

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



**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE
PROTECCIÓN DEL POZO RIOJA 1.**

BARRANCA, PUNTARENAS, PUNTARENAS



Pozo BC-26, La Rioja 1

Elaboró: Geól. Cristina Castanedo Sotela



Colaboró: Geól. José Daniel Vargas Bolaños

**Asistencia en trabajo de campo:
Gestores Expertos: Marvin Gómez y Carlos Murillo, Á.F. Hidrogeología
Personal de la Cantonal de Puntarenas, El Roble
Laboratorio Nacional de Aguas Región Puntarenas**

**Supervisión, revisión y VBº:
MSc. Viviana Ramos Sánchez, Hidrogeóloga
Dirección del Área Funcional de Hidrogeología
Febrero, 2016**





**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
-05107

Firma: _____

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN DEL POZO LA RIOJA 1. BARRANCA, PUNTARENAS, PUNTARENAS

I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio fue realizado en atención a la solicitud del Ing. Mario Solis Castro, dirigida a la Dirección de Hidrogeología de la UEN Gestión Ambiental, mediante memorando No. **GSP-RPC-PU-2015-01490**, del 16 de diciembre de 2015, solicitando el perímetro de protección del Pozo Rioja 1.

En dicha solicitud se adjunta carta **ACOPAC-OSREO-1271-2015**, del Lic. José Eddie Aguilar Coto, Jefe de la Oficina Sub-Regional Esparza-Orotina, SINAC, dirigida al Ing. William Chaves Soto, con fecha del 23 de noviembre de 2015, solicitando el perímetro de protección para actividades comerciales o industriales.

Se programó una inspección de campo los días 19 y 20 de enero de 2016, donde se contó con la participación del personal de la Cantonal de Puntarenas, El Roble. Las labores realizadas durante esos días fueron:

- Reconocimiento geológico-hidrogeológico del área.
- Visita a los pozos de la zona y levantamiento de coordenadas
- Establecimiento de puntos para la realización de pruebas de infiltración
- Realización de pruebas de infiltración
- Medición de niveles estáticos y dinámicos de pozos cercanos al del caso de estudio

Además del trabajo de campo se solicitó información de los pozos de la zona al Ing. Mario Solis, también se revisó dicha información en SENARA; todo ello se utilizó para la elaboración del perfil y el modelo hidrogeológico.

1.1 Objetivo General

Determinar la zona de protección del Pozo La Rioja 1.

