad superior de la Formación Pacacua. Son Denyer & Arias (1991) quienes definen formalmente esta formación y la separa de la Formación Pacacua, por sus diferencias en litología, así como de origen.

Se pueden diferenciar tres tipos de secuencias dentro de la formación (Denyer & Arias, 1991): La unidad inferior son areniscas medias y finas de color pardo con estratos de tamaños decimétricos. La sección media son lutitas y areniscas finas color negro. La secuencia superior son intercalaciones de guijarros y estratos aislados de calizas, las areniscas son pardas de grano grueso a medio con influencia volcánica.

Tiene un espesor de 1200 m y su forma tabular se acuña hacía el oeste de la zona (Denyer & Arias, 1991). Sobre yace regional mente de forma concordante a la Formación Pacacua y a la Formación Brechas Verdes Coyolar. Subyace a la Formación Turrúcares al norte del área de estudio y a la Formación La Cruz al sur del área de estudio.

Se define su edad en el Mioceno Medio (Rivers, 1979; Sprechmann, 1984).

Su origen de acuerdo con Denyer & Arias (1991) se da en una cuenca en un periodo de calma tectónica y volcánica, donde la responsable de la pérdida de calor es la subsidencia.

2.5. Formación Grifo Alto

Denyer & Arias (1991) clasifican esta unidad como una serie de rocas volcánicas andesíticas y piroclásticas que cubren la secuencia sedimentaria y unidades volcánicas dentro de la zona de estudio. Se trata de un episodio volcánico más explosivo que el de la Formación La Cruz y su depósito se dio previo a la instauración del arco volcánico actual.

Petrográficamente, Denyer & Arias (1991) describen esta formación como lavas andesíticas, en ocasiones con minerales como augita e hipersteno, de color gris, aunque también se observan colores rojizos. De acuerdo con estos autores pueden encontrarse también escasamente basaltos y dacitas

En cuanto a las rocas de origen piroclástico, Denyer & Arias (1991), indican que son depósitos de grano grueso con bloques lávicos y de escorias. Frecuentemente son clastos angulares sostenidos por una matriz lodosa y se encuentra “cocinada”, lo cual evidencia según los autores que es indicativo de una depositación en caliente (>100°C).

Esta formación tiene una forma irregular y se estima un espesor máximo de 1000 m (Denyer & Arias, 1991). Dentro del área de estudio esta formación se encuentra sobreyaciendo a las rocas volcánicas de la Formación La Cruz, además estratigráficamente esta unidad subyace a los Depósitos de Avalancha Ardiente, aunque el contacto entre estas unidades es lateral.

De acuerdo con las dataciones radiométricas $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, realizadas en las andesitas dentro de la zona de estudio, esta unidad tiene un rango de edades desde los 6,10 Ma hasta los 3,5 Ma, correspondiente al periodo geológico del Mioceno superior al Plioceno Inferior (Alvarado & Gans, 2012).

Según las características de estos depósitos, Denyer & Arias (1991) identifican la existencia de varios cerros que funcionaron como puntos de emisión para estas rocas.

2.6. Falla Jaris

Esta falla se ubica al noreste del área de estudio, se extiende a lo largo de 3 km con rumbo de N50°W.

Según Denyer *et al.* (2009), esta falla se considera como neotectónica (activa) con una componente de movimiento de tipo dextral.

2.7. Falla La Mesa y Las Delicias

El trazo de esta falla se localiza al norte de la naciente en estudio, con un rumbo de N56°E.

Son consideradas por Denyer *et al.* (2009) como fallas paleotectónicas (inactivas), lo que significa que vivieron su último periodo de actividad hace más de 1.6 ma. años. Presenta una componente de tipo sinistral, con una longitud de 3,3 km.

2.8. Geología local

Específicamente en la captación de las nacientes Chiverrales, se observan depósitos de clastos de roca rodados por gravedad de diferentes tamaños, entre los 10 cm hasta los 1 m de diámetro (Fotografía 2), el desarrollo de suelo en este punto es mínimo. El brote de agua se da a través de los espacios porosos que se encuentran en la roca aprovechando la poca matriz que presentan estos depósitos. La composición principal de estas rocas es lavas de tipo andesíticas.



Fotografía 2: Clastos de roca rodados en sitio de la naciente en estudio. Coordenadas foto izquierda 190,031 N y 526,812 E, y coordenadas foto derecha 190,032 N y 526,811 E (proyección Lambert Costa Rica Norte).

Estas rocas son provenientes de los cerros que se encuentran aguas arriba de la naciente, con una composición similar a los que se encuentra en los afloramientos camino a la naciente. La génesis de estos depósitos coluviales se debe principalmente a la actividad sísmica de la falla Las Delicias, la cual presenta su trazo al oeste de la naciente de donde se originan este flujo de detritos. Según se observa en la Fotografía 3 el espesor no saturado de estos depósitos puede llegar a los 2 m.



Fotografía 3: Depósitos coluviales aguas arriba de la naciente. Coordenadas 189,969 N y 526,676 E (proyección Lambert Costa Rica Norte).

3. CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Según la base de datos de la Dirección de Agua del MINAE (2019) en un radio de 3 km alrededor de la naciente en estudio no se tiene registro de ningún pozo, sin embargo, si se encuentra registro de varias nacientes inscritas en la base de datos mostradas en la Figura 3 y en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Nacientes en los alrededores del área de estudio

Nombre	Lambert Norte	
	Latitud	Longitud
Nac Sin Nombre	189,099	526,800
Nac Sin Nombre	191,599	525,700
Nac Sin Nombre	188,399	526,300
Nac Sin Nombre	188,199,	525,800
Nac LAS TORRES 3	188,097	526,193
Nac N2 F2	188,124	527,566
Nac N2 F5	188,131	527,560
Nac N5 F4	188,176	527,554
Nac N5 F3	188,182	527,551
Nac N3 WALTER	190,364	526,631
Nac N4 ANA LIVE 1	190,692	526,750
Nac N5 ANA LIVE 2	190,712	526,766
Nac N1 F1	189,593	527,914
Nac N2 F2	189,782	528,091
Nac Sin Nombre	188,199	526,300
Nac N3 F1	188,134	527,558

Según se observó durante la visita de campo la naciente se desarrolla en un depósito de coluvio con clastos rodados pertenecientes a la Formación Pacacua, aflorando producto de la poca matriz que presenta el flujo de detritos. Por lo tanto, este acuífero se clasifica de tipo libre no cubierto.

Con el fin de caracterizar hidrogeológicamente el área de estudio, se elaboró el perfil hidrogeológico A-B, con una dirección suroeste-noreste (Figura 4) y una longitud de 531 m. Esta línea de perfil se observa en el mapa de la Figura 3.

3.1. Perfil A-B

Según se observa en este perfil, bajo el área de estudio se da un predominio de rocas sedimentarias de origen marino, conformado por areniscas con influencia volcánica pertenecientes a la Formación Pacacua. Como se observa en esta línea de perfil las nacientes Chiverrales se encuentran en un depósito de coluvio producto de la actividad tectónica de la falla Las Delicias, el cual puede llegar a presentar espesores máximo de 20 m, sin embargo, a 50 m aguas arriba de la naciente según el perfil hidrogeológico el espesor de este depósito es de 13,7 m. De esto se tiene que el espesor de la zona no saturada en el acuífero es de 2 m, mientras que la zona saturada del acuífero a 50 m aguas arriba de la naciente es de 6,83 m. Subyaciendo este flujo de detritos se encuentran las areniscas de la Formación Pacacua.

