

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



**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO**

**DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN DE LA NACIENTE LOS MANZANOS,  
QUEBRADAS DE PÉREZ ZELEDÓN.**



**Elaboró**

---

**Geól. Christian Delgado Segura**

---

**Geól. Christian Corrales Díaz.**

**Asistencia campo**

**Gestores Expertos: Dennis Pessoa P; Francisco Segura O.**

**Gestor Experto Hermes Monge C. - Oficina Cantonal de Pérez Zeledón**

---

**Revisó y avaló: MSc. Viviana Ramos Sánchez**

**Dirección del Área Funcional de Hidrogeología**

**Diciembre, 2015**



**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](mailto:centrodoc@aya.go.cr) **N° Teléfono:** 2242-5487

Annette  
Henchoz Castro

Firmado digitalmente por  
Annette Henchoz Castro  
Fecha: 2019.11.25 16:07:20  
-06'00'

**Firma:** \_\_\_\_\_

## Índice de contenido

|  |    |
|--|----|
| I. INTRODUCCIÓN .....  | 5  |
| 1.1 Objetivo General .....   | 5  |
| 1.2 Objetivos Específicos.....   | 5  |
| 1.3 Ubicación Cartográfica y Contextual .....  | 5  |
| 2. UBICACIÓN DE NACIENTES Y POZOS EN EL SECTOR.....  | 6  |
| 3. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO.....   | 8  |
| 3.1 Geología Regional.....   | 8  |
| Unidad de Lutitas y Areniscas (Formación Caraiques).....   | 8  |
| Unidad de Lutitas y Areniscas (Formación Peña Negra).....  | 8  |
| Cuerpos intrusivos (Grupo magmático de Talamanca).....   | 9  |
| Depósitos Aluviales, Coluviales y Glaciáricos.....   | 9  |
| 3.2 Situación Estructural .....  | 10 |
| 3.3 Geología Local .....   | 12 |
| 3.3.1 Unidad de lavas e intrusivos del Grupo Magma-tico de Talamanca .....                         | 12 |
| 3.3.2 Depósitos coluviales.....  | 13 |
| 4. CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS .....   | 16 |
| 4.1 Características de la naciente Los Manzanos .....  | 16 |
| 4.2 Parámetros hidráulicos del acuífero.....   | 18 |
| 4.3. Niveles de agua subterránea, direcciones de flujo y gradiente hidráulico.....                 | 21 |
| 4.4. Características de la zona no saturada .....  | 21 |
| 5. TIEMPOS DE TRÁNSITO EN LA ZONA NO SATURADA Y SATURADA .....                                     | 22 |
| 5.1. Distancia para un tiempo de tránsito de 100 días (zona de protección absoluta inmediata)..... | 22 |
| 5.1.1. Zona no saturada naciente Los Manzanos.....   | 22 |
| 5.1.2. Zona saturada Naciente Los Manzanos.....  | 22 |
| 6. CÁLCULO DE LA ZONA DE CAPTURA.....  | 23 |

|   |    |
|---|----|
| 6.1. Zona de captura.....                                 | 24 |
| Ancho de la zona de captura.....                          | 24 |
| Punto de no retorno.....                                  | 25 |
| 6.2. Radio fijo .....                                     | 25 |
| 6.3 Zona operacional de la Naciente Los Manzanos .....    | 26 |
| 7. VULNERABILIDAD EN LA ZONA DE PROTECCION INMEDIATA..... | 27 |
| 9. CONCLUSIONES – RECOMENDACIONES .....                   | 30 |
| 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                      | 32 |
| 11. Anexos .....  | 33 |
| Anexo 1: Pruebas de infiltración. ....                    | 33 |
| Anexo 2: Registro de perforaciones .....                  | 35 |
| Anexo 3: Aforos .....                                     | 36 |

**Índice de figuras**

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Mapa de ubicación de la naciente Los Manzanos .....          | 7  |
| Figura 2: Mapa geológico del sector Naciente Los Manzanos .....        | 11 |
| Figura 3: Mapa de elementos hidrogeológicos naciente Los Manzanos..... | 19 |
| Figura 4: Perfil geológico del sector Los Manzanos.....                | 20 |
| Figura 5: Zonas de protección para la naciente Los Manzanos. ....      | 28 |
| Figura 6: Zona de protección Naciente Los Manzanos (Google Earth)..... | 29 |