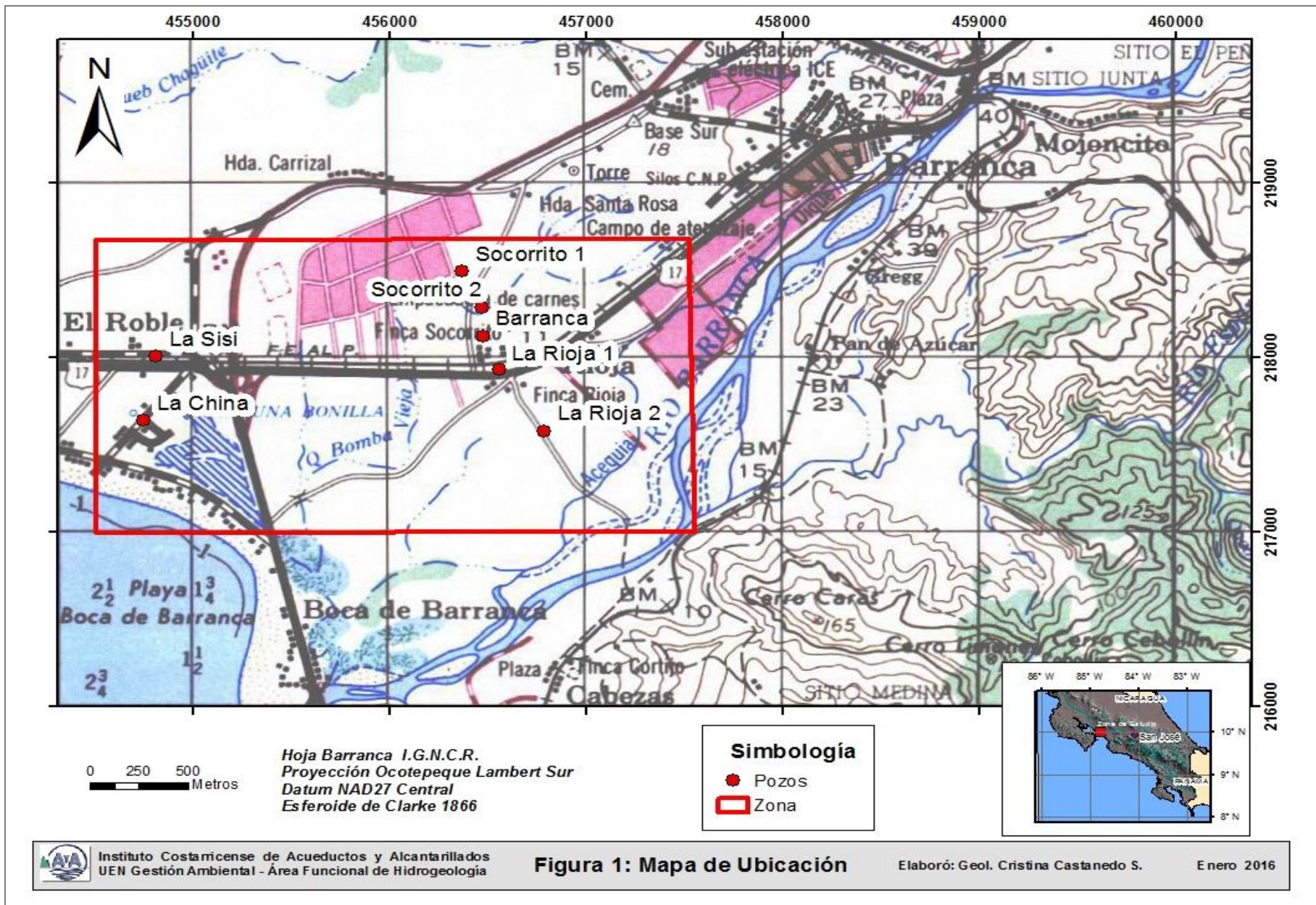
1.2 Objetivos Específicos

- Recopilar toda la información base pertinente.
- Hacer un levantamiento de campo de los pozos cercanos al pozo de interés y registrar los niveles dinámicos y estáticos.
- Analizar la geología local de la zona de estudio y realizar una valoración hidrogeológica de la zona.
- Plantear el modelo hidrogeológico de sitio.
- Analizar las pruebas de campo: infiltración y aforos.
- Conclusiones y recomendaciones del caso.

II. UBICACIÓN CARTOGRÁFICA

El pozo de estudio se encuentra en el Distrito de Barranca, del Cantón de Puntarenas, en la Provincia de Puntarenas. Específicamente, el pozo se ubica en las coordenadas E 456554 m y N 217928 m, Costa Rica Lambert Norte, hoja topográfica de Barranca (IGN), a escala 1:50000 (**Fig. 1**). Las coordenadas fueron tomadas en el campo con GPS marca Garmin Montana 650 (precisión del dato de ubicación: ± 3 m).

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



III. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Geología Regional

En la **Figura 2** se muestra un sector del **Mapa Geológico de la Hoja de Barranca**, elaborado por Denyer, Aguilar & Alvarado, 2003, donde se indica la geología superficial y la ubicación de la zona de estudio.

La geología del sitio de interés está compuesta únicamente por una unidad litológica, por aluviones recientes, del Cuaternario; los clastos son de composición lávica del Grupo Aguacate y con granulometría variable, desde centimétrica a métrica. En los puntos más cercanos a la costa, en ocasiones estos materiales forman manglares.

Al Sur de la zona de estudio, sin afectar el área a investigar, se ubica la falla Barranca (señalada con una línea punteada en la fig. 2). La cual es considerada una falla cuaternaria, con orientación NE-SW, rumbo 45° este, es de tipo normal y el movimiento es sinistral, el bloque del NE es el que baja con respecto al del SW.

A continuación, en la **figura 3**, se indica la columna estratigráfica general de la zona, donde se observa que los Aluviones corresponde a lo más moderno de la secuencia.