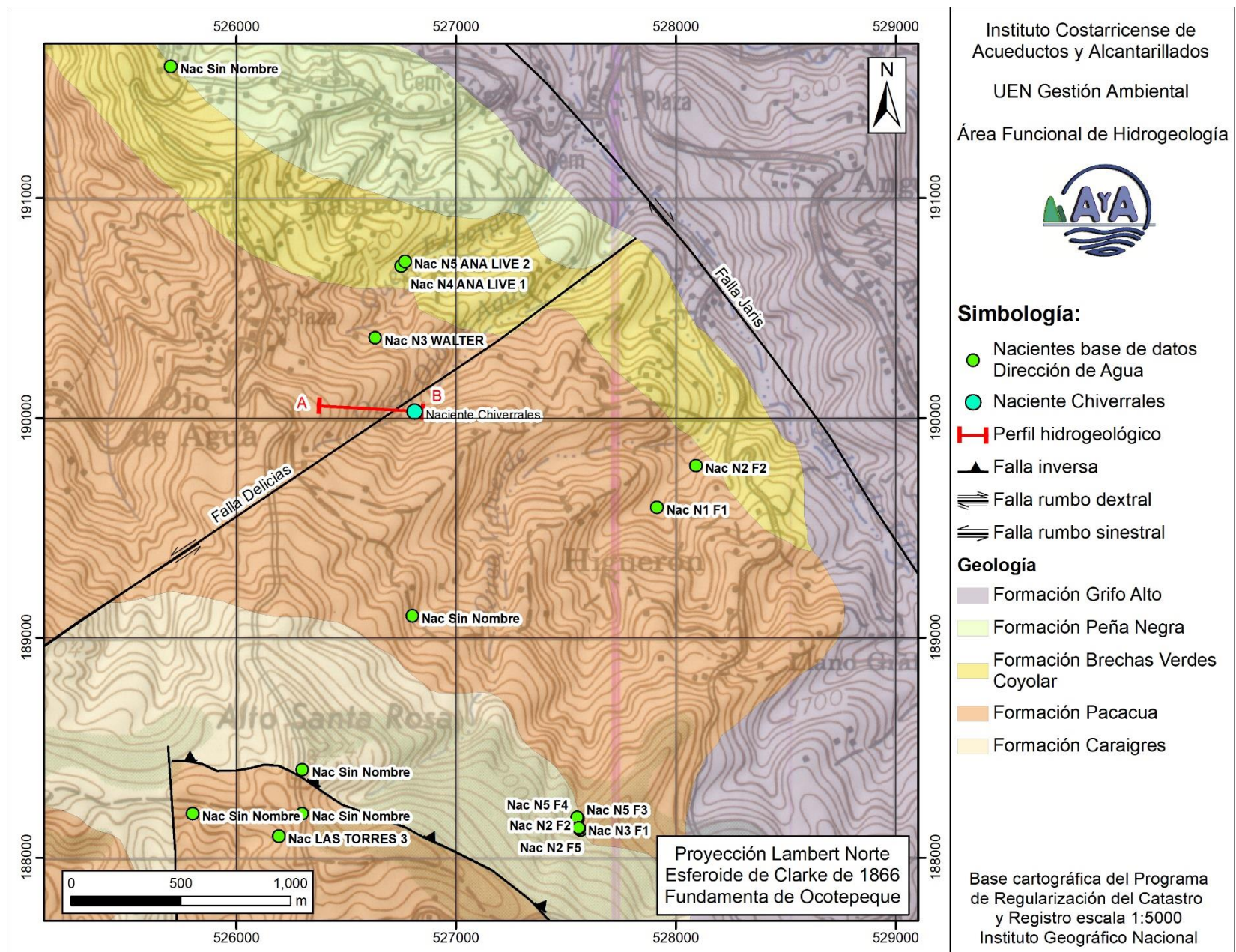


Figura 3: Mapa de ubicación de nacientes cerca de la fuente en estudio.

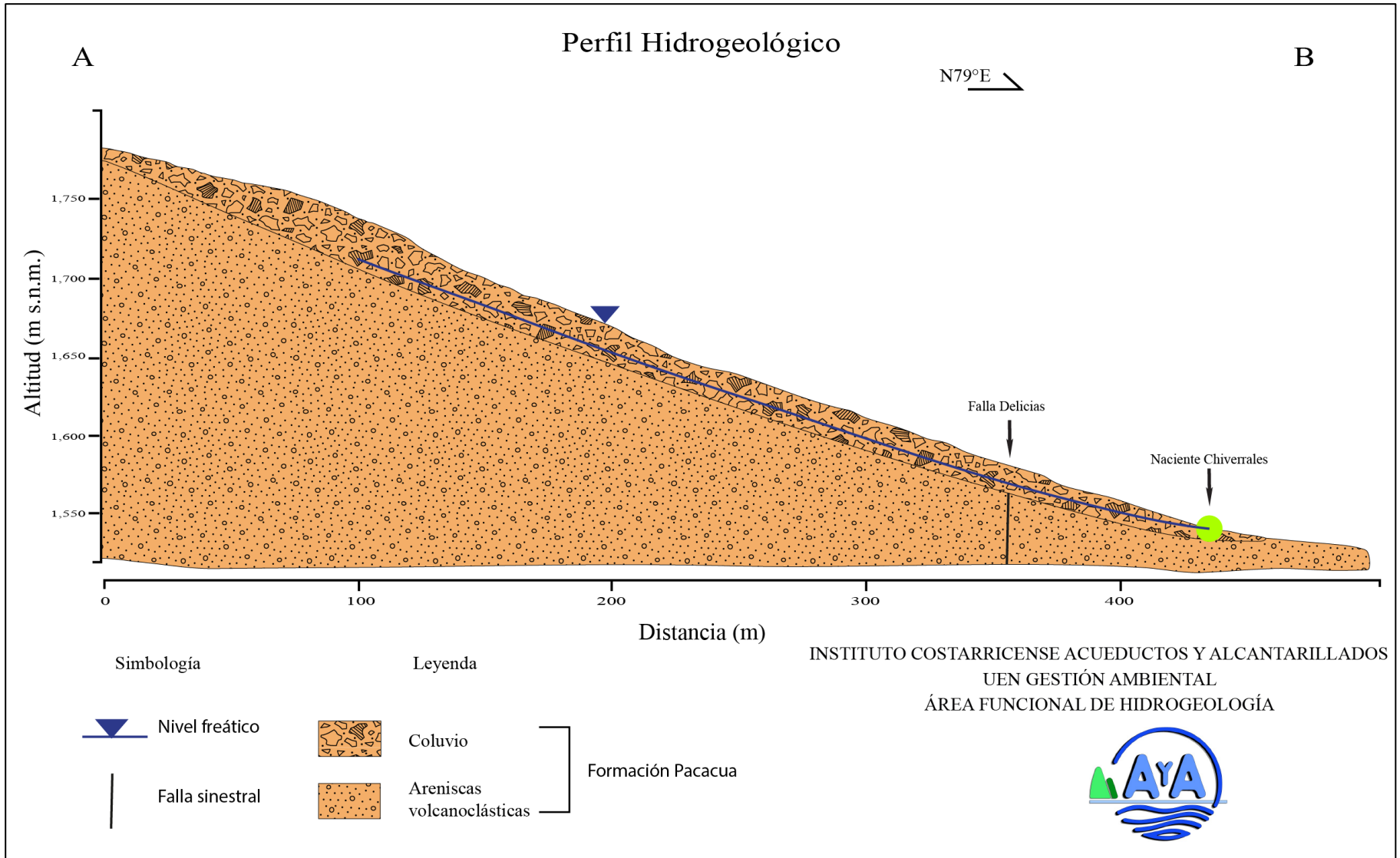


Figura 4: Perfil hidrogeológico A-B.

3.2. Curvas equipotenciales y gradiente hidráulico

Para definir la dirección del flujo subterráneo se elaboró el mapa de líneas isofreáticas de la Figura 5. Para su construcción se tuvo como referencia el nivel freático planteado en el perfil hidrogeológico de la Figura 4, a partir del cual, se elaboraron las curvas equipotenciales.

Como se observa en el mapa de la Figura 5, la dirección de flujo del agua subterránea en la naciente estudiada tiene una dirección predominante hacia el este. El gradiente hidráulico del acuífero fue obtenido a partir de las curvas equipotenciales, midiendo la diferencia de carga hidráulica entre dos líneas equipotenciales y la distancia entre ambas. Por lo tanto, para esta naciente se tiene que:

$$\begin{aligned}\Delta h &= h_2 - h_1 = 1556,6 - 1540 = 16,6 \text{ m} \\ L &= 50 \text{ m} \\ i &= 0,332\end{aligned}$$

Donde:

i: gradiente hidráulico.

h: elevación de las líneas isofreáticas.