**Índice de cuadros**

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 1: Nacientes levantadas en el sector de la naciente Los Manzanos. ....                          | 6  |
| Cuadro 2: Pruebas de infiltración en la zona de las naciente Los Manzanos.....                         | 21 |
| Cuadro 3: Cálculo del tiempo de transito en la zona no saturada para la naciante Los Manzanos.....     | 22 |
| Cuadro 4: Cálculo de la distancia horizontal en que se degradarían las bacterias.....                  | 23 |
| Cuadro 5: Parámetros para el calculo del ancho de la zona de captura de la naciente Los Manzanos. .... | 24 |
| Cuadro 6: Parametros para el calculo del punto de no retorno de la naciente de los Manzanos. ....      | 25 |

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 7: Parámetros para el radio fijo de la nacientes Los Manzanos.....                      | 26 |
| Cuadro 8: Área correspondiente para las zonas de protección según diferentes metodologías..... | 30 |

### Índice de fotografías

|   |    |
|---|----|
| Fotografía 1: Roca arcillitizada (496754 E / 375848 N).....                           | 12 |
| Fotografía 2: Grado de fracturamiento (496754 E /375848 N) .....                      | 12 |
| Fotografía 3: Material arcillitizado y contacto con dique (496,754/375,848).....      | 13 |
| Fotografía 4: Depósitos coluviales (497,050/375,905).....                             | 14 |
| Fotografía 5: Depósitos coluviales (496,923/375,820).....                             | 14 |
| Fotografía 6: Espesor de suelo (496,889/375,838) .....                                | 14 |
| Fotografía 7: Naciente en estudio (496,819/375,849) .....                             | 14 |
| Fotografía 8: Bloques de diferente composición litológica del depósito coluvial. .... | 15 |
| Fotografía 9: Bloques de lava dacítica (496,958/375,782).....                         | 15 |
| Fotografía 10: Bloques de lava dacítica (496,956/375,750).....                        | 15 |
| Fotografía 11: Sitio de captación de la naciente Los Manzanos.....                    | 16 |
| Fotografía 12: Naciente N° 1.(496,826/375,914) .....                                  | 17 |
| Fotografía 13: Naciente N° 2.(496,889/375,838) .....                                  | 17 |
| Fotografía 14: Naciente N° 3.(496,783/375,845) .....                                  | 17 |
| Fotografía 15: Aumento leve de caudal (496,783/375,845) .....                         | 18 |

### Índice de gráficas

|   |    |
|---|----|
| Gráfica 1: Prueba de infiltración No. 1. .... | 33 |
| Gráfica 2: Prueba de infiltración 2. ....     | 33 |
| Gráfica 3: Prueba de infiltración 3. ....     | 34 |
| Gráfica 4: Prueba de infiltración 5. ....     | 34 |

# DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN DE LA NACIENTE LOS MANZANOS, QUEBRADAS DE PÉREZ ZELEDÓN, SAN JOSE.

## I. INTRODUCCIÓN

El presente estudio fue realizado en respuesta a la solicitud efectuada mediante oficio SBGSP-2015-045 por parte de la SubGerencia Gestión de Sistemas Periféricos dirigida hacia la UEN Gestión Ambiental con fecha 19 de Enero 2015, en donde se solicita el criterio técnico del Área Funcional de Hidrogeología para delimitar la zona de protección absoluta de la naciente Los Manzanos y el tanque Pepe en Pérez Zeledón, dicha solicitud fue enviada por parte de la Dirección de la Región Brunca por medio del oficio SB-GSP-RB-12176-2014, ya que dicha naciente forma parte de un conjunto de nacientes que abastecen los sectores de Quebradas y Morazán de Pérez Zeledón. Ante esta solicitud se procedió a realizar una gira de campo para llevar a cabo el levantamiento de la naciente a estudiar, así como pruebas de infiltración y cartografiado geológico alrededor de la zona, para así llevar a cabo los cálculos de rigor necesarios para sustentar este tipo de investigaciones.

El presente informe consiste en: I) Introducción del informe, II) Geología del área de estudio, III) Hidrogeología del área de estudio, IV) Cálculo del tiempo de tránsito de los contaminantes, V) Delimitación de la zona de protección de la fuente en cuestión por medio del método de Grubb, Foster, radio fijo y la referencia de transito de contaminantes, VI) Conclusiones & Recomendaciones y VII) Referencias.