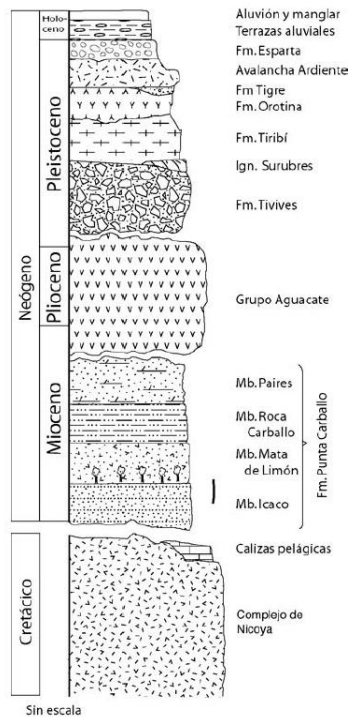


Figura 3. Columna estratigráfica general de la hoja de Barranca.
Fuente: Revista Geológica de América Central 29, 2003

3.2. Geología Local

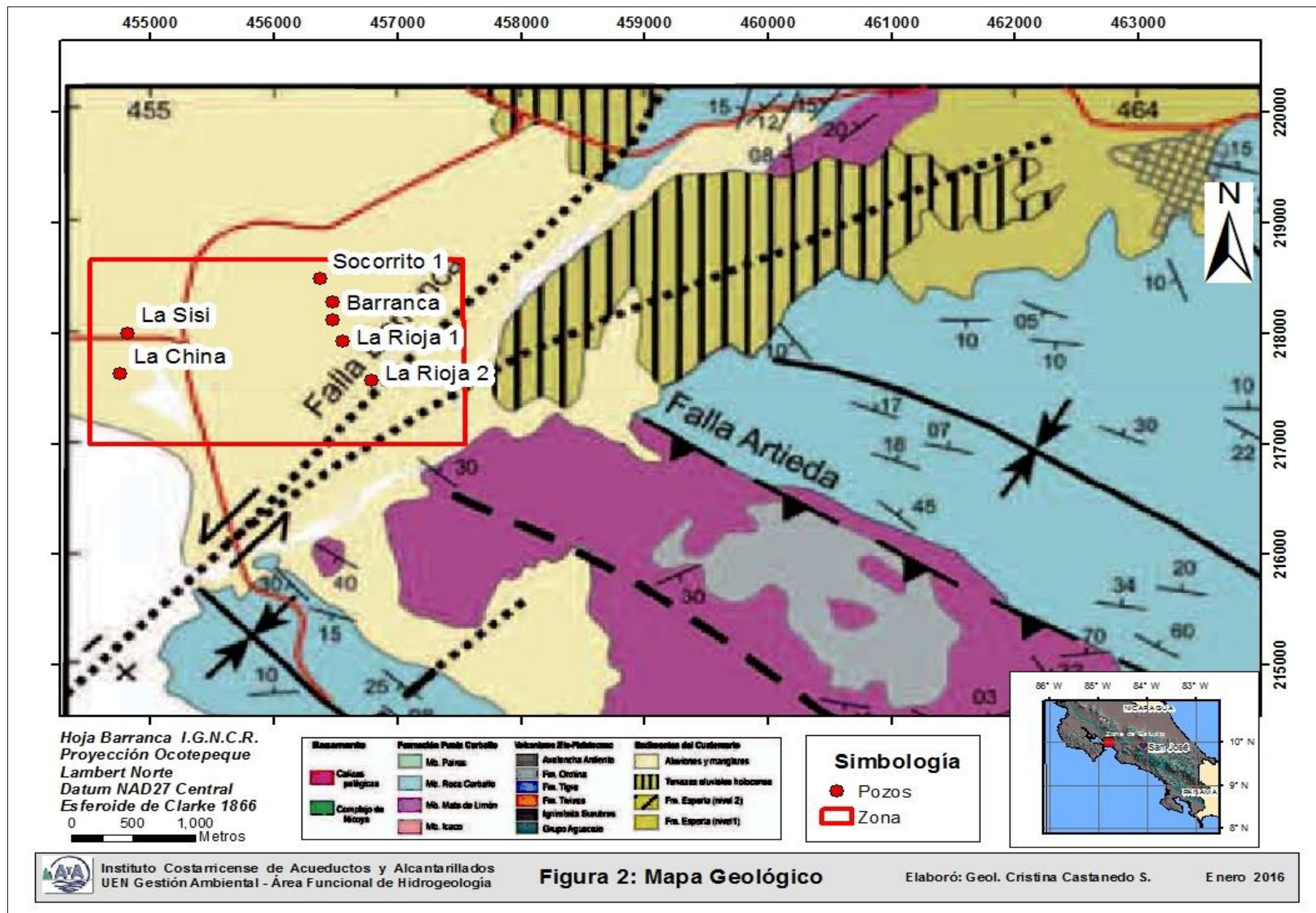
Respecto a la geología local, lo que encontramos en las inmediaciones de los pozos de estudio, son aluviones con distintas granulometrías (en términos generales, el tamaño de bloques máximo es de 20 cm y el mínimo de 1 cm. Los porcentajes de matriz / bloques son variables, entre el 5 – 25 % de matriz y el 75 - 95% de bloques (Fotografía 1 y 2). La matriz es areno arcillosa y los bloques son subredondeados, con contactos puntuales y de composición lávica (del Grupo Aguacate). El espesor del afloramiento que corresponde a la primera fotografía es de 4 m.