L: distancia entre líneas isofreáticas.

Se toma como referencia la elevación de la naciente (1540 m s.n.m.) y la elevación del nivel freático 50 m aguas arriba de la captación (1556,6 m s.n.m.)

4. PARÁMETROS HIDRÁULICOS DEL ACUÍFERO

4.1. Conductividad hidráulica en la zona no saturada

Para conocer las características de los materiales que cubren al acuífero se hicieron 2 pruebas de infiltración directamente sobre el terreno en los alrededores de la naciente, cuya ubicación se observa en la Figura 6. En el Cuadro 3 y en el Anexo 4 se observan los resultados obtenidos con estos ensayos.

Cuadro 3: Resultados de las pruebas de infiltración.

Nacientes	Código	Lambert Norte		Infil (cm/min)	Infil (cm/seg)	Infil (m/día)	Tipo de suelo
		Latitud	Longitud				
Chiverrales	SA-1	190,032	526,797	1,33	0,022	19,18	Arenoso
	SA-2	190,034	526,605	0,67	0,011	9,73	Arenoso

A partir de estos resultados se tiene una infiltración promedio en los alrededores de la fuente de 14,45 m/día. El valor de porosidad para los suelos se tomará según la clasificación de Sander (1998), siendo de 0,30.

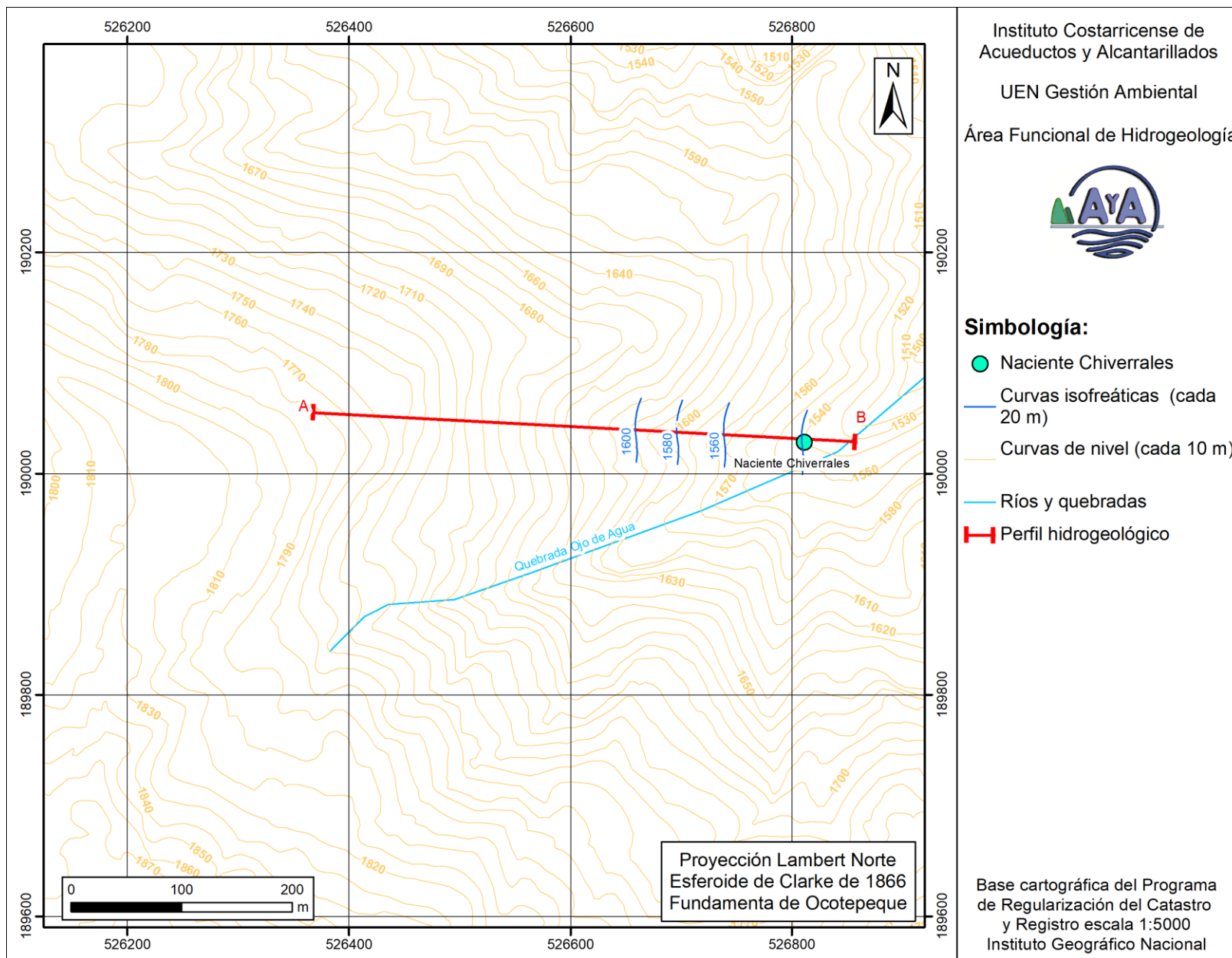


Figura 5: Curvas equipotenciales y ubicación del perfil hidrogeológico para la naciente en estudio.

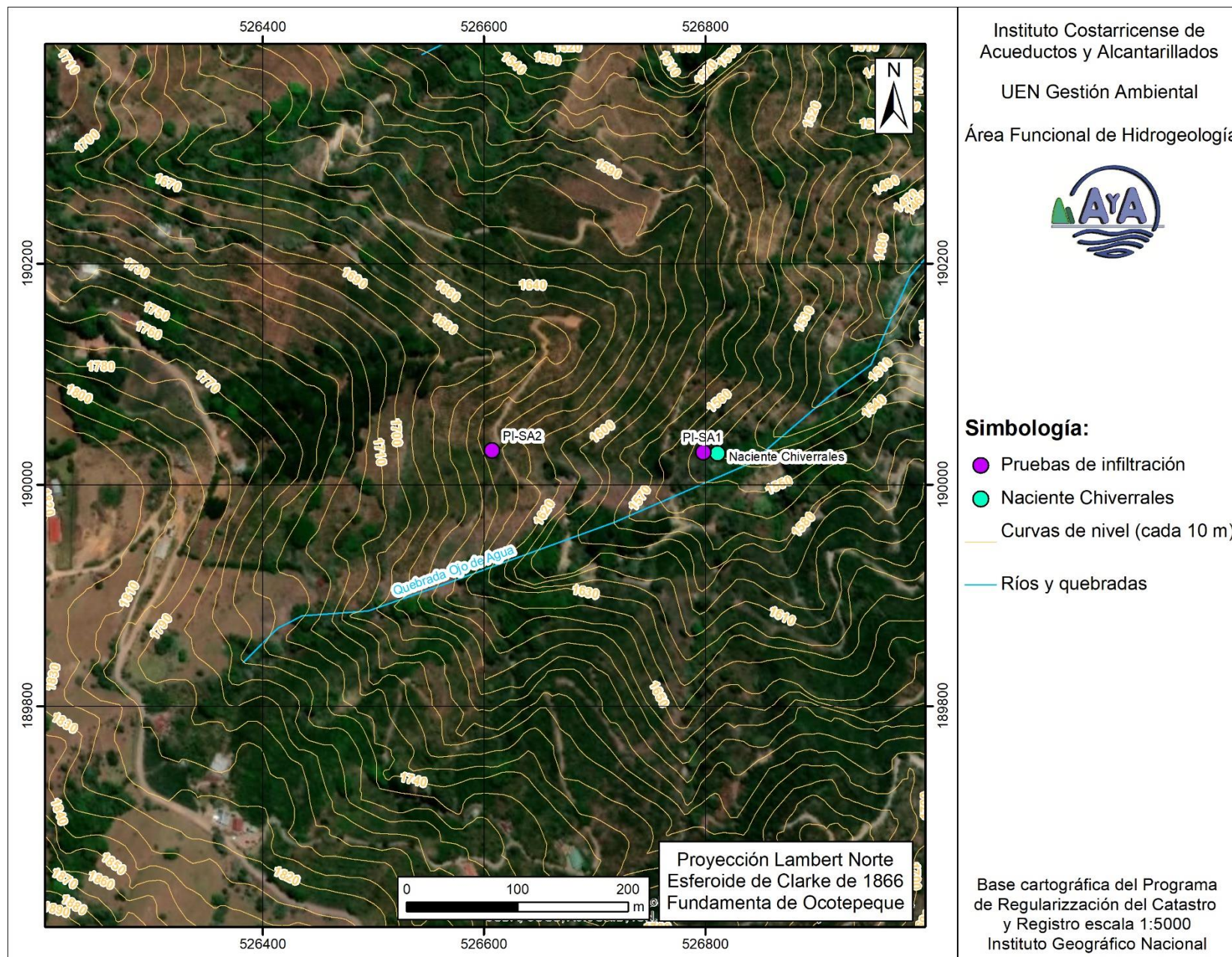


Figura 6: Mapa de ubicación de las pruebas de infiltración alrededor de la naciente.