### 1.1 Objetivo General

Delimitar la zona de protección para la naciente Los Manzanos ubicada en Quebradas de Pérez Zeledón.

### 1.2 Objetivos Específicos

- Ubicar la naciente en estudio, así como otros afloramientos de agua cercanos, y diagnosticar el entorno geológico-hidrogeológico.
- Determinar el tiempo de tránsito de contaminantes patógenos en el medio acuífero donde se encuentra la naciente.
- Determinar la zona de protección a partir de la metodología bacteriológica de la naciente en estudio.

### 1.3 Ubicación Cartográfica y Contextual

La naciente en estudio se ubica a 1 km al noreste del poblado de Quebradas, distrito de San Isidro del General de Pérez Zeledón, San José, dentro de la microcuenca drenada por la Quebrada Pizota, específicamente en las coordenadas 496819.445 / 375849.941, Costa Rica Lambert Sur, Hoja Topográfica San Isidro (IGNCR), escala 1:50 000 (Figura 1).

## 2. UBICACIÓN DE NACIENTES Y POZOS EN EL SECTOR

En el Cuadro 1, se presentan las principales características de las nacientes captadas y no captadas ubicadas en la zona (Figura 1).

Cuadro 1: Nacientes levantadas en el sector de la naciente Los Manzanos.

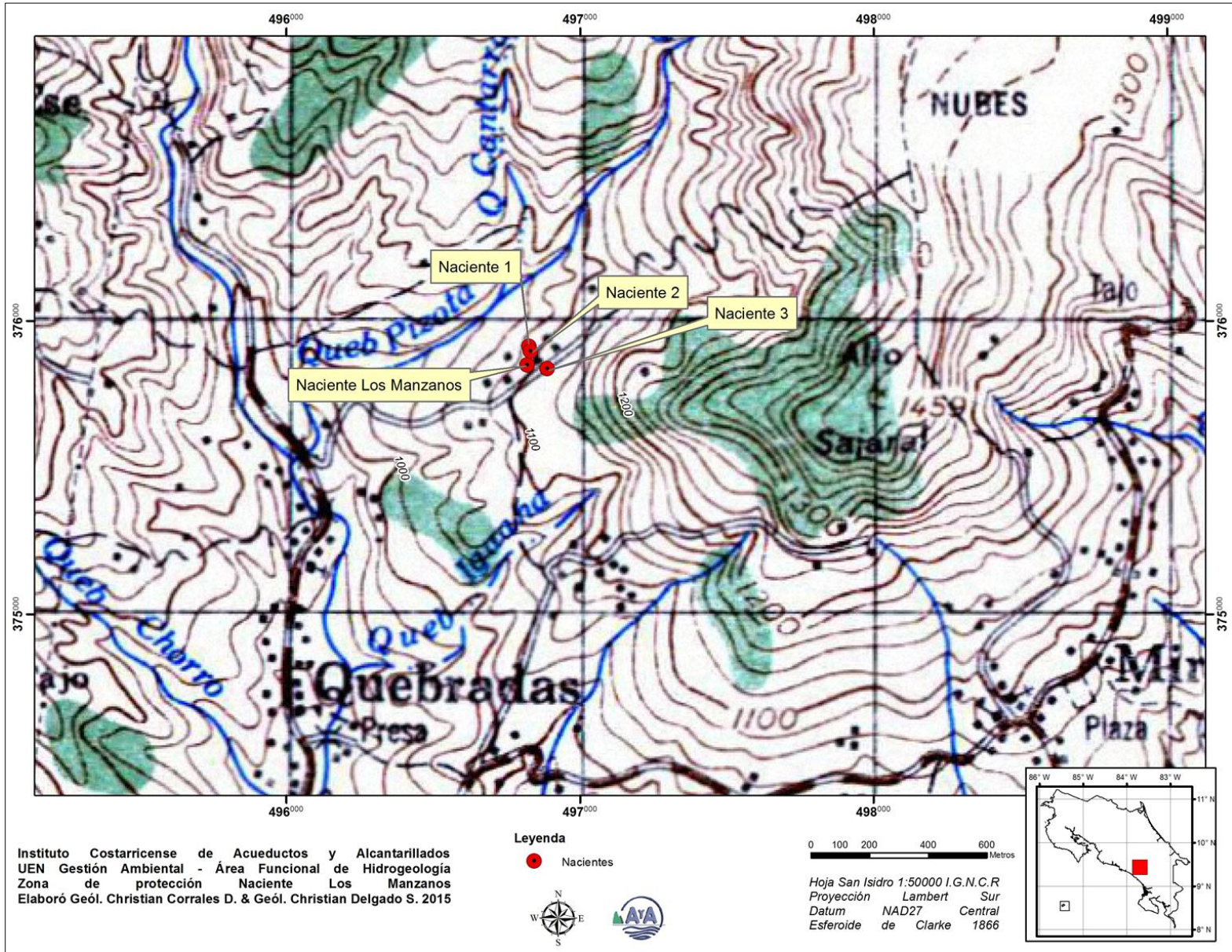
| Naciente     | Coordenadas          | Caudal (l/s) | Elevación (msnm) | Observaciones                   |
|--------------|----------------------|--------------|------------------|---------------------------------|
| Los Manzanos | 496832E/<br>375821 N | 6,5*         | 1091             | Captada por la ASADA            |
| 1**          | 496825E/<br>375913 N | ND           | 1087             | Afloramiento de agua no captada |
| 2**          | 496831E/<br>375897 N | ND           | 1088             | Afloramiento de agua no captada |
| 3**          | 496889E/<br>375837 N | ND           | 1103             | Afloramiento de agua no captada |