Fotografía 1. Detalle de aluviones. Coordenadas E 457368 m y N 217030 m, Costa Rica Lambert Norte.



Fotografía 2. Detalle de aluviones. Coordenadas E 457457 m y N 217206 m, Costa Rica Lambert Norte.



IV. HIDROGEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. Parámetros hidráulicos

La **Figura 5** corresponde al perfil hidrogeológico A-A', señalado en planta en la figura 4. En el perfil hidrogeológico se puede observar la ubicación de los pozos, la litología, el nivel del agua de la zona y el armado del pozo.

La zona estudio está compuesta por dos acuíferos independientes. El superior corresponde a un acuífero libre, y en algunos sectores libre-cubierto, conocido como el acuífero de Barranca. El inferior es confinado, denominado el acuífero El Roble. Ambos están separados por la capa de tobas arcillosas.

En base a los datos de la prueba de bombeo, BC-26, correspondientes al pozo La Rioja 1, se observa que hay un proceso de retardo en el acuífero, que se debe a la conexión entre el acuífero de Barranca y el acuífero de El Roble. Por esta razón, la perforación de La Rioja 1, se valora con los datos del acuífero de Barranca, ya que se considera que éste, por ser el superficial, es el más vulnerable.

Las isofreáticas del acuífero de Barranca, fueron tomadas de Arredondo, 1995, de donde se obtuvo el gradiente hidráulico. Éstas se indican en la figura 4.

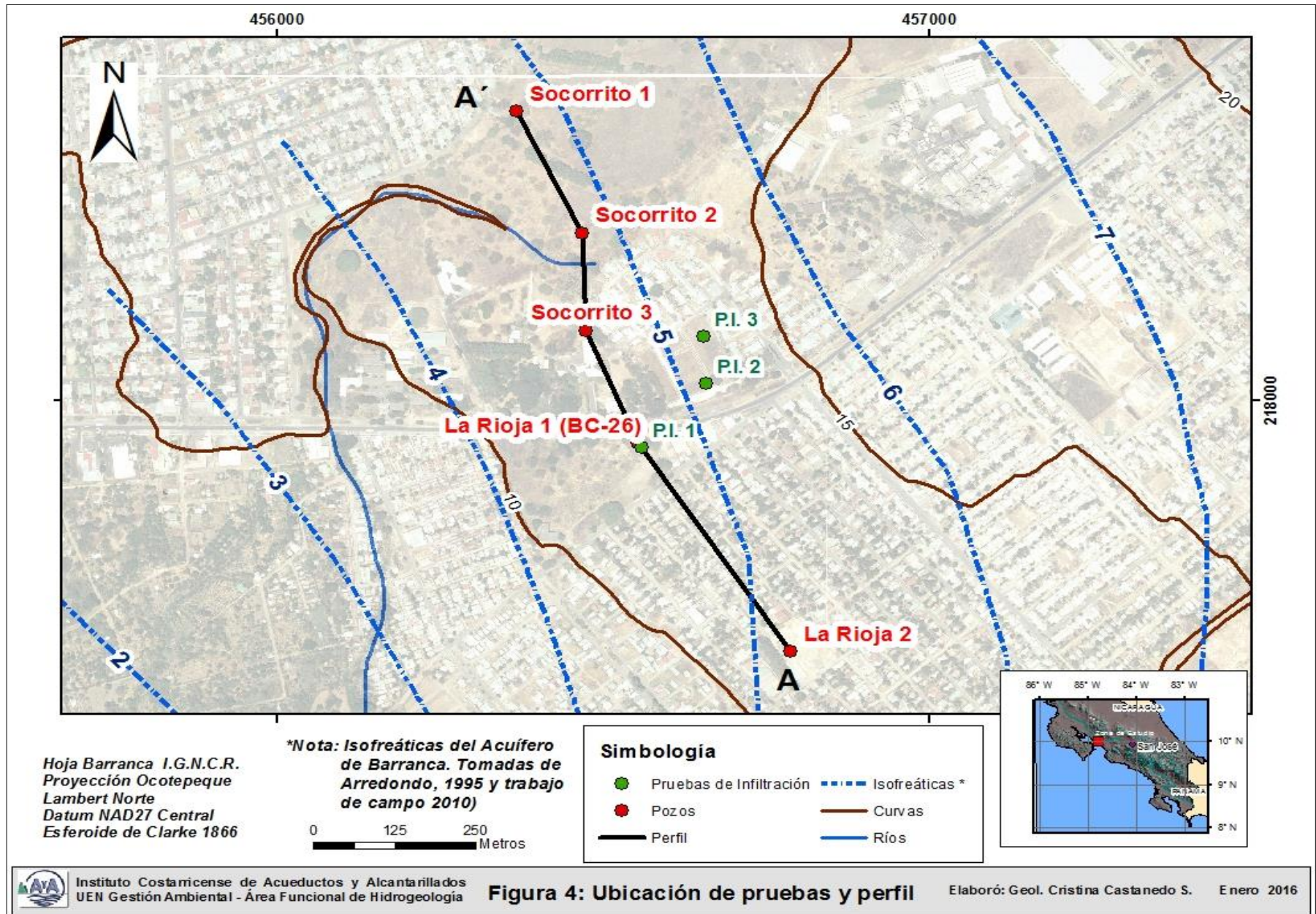
La dirección de flujo del agua subterránea es en sentido NE al SW.