4.2. Conductividad hidráulica en la zona saturada

Debido a que a un radio de 3 km de la zona de estudio no hay pozos cercanos registrados captando la formación en la que se encuentra la naciente, se tomará la conductividad hidráulica del acuífero como el valor promedio obtenido en las pruebas de infiltración, ya que fueron realizadas directamente sobre la roca en la cual fluye el acuífero.

Por lo tanto, se tiene un valor de k de 14,45 m/día para la naciente. Este valor se utilizará para cálculos posteriores.

5. TIEMPO DE TRANSITO DE CONTAMINANTES

5.1. Zona no saturada

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

$$t_1 = \frac{b * ne}{k_v * i}$$

Donde

t = tiempo de tránsito vertical.

b = espesor de la zona no saturada.

ne = Porosidad efectiva = 30% (Sander, 1998).

K_v = Conductividad hidráulica vertical (m/día).

i = Gradiente hidráulico = 1 (flujo vertical).

Sustituyendo estos parámetros por sus respectivos valores, se tienen los resultados consignados en el Cuadro 4.

Cuadro 4: Tiempo de transito de contaminantes en la zona no saturada para la fuente analizada.

Fuentes	Permeabilidad (m/día)	Porosidad	Espesor*	t_1 (días)
Chiverrales	14,45	0,30	2	0,042

* Según observaciones en el campo

5.2. Zona saturada

El tiempo de tránsito para un flujo de contaminantes patógenos que se mueve en la tabla de agua subterránea (t_2), se determina con la fórmula:

$$t_2 = \frac{d * ne}{k * i}$$

Donde:

d: distancia recorrida por un contaminante en un tiempo t_2
ne: porosidad del medio en la zona saturada = 30% (Sander, 1998)
k: permeabilidad promedio del acuífero = 14,45 m/día (Se utilizará la misma de la zona no saturada, debido a que es la misma formación geológica).

i: gradiente hidráulico = según se calculó en el apartado 3

La norma dada por el Departamento de Recursos Hídricos del AyA, para la eliminación de bacterias en la zona saturada establece y acepta la fórmula descrita anteriormente. Además, considérese que la componente horizontal del movimiento del flujo en la zona saturada (t_2), puede determinarse restando el tiempo total de vida de las bacterias (70 días), según el medio, menos el tiempo en el tránsito vertical (según Rodríguez, 2013).

Para la porosidad del medio en la zona saturada se utiliza el valor de Sanders (1983) para los materiales que conforman el acuífero.

Por tanto, la distancia mínima requerida para la protección de las fuentes será (Cuadro 5):

Cuadro 5: Distancia horizontal mínima para la protección de las fuentes.

Fuentes	K (m/día)	i	t_2 (días)	Porosidad	D (m)
Chiverrales	14,45	0,332	69,96	0,30	1119

6. CALCULO DE LAS ZONAS DE CAPTURA

6.1. Zonas de captura

Para delimitar la zona de protección de la naciente en estudio, Grubb (1993) propone una serie ecuaciones con las que se calcula el ancho máximo de la zona de captura (tubo de flujo) en el sentido perpendicular a la dirección del flujo, así como el punto de no retorno de aguas abajo del manantial en sentido de la dirección de flujo.

Así, este método incluye las siguientes expresiones matemáticas:

$$y = \frac{2 * Q * L}{k * (h_1^2 - h_2^2)} \quad x_0 = \frac{\pm Q * L}{\pi * k * (h_1^2 - h_2^2)}$$

Donde:

y: ancho de la zona de captura en el eje "y".

x_0 : punto de no retorno en el eje "x".

Q: caudal ($m^3/día$).

k: conductividad hidráulica (m/día).

L: distancia entre dos puntos de observación.

h_1 : altitud de la tabla de agua en un punto de observación aguas arriba de la naciente.

h_2 : altitud de la tabla de agua en un punto de observación aguas abajo de la naciente.

Al sustituir estos parámetros por sus respectivos valores, se tienen los resultados expuestos en Cuadro 6 y Cuadro 7.

Cuadro 6: Ancho de la zona de captura de las fuentes analizadas.

Fuentes	Q (L/s)	Q (m ³ /d)	k (m/d)	h1 (m)*	h2 (m)**	L	y (m)
Chiverrales	2,85	246,24	14,45	1556,6	1543,6	35	0,030

*: Altura de la tabla de agua en un punto ubicado a 50 m horizontales en dirección aguas arriba de la fuente.

** : Altura de la tabla de agua en un punto ubicado a 15 m horizontales en dirección aguas arriba de la fuente.

Cuadro 7: Punto de no retorno de las fuentes analizadas.

Fuentes	Q (L/s)	Q (m ³ /d)	k (m/d)	h1 (m)*	h2 (m)**	L	± X ₀ (m)
Chiverrales	2,85	246,24	14,45	1556,6	1543,6	35	0,005

*: Altura de la tabla de agua en un punto ubicado a 50 m horizontales en dirección aguas arriba de la fuente.

** : Altura de la tabla de agua en un punto ubicado a 15 m horizontales en dirección aguas arriba de la fuente.

Se indica que, mediante criterio de experto, se dejará 15 m aguas abajo de cada fuente como parte de la zona operacional y de protección absoluta.

6.2. Radio fijo

Para realizar el cálculo de la zona de protección a partir de un círculo de radio “R”, se emplea la siguiente ecuación del radio fijo:

$$R = \sqrt{\frac{Q * t}{\pi * n * b}}$$

Donde:

Q: caudal (m³/día) de la naciente.

t: tiempo de tránsito del flujo horizontal en el acuífero.

n: porosidad del acuífero.

b: espesor del acuífero.

R: radio fijo en metros.

Al sustituir cada uno de estos parámetros con los valores correspondientes, se tienen los resultados del Cuadro 8.

Cuadro 8: Radio fijo de protección para las fuentes analizadas.

Fuentes	Q (L/s)	Q (m3/d)	t (días)	Porosidad	b (m)*	R (m)
Chiverrales	2,85	246,24	69,96	0,30	6,83	51,73

*: Espesor del acuífero obtenido a partir del perfil hidrogeológico, a una distancia horizontal de 50 m en dirección aguas arriba de la fuente.

6.3. Ecuación de Darcy

Para establecer el ancho de la zona de protección, una de las metodologías a emplear se basa en la aplicación de la Ley de Darcy, la cual establece que:

$$Q = T * i * L$$

Donde:

Q: caudal (m³/día) de la naciente.

T: transmisibilidad promedio del acuífero.

L: ancho de la sección transversal a través de la cual se da el flujo de agua.

i: gradiente hidráulico = según se calculó en el apartado 3

Despejando “L” de la ecuación anterior, se tiene:

$$L = \frac{Q}{T * i}$$

Para el cálculo de transmisividad se utiliza la siguiente relación:

$$T = ki$$

Al sustituir cada uno de estos parámetros con los valores correspondientes, se tienen los resultados expuestos del Cuadro 9.