\*Fuente: información facilitada por la ASADA, data de enero de 2015 (Anexo 3).

\*\*Fuente: trabajo de campo.

ND: Caudal no medido mediante aforos, condiciones *in situ* desfavorable.

Las nacientes identificadas como la N°1, N°2 y N°3 son afloramientos de muy bajo caudal, inclusive con humedad en los taludes. Las condiciones para el aforado de caudal no eran favorables *in situ*, no son captadas ni usadas por el acueducto.



### **3. GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

#### **3.1 Geología Regional**

La zona de estudio se encuentra constituida por unidades geológicas de origen sedimentario volcánicoclástico en gran parte, y en menor proporción por unidades de origen ígneo, las cuales se indican a continuación (Figura 2):

Alvarado et al, 2009, en el mapa geológico de la hoja cartográfica San Isidro identifica para la zona de estudio, litologías correlacionables con las formaciones de la cuenca del Valle Central de Costa Rica, cuyo registro evidencia una actividad volcánica y el proceso de erosión de las conos volcánicos propios del Mioceno.

Específicamente, describe lutitas y areniscas que asocia con la formación Caraigres; brechas volcánico – sedimentarias de la formación Pacacua; finalmente lutitas y areniscas asociadas a la formación Peña Negra.

#### **Unidad de Lutitas y Areniscas (Formación Caraigres).**

Constituida por interestratificaciones de lutitas y areniscas (areniscas y graywackes líticas), con laminación paralela, cruzada, bidireccional, posibles, brizooarios y globigerinoides, con fuerte influencia volcánica (clastos de rocas volcánicas: 3-70%, mayoritariamente alrededor de un 60%) (Alvarado et al, 2009).

Los principales afloramientos se presentan en los alrededores de San Ramón Norte y Sur (Alvarado et al, 2009).

Aunque nunca se llegó a observar directamente en el campo, se infiere que sobreyace a la unidad de Lutitas Negras, areniscas y conglomerados de la Formación Térraba, (Alvarado et al, 2009). Dada su posición estratigráfica y litológica, se puede asignar una edad Oligocena Media a Superior (Alvarado et al, 2009).

#### **Unidad de Lutitas y Areniscas (Formación Peña Negra).**

Constituida por interestratificaciones de lutitas, limonitas y areniscas. Las lutitas hasta limonitas son negras a café y constituyen estratos de espesores entre 5 y 15 cm o pueden presentarse masivas con pirita; pueden ser calcáreas (Alvarado et al, 2009).

Las areniscas finas, media y gruesas, gris claro verdosas, silíceas, presentan laminación paralela y cruzada, y en algunos casos presentan fuertes variaciones laterales en el espesor, con acuñamiento lateral de las capas, contactos ondulados. Los granos son subredondeados a redondeados, moderadamente clasificados. El espesor varía entre 5 y 80 cm, y generalmente se presentan muy fracturadas. El espesor máximo aflorante de esta unidad es de unos 800 m (Alvarado et al, 2009). Los principales afloramientos se localizan en el camino a San Ramón Sur, Santa Eduvigis, Carretera Interamericana, entre otros (Alvarado et al, 2009).