Los resultados de las pruebas de bombeo del Pozo BC-26, correspondiente al pozo La Rioja 1, aportan la siguiente información de los parámetros hidráulicos del acuífero Barranca. Tabla 1:

Tabla 1. Características del acuífero Barranca.

Parámetros Hidráulicos del Acuífero Barranca (Zona Saturada)					
Pozo	T(m²/día)	b (intervalo)	b (m)	K (m/día)	Acuífero
BC-26	757**	7 – 40	33	21,03	Barranca – El Roble
		54,86 – 57,86	3		
		Total	36		

** Arredondo, 1995



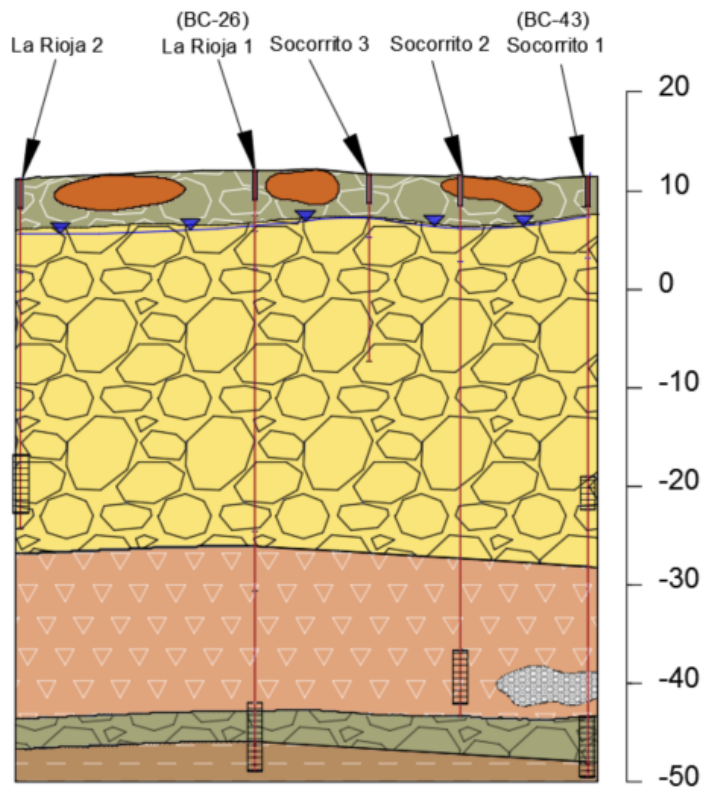
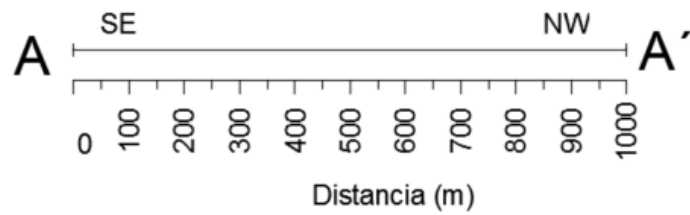


Figura 5. Perfil Hidrogeológico

4.2 Resultados de pruebas infiltración

El 20 de enero de 2016 se realizaron 3 pruebas de infiltración, por medio de la metodología del doble anillo (Kostiakov). Las pruebas se realizaron en materiales representativos de la zona. Dos se ubicaron aguas arriba del pozo, en la dirección del flujo de las aguas subterráneas y una en el pozo BC-26 (Rioja 1). En la figura 3 se detalla la ubicación de estas pruebas con respecto del Pozo La Rioja 1.