Cuadro 9: Ancho de la zona de captura calculada a partir de la ecuación de Darcy.

Fuentes	Q (L/s)	Q (m3/d)	T (m ² /día)	i	L (m)
Chiverrales	2,85	246,24	2,37	0,332	154,5

6.4. Zona de captura geomorfológica

Como se mencionó en párrafos anteriores, el afloramiento de las nacientes Chiverrales se da en un coluvio, el cual por sus características geológicas presenta una permeabilidad muy alta, por lo que para la protección es relevante su identificación y delimitación. Se ha identificado claramente este coluvio (Figura 7), el cual tiene una dirección oeste – este, desde el punto de afloramiento de la fuente hasta una altitud de 1820 m s.n.m., donde se observa el inicio de esta morfología.

7. ÁREA ESPECIAL DE PROTECCIÓN ABSOLUTA

Según Foster et al (2002), la zona operacional de un pozo se define como el perímetro de protección más interior dentro de una zona de resguardo o protección, la cual comprende una pequeña área de terreno alrededor de la propia fuente de abastecimiento. Análogamente, se puede utilizar esta misma premisa para efectos de protección de nacientes. Es deseable que esta área sea propiedad y esté bajo el control del ente administrador que realizará la explotación, siendo delimitada por un área de 15 metros de radio alrededor de la fuente. Es un área de reserva absoluta y no se deberán permitir actividades que no estén relacionadas con la extracción misma del agua y aun así estas actividades necesitan ser evaluadas y controladas cuidadosamente para evitar la posibilidad de que contaminantes alcancen la fuente ya sea de forma directa o a través de alteraciones del terreno en las adyacencias (Foster et al, 2002).

Todas las partes de esta zona que sean usadas para actividades de mantenimiento de la naciente (o su captación), deberían tener un piso de concreto para prevenir la infiltración de sustancias químicas u otras (aceites, etc), que sean utilizadas en el mantenimiento (en este caso de las captaciones, de los cloradores u otros). Para prevenir la invasión de animales y vandalismo, la colocación de una cerca perimetral en esta zona es una práctica usual y muy recomendable (Foster et al, 2002).

La especificación de la dimensión de esta área es siempre algo arbitraria y depende en cierto modo de la naturaleza de las formaciones geológicas locales, aunque es altamente recomendable que posea un radio de por lo menos 15 metros (Foster et al, 2002), tal como se observa en la Figura 7.

7.1. Zona de protección absoluta

Se ha definido la zona de protección de las naciente Chiverrales (Figura 7) cuyas dimensiones son las siguientes:

- La zona operacional y protección absoluta tendrá un ancho de 30 m, definido como un radio de 15 m alrededor de la fuente. En ella no se podrán desarrollar actividades ajenas a la captación, mantenimiento y protección de las fuentes.

La zona de protección absoluta, según los resultados obtenidos con la delimitación por geomorfología se observa en la Figura 7, con una longitud máxima de 1119 m (Según metodología de tiempo de transito de contaminantes), sin embargo, la divisoria de aguas se localiza a 581,99 m de la naciente, por lo tanto se considerará esta largo y un ancho máximo de 77,28 m.

8. VULNERABILIDAD EN LA ZONA DE PROTECCIÓN INMEDIATA

La vulnerabilidad de la zona operacional y de protección inmediata es determinada mediante la aplicación del método G.O.D. (Foster et al, 2002), el cual toma en cuenta tres factores y aplica un índice a cada uno de ellos (Figura 8). Los tres factores analizados son los siguientes:

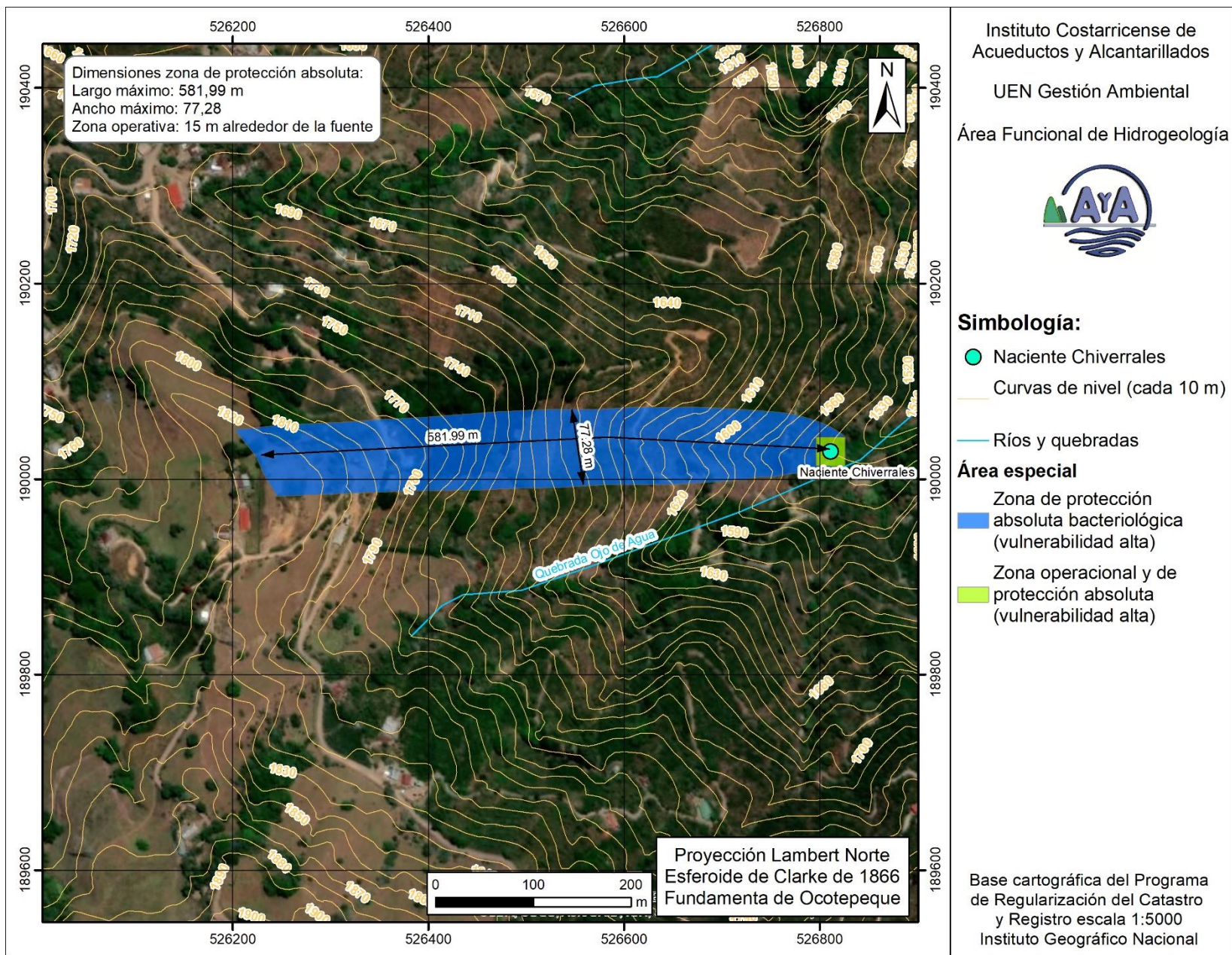


Figura 7: Zona de protección naciente en estudio.