Dada su posición estratigráfica y litológica, se puede correlacionar con la Formación Peña Negra, descrita por Denyer y Arias (1991) para el Valle Central.

Según el contenido fósil registrado se indica que su rango de edad fósil varía del Eoceno-Oligoceno (Panamá) al Mioceno Medio en la Fm. Peña Negra (Peraldo et al; 2001). Y por su posición estratigráfica, litológica, los fósiles descritos, y dado que están instruidas por los granitoides de Talamanca (12-8,5 Ma), edad mínima de dichas rocas, por lo que podría especular una edad Miocena Inferior a Media Temprana.

### **Cuerpos intrusivos (Grupo magmático de Talamanca).**

Las rocas corresponden con gabros (gabros cuarzosos con anfíbol, gabros cuarzoso con clinopiroxeno uralitizado y gabro leucocrático con augita), y monzogabros cuarzosos con clinopiroxeno uralitizado (p. ej. Catarata del río Blanco: 383,26-505,65), o monzonitas cuarzosas con anfíbol cloritizado con transición a granito y granito leucocrático (puente frente al Templo católico de Herradura: 381,40-505,55). Una diorita con biotita se observa en la localidad de Herradura (380,45-507,30). Un dique gabróide leucocrático intruye a los sedimentos morados de Pacacua (501,19-376,37). Inclusiones comagmáticas, brechas magmáticas y los microdiques también están presentes. Las rocas más leucocráticas se presentan hacia el núcleo de los batolitos, mientras que hacia la periferia y cuerpos menores (stocks) suelen ser melanocráticos (Alvarado et al, 2009).

El intrusivo de Talamanca forma stocks y batolitos de diversa forma y extensión, en su mayoría con un eje aproximadamente orientado NW-SE. Los más extensos afloramientos ocurren en el eje más elevado de la cordillera, en superficies superiores a los 100 km<sup>2</sup> y desniveles de hasta 2000 m, como por ejemplo en los macizos de los cerros Chirripó, de la Muerte, Dúrika, Kamuk (Alvarado, et al 2009).

Estas rocas intruyen a las lavas y rocas sedimentarias. Las cornubianitas se encuentran tanto en posición lateral como superior.

Para el área de estudio parecen existir algunas dataciones que nos indican un rango entre 9,8 y 7,8 Ma (de Boer et al; 1995; MacMillan et al; 2004). Datos K/Ar y <sup>40</sup>Ar/ <sup>39</sup>Ar, en especial sobre los macizos calco-alcalinos de Tapantí, Cerro de la Muerte, División y Kamuk, indican edades entre 12 y 7,8 Ma (Berrangé y Whittaker, 1977; Bellon y Tournon, 1978; Appel, 1990; de Boer et al; 1995; MacMillan et al; 2004), es decir en su mayoría Mioceno Superior.

### **Depósitos Aluviales, Coluviales y Glaciáricos**

Se trata especialmente de bloques métricos de rocas intrusivas y gran cantidad de aluviones de medios a gruesos, provenientes de las estribaciones de la Cordillera de Talamanca (Alvarado et al, 2009).

Se observan especialmente en los ríos Buenavista, Chirripó Pacífico, General, Quebradas y Pedregoso. Frente a la población de Canaán, por el drenaje del río que desciende del Cerro Chucuyo, se presenta un abanico de bloques y detritos ígneos, incluyendo arenas, producto de un deslizamiento que ocurrió en la década de los setentas del siglo pasado (Alvarado et al, 2009).

Sobreyacen a todas las unidades pues son los materiales más recientes. Se le asigna un edad Cuaternario (Alvarado et al, 2009).

En el área de estudio, ésta unidad aflora como aluviales en el río Quebradas y como coluvio con una ligera cobertura sobre las lavas asociadas al Grupo Magmático de Talamanca (Figura 2 y Figura 4)

### 3.2 Situación Estructural

Leandro et al; (1983); Alvarado et al; (1998) & Denyer et al; (2003) determinan los siguientes sistemas de falla (Figura 2):

**Sistema N-S:** Se deduce por el trazado rectilíneo de los cauces de los ríos San Ramón, Quebradas, Buena Vista y parte del río Blanco. En el area de estudio, el río Quebradas corresponde presenta un cauce rectilíneo con rumbo N – S, consecuente con el sistema estructural (Figura 2).