La ubicación de las pruebas de infiltración se muestra en planta en la figura 4.

A través de las pruebas de infiltración se determinó que los materiales evaluados presentan una conductividad hidráulica moderada, en la tabla 2, se resumen los resultados obtenidos.

A continuación se muestran las fotografías de cada prueba.




		
<p>Fotografía 3. Prueba n°1. Coordenadas E 456561 m y N 217921 m, Costa Rica Lambert Norte.</p>	<p>Fotografía 4. Prueba n°2. Coordenadas E 456657 m y N 218029 m, Costa Rica Lambert Norte.</p>	<p>Fotografía 5. Prueba n°3. Coordenadas E 456655 m y N 218109 m, Costa Rica Lambert Norte.</p>

Tabla 2. Datos prueba de infiltración.

Prueba de infiltración	K (conductividad hidráulica m/día)	Rango
1	0,2	Moderado
2	0,1	Moderado
3	0,4	Moderado
Promedio	0,2	Moderado

4.3. Pozos en la zona

Para realizar el estudio hidrogeológico de la zona se consultó las bases de datos de los pozos registrados del AyA y del SENARA ubicados en la zona. Con la finalidad de identificar la presencia y características de las capas litológicas perforadas en el área de estudio.

Para cada uno se le analizaron las principales características como coordenadas, profundidad del pozo, niveles de agua, condiciones litológicas, ubicación de las rejillas caudal y datos de las pruebas de bombeo.

En la tabla 3 se adjuntan los datos de los niveles estáticos y dinámicos de cada pozo, medidos durante la inspección de campo de enero de 2016.

Tabla 3. Niveles estáticos y dinámicos de los pozos cercanos

Pozo	Nivel Dinámico (m)	Nivel Estático (m)
La Rioja 1	9,54	7,3
La Rioja 2	11,29	5,94
La China	12,13	1,22
La Sisi	4,44	1,08
Socorrito 2	9,07	6,02
Socorrito 1	9,19	5,94
Socorrito 3	6,26	5,38

Respecto del área que rodea al Pozo de La Rioja 1, se observó que la malla perimetral del frente, está en muy malas condiciones y en algunos tramos básicamente no existe, como se puede observar en las siguientes fotografías 6, 7 y 8.



4.4 Zona de protección del Pozo La Rioja 1

A la luz de la actual información hidrogeológica disponible, se procede a plantear el área efectiva para la protección del acuífero que abastece al pozo BC-26 (La Rioja 1), esto 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**):

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

Donde:

b: espesor de la zona no saturada, en este caso, corresponde al espesor por encima del nivel freático que se indica en el perfil, el cual tiene un espesor de **b = 5,7**

\square : porosidad efectiva de los materiales de la zona no saturada. Acordes con los datos de Rodriguez, se considera un valor de $\square = 0,4$.

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 = 0,2 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:

$$t_1 = 11,4 \text{ días}$$

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:

$$t = 58,6 \text{ días}$$

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 captada por el pozo en estudio.

4.4.1.2. Zona saturada

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

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

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

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

Donde:

T: es el tiempo de tránsito en zona saturada, T = **58,6 días**

k: conductividad hidráulica de la zona saturada, calculado con en base a los datos de las pruebas de bombeo del Pozo La Rioja 1, **k = 21,025 m/día**.

i: gradiente, calculado en las isofreáticas del acuífero superior, Barranca. (Arredondo, 1995) **i = 0,003**

□: 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 **□ = 0,3**

d: distancia en metros.

Obteniéndose:

$$d = 12,35 \text{ m}$$

Considerando que este valor es sumamente bajo, se procede a realizar el cálculo por medio del radio fijo.