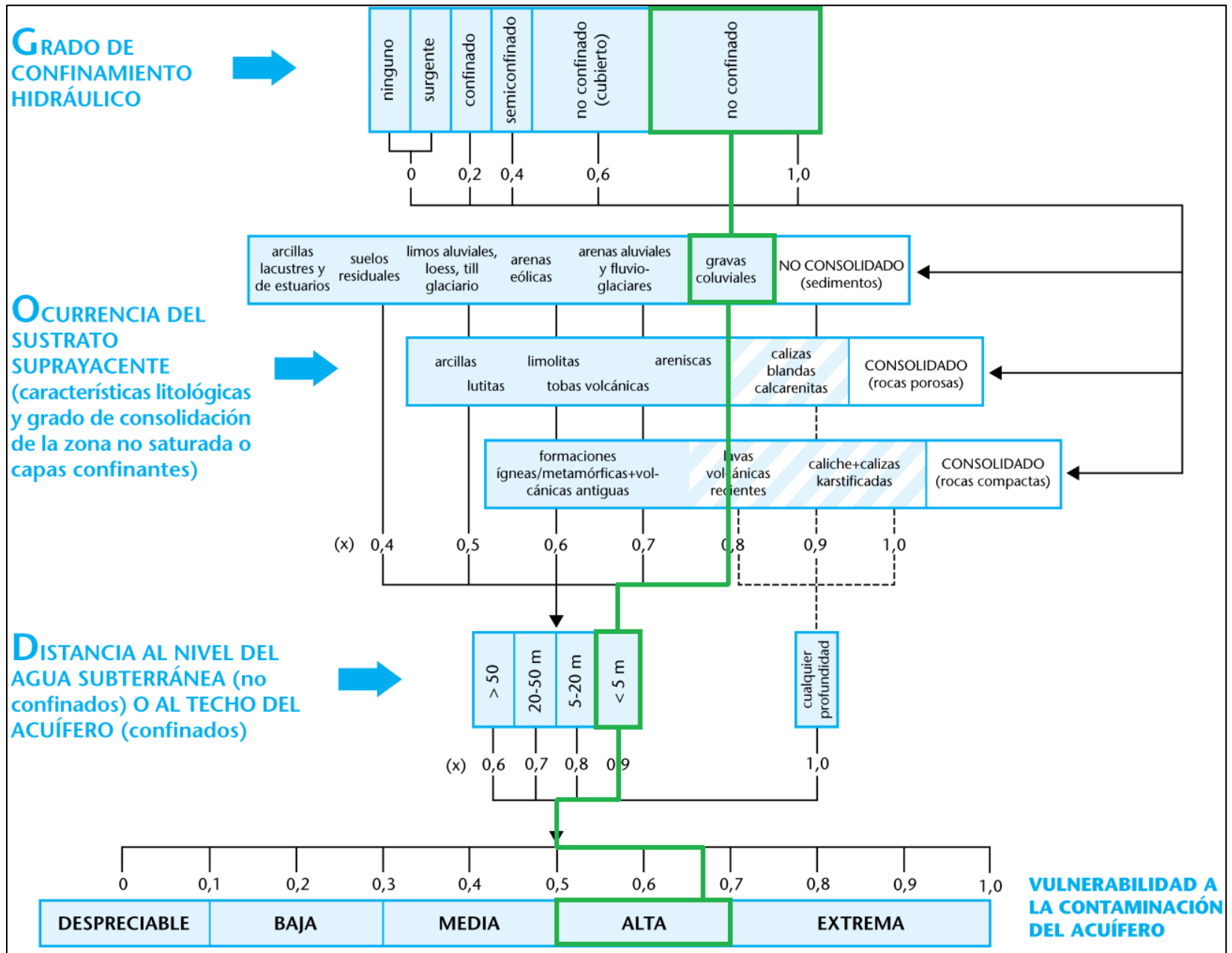


Figura 8: Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de la fuente en estudio.

- Grado de confinamiento (G)
- Estrato sobreyacente (O)
- Profundidad al nivel freático (D)

Para las fuentes analizadas, su vulnerabilidad intrínseca a la contaminación es la siguiente (**¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.**):

Cuadro 10: Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación de las fuentes analizadas.

Fuente	G	O	D	Vulnerabilidad	
Chiverrales	0,9 (Acuífero libre no cubierto)	0,8 (Gravas coluviales)	0,9 (<5 m)	0,64	Alta

9. CALIDAD DE AGUAS

Mediante correo electrónico con fecha 14 de febrero del 2020 se aportó por parte del Área de Química de Agua Potable & Unidad de Investigación en Agua, Ambiente y Salud del Laboratorio Nacional de aguas los siguientes análisis (Anexo 5):

- AYA – ID – 00374 – 2011 del 28 de marzo del 2014: “Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 32327-S”.

Mediante correo electrónico con fecha 12 de febrero del 2020 se aportó por parte Área de Micro biología & Unidad de Investigación en Agua, Ambiente y Salud del Laboratorio Nacional de aguas los siguientes análisis (Anexo 5):

- Reporte 119329 del 09 de setiembre del 2014: 4- “En este análisis puntual el agua no cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano”.

10. CONCLUSIONES

1. El área de estudio se encuentra en un medio geológico de depósitos de origen marino con influencia volcánica, conformado por paquetes de areniscas de granulometría variada. En el caso propiamente donde se ubica la naciente, el agua se encuentra almacenada en un coluvio que recubren los cerros de la zona, generado por la caída de bloques, por estas características se clasifica el acuífero como libre no cubierto.
2. En lo que respecta a la zona de protección (Figura 7) de la naciente, sus dimensiones quedan establecidas de la siguiente forma:

Fuente	Área Especial	
	Zona operacional y de protección absoluta	Zona de protección absoluta (Bacteriológica)
Chiverrales	30 metros de ancho, definido como un radio de 15 m alrededor de cada fuente.	Ancho máximo de 77,28 m Largo máximo de 581,99 m

3. En la zona operacional y zona de protección absoluta se deberá cumplir lo siguiente:
 - La zona operacional de protección absoluta, donde se localiza la captación de la naciente debe contar con las dimensiones mínimas de 15 metros de radio alrededor de este.
 - La zona de protección absoluta solamente deberá ser utilizada para actividades relacionadas con la extracción misma del agua.
 - Las partes usadas para actividades de mantenimiento de la naciente deben estar debidamente selladas (sin fugas), para prevenir la infiltración de sustancias químicas u otras (aceites, etc).
 - Mantener una cerca perimetral alrededor de la naciente.
4. Se determina a partir de los análisis del Laboratorio Nacional de Aguas, con los cuales se contó a la fecha de elaboración de este informe, en el reporte físico –químicos para la naciente Chiverrales cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 32327-S. Según el reporte Bacteriológico 119329 para la naciente en estudio, se determina que “En este análisis puntual el agua no cumple los criterios microbiológicos establecidos para aguas de consumo humano”.
5. La zona donde se localiza la naciente se clasifica como de vulnerabilidad alta, según la metodología de GOD para la clasificación de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos.
6. Se recomienda mantener un monitoreo constante de análisis físico-químico y bacteriológicos para la nacientes y también en los sistemas de distribución y tanques de almacenamiento, cada tres meses.
7. Se indica que desde el criterio técnico hidrogeológico el área mínima para protección bacteriológica de la naciente Chiverrales es de 900 m², donde la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del agua subterránea en esta área es alta.

11. REFERENCIAS

- ALAVARADO, G. & GANS, P., 2012: Síntesis cronológica del magmatismo, metamorfismo y metalogénia de Costa Rica, América Central. - Rev. Geológica de América Central (46): 7-122. San José, Costa Rica.
- CASTILLO, M., 1969: Geología de los mapas básicos Abra y partes de Río Grande, Costa Rica. – inf. MEIC, 40 págs. + mapa 1:50 000.
- CASTILLO, M., 1988: Estudio geológico del área comprendido entre quebrada Grande y quebrada Achioté, cantón de Acosta, provincia de San José. – Inf. Camp. Geol. ECG-UCR., 27 págs.
- DENYER, P. & ARIAS, O., 1991: Estratigrafía de la región central de Costa Rica. - Rev. Geológica de América Central (12): 1-59. San José, Costa Rica.

DENYER, P., MONTERO, W & ALVARADO, G., 2009: Atlas tectónico de Costa Rica. – 2 ed. – San José, Costa Rica.

FOSTER, S. HIRATA, R. GOMES, D. D'ELIA, M. & PARÍS, M., 2002: "Protección de la calidad del agua subterránea". Banco Mundial. Washington.

GRUBB, S., 1993: "Analytical model for estimation of steady-state capture zones of pumping wells in confined an unconfined aquifer". Ground Water 31, No. 1:21-32.