**Sistema NE-SW:** Controla el curso de los ríos y quebradas División y Páramo y la quebrada Blanca, entre otras. Morfológicamente se podría asociar con el alineamiento de la quebrada Pizota, Iguana y Jilguero, pero el criterio de campo es insuficiente para afirmar o descartar si hay relación entre el cuace y el sistema de deformación (Figura 2).

**Sistema NW-SE:** En el área de estudio, estructuras como la Falla Naranjo, se asocian a este sistema estructural. Regionalmente, el curso de los ríos Chimirol, Blanco y quebradas Boquete, Aristides y Seca han sido influenciados por fallas asociada al sistema de deformación. La falla Aristides-Quebrada Seca fue comprobada en el campo con un cambio litológico a ambos lados de las quebradas y una zona de falla de 2 m en la carretera Interamericana (Figura 2).

Desde el punto de vista hidrogeológico, la presencia de fallas y sistemas de deformación, en la mayoría de los casos aumentan algunos parámetros físicos como la porosidad y permeabilidad en el macizo.

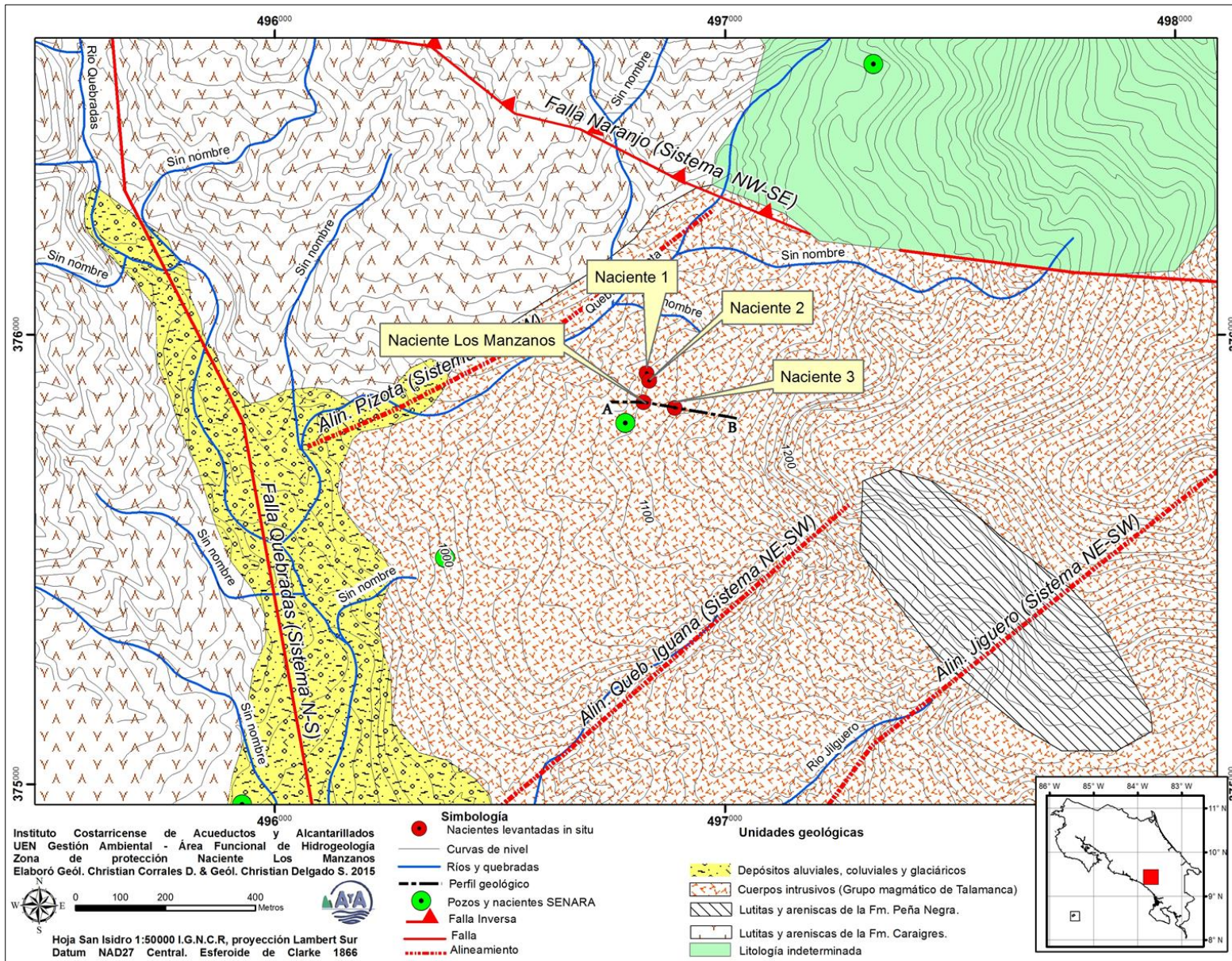


Figura 2: Mapa

geológico del sector Naciente Los Manzanos

### 3.3 Geología Local

Con respecto a las unidades geológicas presentes nivel regional, solo dos de ellas influyen de manera directa en el modelo hidrogeológico de la naciente Los Manzanos, por lo tanto solo estas dos unidades se describen a detalle a continuación (Figura 2).

#### 3.3.1 Unidad de lavas e intrusivos del Grupo Magmático de Talamanca

Aflora como bloques de roca correspondientes a cuerpos intrusivos sobreyacidos por depósitos coluviales los cuales se componen de bloques ubicados al pie de monte del cerro Alto Sajaral ubicado al este de la naciente en estudio.

Alrededor de la naciente en estudio no se observan afloramientos de roca esto debido a la topografía ondulada y a la falta de cortes, sin embargo se observa aguas abajo de la misma, aproximadamente ubicado 65 m aguas abajo de la naciente en estudio, se encuentra una lava de composición andesítica-dacítica con un moderado grado de arcillitización (Fotografía 1 y Fotografía 2)



Fotografía 1: Roca arcillitizada (496754 E / 375848 N).

Fotografía 2: Grado de fracturamiento (496754 E / 375848 N)