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):

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

Donde,

Q: caudal en m³/día del pozo La Rioja, el cual es de Q=16,5 l/s, correspondiente a **Q = 1425,6 m³/día.**

t: tiempo de tránsito del flujo, **t = 58,6 días**

□: 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 **m_e = 0,3.**

Π: número pi, **Π=3,14**

b: espesor de acuífero **b =36 m.**

r: es el radio fijo en metros

Con lo que se obtiene, un radio de:

$$r = 49,63 \text{ m}$$

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 calculo de la longitud a proteger (**Ec. 5**):

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

Donde,

Q: caudal en m³/día del pozo La Rioja, el cual es de Q=16,5 l/s, correspondiente a **Q = 1425,6 m³/día.**

T: es la transmisividad del acuífero de Barranca, Arredondo, (1995) **T = 759,6 m²/día**

i: gradiente calculado en la planta de las isofreáticas de Barranca, Arredondo, (1995) **i = 0,003**

L: Longitud en m a proteger desde el pozo

Con lo que se obtiene, un valor de:

$$L = 678,05 \text{ m}$$

4.4.1.5. Zona con ancho de captura

Empleando la ecuación de Grubb, 1993, (**Ec. 6**), se calcula el ancho de captura, donde:

$$a = \frac{2 \cdot Q \cdot L}{k \cdot (h_1^2 - h_2^2)}$$

Donde,

Q: caudal en m³/día del pozo La Rioja, el cual es de Q=16,5 l/s, correspondiente a **Q = 1425,6 m³/día.**

L = distancia entre los dos puntos de observación del espesor acuífero, **L =1 m.**

k = conductividad hidráulica, **k=21,025 m/día**

h_1 = espesor saturado en un punto aguas arriba. El espesor acuífero en el pozo es de 36 m, si el gradiente es de 0,003, entonces el espesor del acuífero suponiendo una base horizontal en un punto ubicado a 1 aguas arriba del pozo será de $36+0,003 = 36,003$; **$h_1 = 36,003$ m.**

h_2 = espesor acuífero en el pozo **$h_2 = 36$ m.**

a = ancho de la zona de captura

Por tanto, se obtiene un valor de:

$$a = 627,80 \text{ m}$$

4.4.1.6. Zona con punto de no retorno

El punto de no retorno, de la ecuación de Grubb, 1993, (Ec. 7), se define como la distancia aguas abajo del pozo a estudiar hasta donde se puede extender el contaminante.

$$X_0 = \frac{Q \cdot L}{\pi \cdot k \cdot (h_1^2 - h_2^2)}$$

Donde,

Q: caudal en $\text{m}^3/\text{día}$ del pozo La Rioja, el cual es de $Q=16,5$ l/s, correspondiente a **Q = 1425,6 $\text{m}^3/\text{día}$.**

L = distancia entre los dos puntos de observación del espesor acuífero, **L =1 m.**

Π : número pi, **$\Pi=3,14$**

k = conductividad hidráulica, **k=21,025 m/día**

h_1 = espesor saturado en un punto aguas arriba. El espesor acuífero en el pozo es de 36 m, si el gradiente es de 0,003, entonces el espesor del acuífero suponiendo una base horizontal en un punto ubicado a 1 aguas arriba del pozo será de $36+0,003 = 36,003$; **$h_1 = 36,003$ m.**

h_2 = espesor acuífero en el pozo **$h_2 = 36$ m.**

X_0 = es la distancia aguas abajo.

Obteniéndose:

$$X_0 = 99,97 \text{ m}$$

Considerando que este valor es sumamente elevado, se asume con criterio de experto que aguas abajo se debe de proteger 15 m a partir del pozo.

Concretamente, en la figura 6, se muestra la zona operacional y de protección absoluta, así como la zona de protección regulada para el pozo de la Rioja 1, cuyas dimensiones son :

- Zona operacional y de protección absoluta : rectángulo de 15 m desde el pozo, hacia todos los lados, señalada con achurado rayado.
- Zona protección regulada : Ancho desde el pozo, 49,63 m a cada lado, por metodología de radio fijo. Longitud desde el pozo 49,63 m (dirección aguas arriba). Punto de no retorno, aguas abajo del pozo , 15 m.



0 25 50 Metros

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

Simbología

- Pozo
- Zona de Protección Regulada
- / / / / / Zona Operacional y de Protección Absoluta



V. CALIDAD DE AGUA

En base a la información facilitada por el Ing. Mario Solís, Jefatura Operación y Mantenimiento, la cual se adjunta en el Anexo I, se indica el reporte de la calidad de agua del Pozo la Rioja 1.

El análisis microbiológico realizado el 26/01/2016, del Pozo La Rioja 1, indica : « En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para consumo humano ».

Así como, también cumplen los análisis microbiológicos para el resto de los pozos de la zona.

Además los análisis físico – químicos realizados el 09/03/2015 , n° de indiador AyA-ID-01621-2015, del Pozo La Rioja 1, indica « :Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N°32327-S ».