RIVERS, F., 1979: Geología del área N de los cerros de Escazú, Cordillera de Talamanca, C.R. - Inf. Sem. IGN en jun. 1979: 99-132 SJ

SANDERS, L., 1998: A manuel of field Hydrogeology. Prentice Hall. 381 pp.

SPRECHMANN, P., 1984: Manual de Geología de C.R., vol. 1, Estratigrafía, - SJ: Editorial UCR, 320 págs.

Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica: Hoja Topográfica Caraigres N° 3345 II, escala 1: 50000, edición 3-IGCR, San José, 1989.

<http://www.da.go.cr/rp/login.action?userName=publico&password=publico> (Base de datos de la Dirección de Agua consultada el 12 de febrero del 2020).

ANEXOS

Anexo 1: Memorando UEN-GAR-2019-02200



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
Cartago, Costa Rica
Apartado 1097-1200. Teléfono 2591-7760 krojasm@aya.go.cr.



MEMORANDO

Para: Viviana Ramos Sánchez
Dirección UEN Gestión Ambiental

Fecha: 11 de junio del 2019

De: Vladimir Mesén Montenegro
Jefatura ORAC Central Este

N°. UEN-GAR-2019-02200

ASUNTO: Solicitud ASADA San Andrés León Cortés

Para lo que corresponda, adjunto solicitud expresa de la ASADA San Andrés de León Cortés.

C: Archivo



H=284
R 140
Recibido
13-6-2019
U-S

Anexo 2: Nota de solicitud por parte de la ASADA de San Andrés

04 de junio del 2019

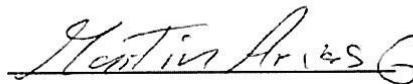
Vladimir Mesen Montenegro

ORAC central Este

Estimado señor reciba un cordial saludo de parte de la ASADA San Andrés L.C, la presente tienen como finalidad solicitarles a ustedes como AYA nos colaboren en el estudio hidrogeológico de la naciente "Chiverrales" con la finalidad de delimitar zonas que se deben proteger para ir adquiriendo esos terrenos poco a poco.

Solicitamos su ayuda ya que somos un acueducto pequeño con 284 usuarios y hace 7 meses construimos la oficina por lo que nuestros recursos en este momento no nos dan los recursos para contratar este estudio.

Nuestro interés radica en que todos los alrededores de la naciente están sembrados de café, en este momento no contamos con un área de protección ni de 2 metros. Dicha naciente es la que abastece la mayor cantidad de población (EBAIS, colegio, escuela, iglesia, CENCINA)

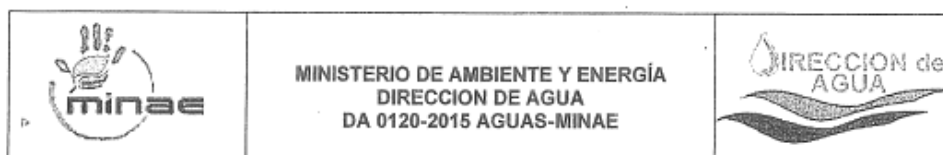


Martin Arias Gutiérrez

Presidente

Acueducto
San Andrés de
León Cortés

Anexo 3: Reporte de caudal registrado para la naciente Chiverrales según MINAE



MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA
DIRECCION DE AGUA
DA 0120-2015 AGUAS-MINAE



DA 0120-2015 AGUAS-MINAE

Sileo
4169

Expediente: 1427-R.

San José, a las ocho horas, veinte minutos del treinta de enero del 2015.

RESULTANDO

Único: Que el AyA solicita la inscripción de aguas para la Asociación Administradora de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunal San Andres De Leon Cortes, San José, cédula número 3-002-218191.

CONSIDERANDO

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

1. Detalles del aprovechamiento

1.1 Localización

Provincia	Cantón	Distrito	Sectores abastecidos
San José	León Cortes	San Andrés	SAN ANDRES DE LEON

1.2 Fuentes solicitadas

Fuente	Cuenca	Propiedad del fundo donde se capta	Plano Catastrado	Folio Real
Naciente N°1	88-26	AyA	No se indica	No se indica
Naciente N°3	88-26	AyA	No se indica	No se indica
Naciente N°4	88-26	AyA	No se indica	No se indica
Naciente N°5	88-26	AyA	No se indica	No se indica

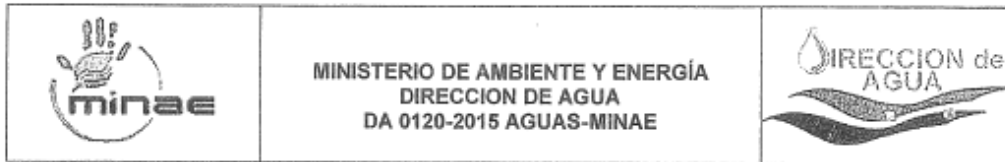
1.3 Ubicación cartográfica de los puntos de toma

Fuente	Hoja Cartográfica	Altitud msnm	Latitud	Longitud
Naciente N°1	Caraigres No. 3345 II	1531	190.030	526.802
Naciente N°3	Caraigres No. 3345 II	1556	190.365	526.631
Naciente N°4	Caraigres No. 3345 II	1387	190.693	526.750
Naciente N°5	Caraigres No. 3345 II	1409	190.713	526.766

2. Resumen de caudales (litros / segundos)

2.1 Aforo

Fuente	Origen del Dato	Fecha	Caudal
Naciente N°1	A y A	14/05/2013	3,73
Naciente N°3	A y A	14/05/2013	1,56
Naciente N°4	A y A	14/05/2013	0,40
Naciente N°5	A y A	14/05/2013	0,38
TOTAL			6,07



MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA
DIRECCION DE AGUA
DA 0120-2015 AGUAS-MINAE

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

Fuente	Caudal Solicitado	Caudal ambiental	Disponibile	Población Actual	Población Proyectada (20 años)	Caudal Requerido a 20 años	
Naciente N°1	2.85	10%	0,37	6,63	1,008	2,006	4.64
Naciente N°3	1.19	10%	0,15	1,35	1,008	2,006	4.64
Naciente N°4	0.31	10%	0,04	0,36	1,008	2,006	4.64
Naciente N°5	0.29	10%	0,03	0,35	1,008	2,006	4.64

POR TANTO

El Director de la Dirección de Agua del MINAE resuelve, de conformidad con la Ley de Aguas No. 276, artículos 17, 18 y 70 y el Reglamento de las Asociaciones de Acueductos y Alcantarillados Comunales, publicado en La Gaceta No. 150 de 5 de agosto de 2005, Decreto 32529-S, inscribir en el Registro Nacional de Concesiones de Aguas y Cauces, el siguiente aprovechamiento a nombre de la Asociación Administradora de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunal San Andres De León Cortés, San José, cédula número 3-002-218191:

Fuente	CAUDAL (litros por segundos)
Naciente N°1 Chiverrales 1	2.85
Naciente N°3 Walter	1.19
Naciente N°4 Ana Live 1	0.31
Naciente N°5 Ana Live 2	0.29
TOTAL	4.64