Respecto a los análisis físico – químicos para el resto de los pozos de la zona, también cumplen.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La zona de estudio está constituida por aluviones de distintas granulometría y una matriz areno arcillosa.
2. Desde el punto de vista hidrogeológico, en el área existen dos acuíferos, el acuífero de Barranca (superior) y el Roble (inferior). Para el estudio realizado, se emplearon los datos del acuífero de Barranca, ya que se observó que existe conexión entre ambos, además éste es el más vulnerable. La dirección de flujo del agua subterránea es en sentido NE al SW.
3. La zona operacional y de protección absoluta es de 15 m desde el pozo, hacia todos los lados.
4. La zona de protección regulada del pozo la Rioja 1, empleando el método de radio fijo EPA (2001), es de 49,63m desde el pozo, hacia todos los lados. Y el punto de no retorno, aguas abajo del pozo es de 15 m.
5. Se recomienda proteger la zona operacional y de protección absoluta establecida, dentro de la cual, no se debe permitir ningún tipo de actividad antrópica que genere flujos o lixiviados que contengan o generen contaminantes de tipo *advectivo* (aquellos que se mueven con o como el agua), tales como los de *origen patógeno*- y mucho menos de otros tipos de contaminantes más agresivos para el medio hidrogeológico o nocivos para la salud (productos químicos como pinturas u otros, fertilizantes / pesticidas / agroquímicos hidrosolubles o hidrofóbicos, hidrocarburos o derivados del petróleo, etc). Es importante resguardar de manera responsable esta área alrededor del pozo, ya que la misma es un factor no solo para el pozo, si no para el medio hidrogeológico conexo al mismo.
6. Se recomienda arreglar la malla permitral del frente del Pozo BC-26 (La Rioja 1), para evitar daños y posibles afectaciones en las inmediaciones del pozo.
7. Respecto a la calidad de agua, en base a los datos del análisis microbiológico realizado el 26/01/2016, del Pozo La Rioja 1, indica : « En este análisis puntual el agua cumple los criterios microbiológicos establecidos para consumo humano ». Además los análisis físico – químicos realizados el 09/03/2015 , n° de indiator AyA-ID-01621-2015, del Pozo La Rioja 1, indica « :Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N°32327-S ». No obstante, se recomienda realizar los análisis cada 3 meses.

VII. REFERENCIAS

- P. DENYER, T. AGUILAR, G. ALVARADO. REVISTA GEOLÓGICA DE AMÉRICA CENTRAL, 29, 2003. GEOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA DE LA HOJA DE BARRANCA, COSTA RICA.
- H. RODRIGUEZ. DEFINICIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN ABSOLUTA INMEDIATA DEL POZO SISI, EL ROBLE, PUNTARENAS. ENERO 2011
- S. ARREDONDO. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD LA CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS COSTEROS, BARRANCA Y EL ROBLE. PUNTARENAS, COSTA RICA. 1995. TESIS DE LICENCIATURA EN GEOLOGÍA. ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE COSTA RICA.
- AYA, 2014: REPORTE DE PERFORACIÓN DE POZOS.
- CUSTODIO, E. & LLAMAS, M. R., 1 983: HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA (TOMO I Y II). -2100 PÁGS. EDICIONES OMEGA S. A., BARCELONA.
- SANDERS, L.; 1998: A MANUAL OF FIELD HYDROGEOLOGY. -381 PÁGS. PRENTICE-HALL.

ANEXO I:



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

MEMORANDO

PARA: Mario Solís Castro
Unidad Cantonal Puntarenas

FECHA: 26 de febrero del 2016

DE: Cristina Castanedo Sotela
UEN Gestión Ambiental



No. UEN-GA-2016-00249


ASUNTO: INFORME ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN DEL POZO RIOJA 1

En referencia a la solicitud del Ing. Mario Solís, mediante memorando No. **GSO-RPC-PU-2015-01490**, del 16 de diciembre de 2015, donde se solicita el perímetro de protección del Pozo la Rioja 1, se adjunta el siguiente informe denominado: "ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN DEL POZO LA RIOJA 1"


VB° MSc. Viviana Ramos Sánchez
Dirección Área Funcional de Hidrogeología
UEN de Gestión Ambiental




VB° Geóg. Gerardo Ramírez Villegas
Director
UEN de Gestión Ambiental



C: Andres Saenz Vega, Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo
William Chaves Soto, Región Pacífico Central
Alexander Alvarez Barrantes, Operacion y Mant. Sist. de Agua Potable RPC
Archivo Hidrogeología (interno: 114)