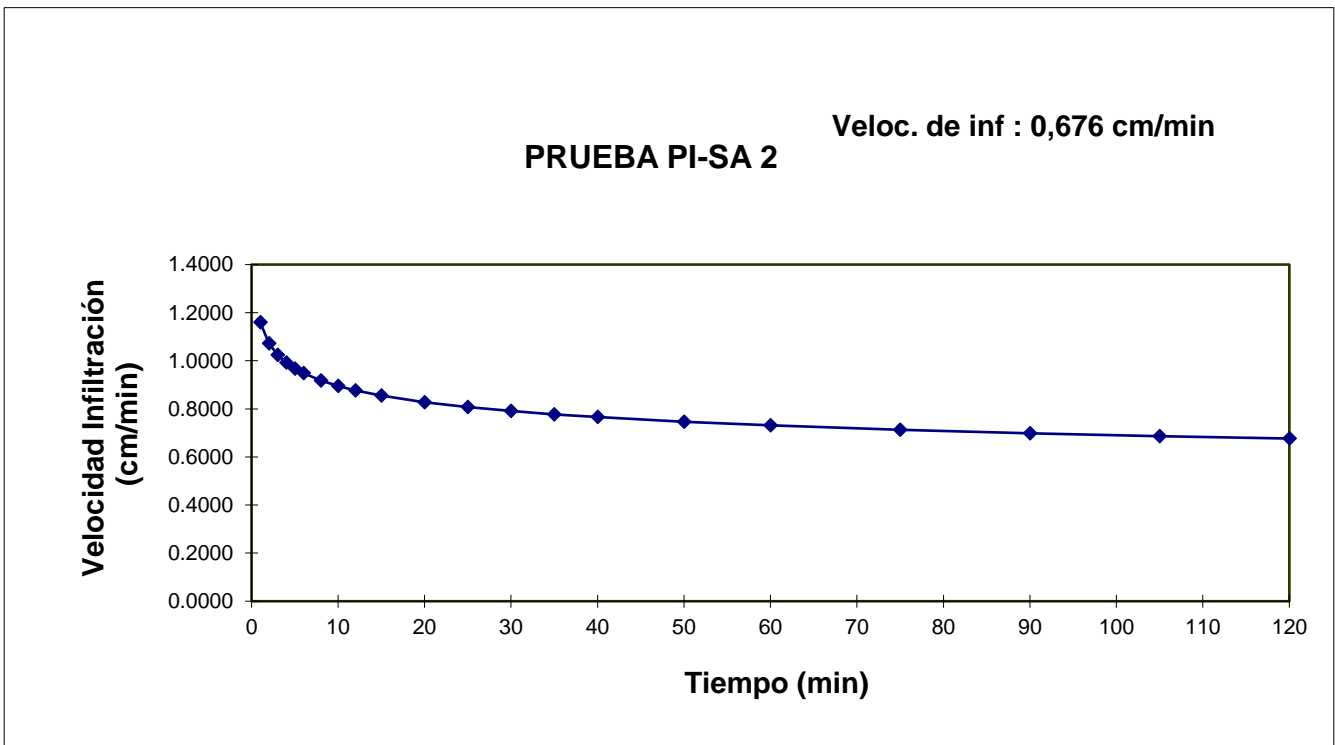
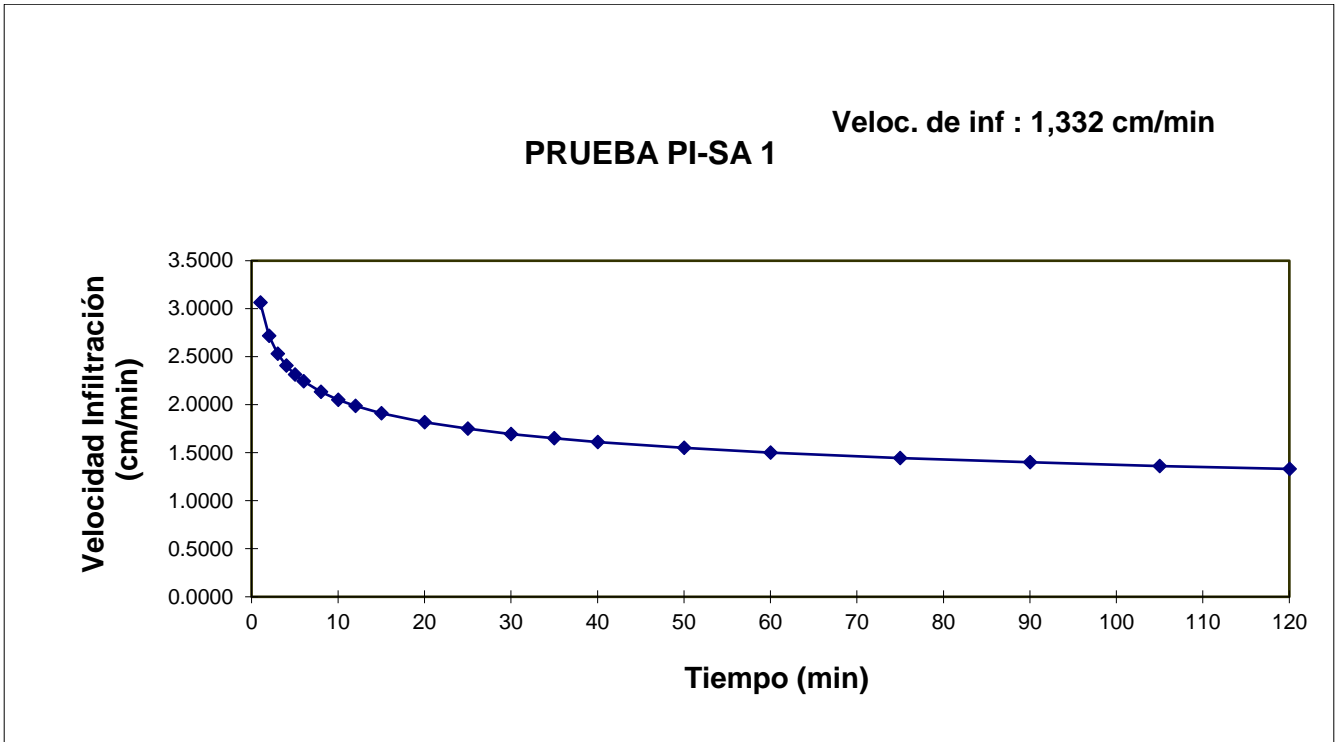
Ing. José Miguel Zeledón Calderón
DIRECTOR



Análisis BLMH	Fecha 30/01/2015	
Revisión APV	Fecha 30/01/2015	

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

Anexo 4: Resultados pruebas de infiltración





LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-01886-2014

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

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



** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Observaciones:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 32327-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 4 de 6	Editado e impreso por AYA 2006	Aprobado por: <i>Dr. Darner Mora Alvarado</i>
---------------	--	---



Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

Análisis Microbiológico

Sistema: SAN ANDRÉS DE SAN ANDRÉS DE LEÓN CORTÉS		Solicitado por: DIVISION DE ACUEDUCTOS	Recolección: 05/09/2014
Canton: LEON CORTÉS		Recolectado por: JUAN CARLOS ROJAS ABARCA	Conclusión análisis: 08/09/2014
Provincia: SAN JOSÉ	Localización: 1-20-02	Número reporte: 119329	Emisión reporte: 09/09/2014

PUNTO DE MUESTREO	HORA MUESTREO	CLORO RESIDUAL mg/L	COLIFORMES * 100 mL ⁻¹		NMP E. coli 44.5° C
			TOTALES	FECALES	
NACIENTE CHIVERRAL 2 Entrada al tanque Quebragradiente	9:05			3.6	3.6
Red: RED 1 Iglesia Católica La Loma	9:15			Negativo	Negativo
RED 2 Sr. Antonio Campos	10:07			7.3	7.3
RED 3 Llano Rural San Andrés	10:14			23	23
RED 4 Escuela San Andrés	10:22			9.1	9.1
TANQUE DE DISTRIBUCIÓN Tubo de salida	10:30			23	23

1- Orden: 04558-14.

2- Reporte de campo: a) comunidad participante en el Programa Sello de Calidad Sanitaria; b) día soleado; c) el sistema se encuentra en buenas condiciones de operación y mantenimiento.

3- Criterio de evaluación: Reglamento para la Calidad del Agua Potable, Decreto Ejecutivo No. 32327-S. Sistemas clorados: Valor recomendado y valor máximo admisible: negativo por coliformes fecales y E.coli. Sistemas no clorados: Valor recomendado y valor máximo admisible: negativo por E.coli. 4-En este análisis puntual el agua no cumple los criterios microbiológicos establecidos para consumo humano. 5- La densidad de coliformes detectada pone de manifiesto la necesidad de comunicar a los usuarios que deben hervir el agua antes de consumirla hasta tanto no se implementen las medidas correctivas. 6- Xg red: CF = 6,3 NMP/100 mL, E.coli = 6,3 NMP/100 mL.

PABLO CESAR
RIVERA
INGENIERO
EN SANA

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Laboratorio Nacional de Aguas

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

"Vigilamos la calidad del agua por su salud"