La lava presenta una coloración café amarillento en su patina de meteorización, además de un leve grado de fracturamiento (Fotografía 2) , las cuales consisten en fracturas cerradas; esta se extiende a lo largo de la quebrada ubicada aguas abajo de la naciente, y muy cerca del afloramiento anterior se presenta un contacto con un dique de sílice, en este afloramiento las lavas presentan una matriz bastante arcillitizada con gran cantidad de plagioclasas hidratadas (Fotografía 3) y justamente en el contacto se observa la presencia de una variedad de cuarzo criptocristalino, lo cual evidencia alteración hidrotermal en ese sitio, por encima de este afloramiento se ubica la naciente en estudio.

El espesor aflorante de estas lavas es de alrededor de 2 metros, el cual se mantiene a lo largo del cauce aguas abajo de la naciente.

### 3.3.2 Depósitos coluviales

Los depósitos coluviales están ubicados en el pie de monte de moderada a alta pendiente, de los cuales se identificaron varios afloramientos con espesores submétricos a métricos. Consiste en un suelo arenoso café claro que engloba bloques angulares a subangulares de gabros alterados (Fotografía 4, Fotografía 5 y Fotografía 6), otros bloques se componen de dioritas con aureolas de alteración hidrotermal en las cuales se observan fenocristales de plagioclasas alterados, mientras que aguas arriba de la naciente, a muy escasos metros, se encuentran aflorando bloques rodados angulares-subangulares de composición andesítica-dacítica sanos de color negro grisáceo, el espesor en la naciente es de 1,5 m (Fotografía 7). Al encontrarse bloques de variada composición litológica se trata por lo tanto de un depósito coluvial de moderada a alta pendiente (Fotografía 8, Fotografía 9 y Fotografía 10), envueltos en una matriz areno-limosa color café.



*Fotografía 3: Material arcillitizado y contacto con dique (496,754/375,848)*



Fotografía 4: Depósitos coluviales (497,050/375,905)



Fotografía 5: Estero (496,889/375,838) 496,819/375,849)



Fotografía 8: Bloques de diferente composición litológica del depósito coluvial.



Fotografía 9: Bloque de lava dacítica  
(496,958/375,750)

## 4. CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS

### 4.1 Características de la naciente Los Manzanos

Según se puede observar directamente en el sitio de la naciente, se encuentra un depósito coluvial sobreyaciendo a una unidad de lavas arcillitizadas pertenecientes al Grupo Magmático de Tamanca. agua abajo se observan las lavas parcialmente silicificadas e intruidas por un dique (Fotografía 3).

El sitio de captación de la naciente tiene una estructura en concreto, en el mismo sitio se encuentra el tanque de reunión de agua de la naciente FUDEBIOL y Los Manzanos, a este tanque se le denomina "Tanque Pepe" (Fotografía 11).

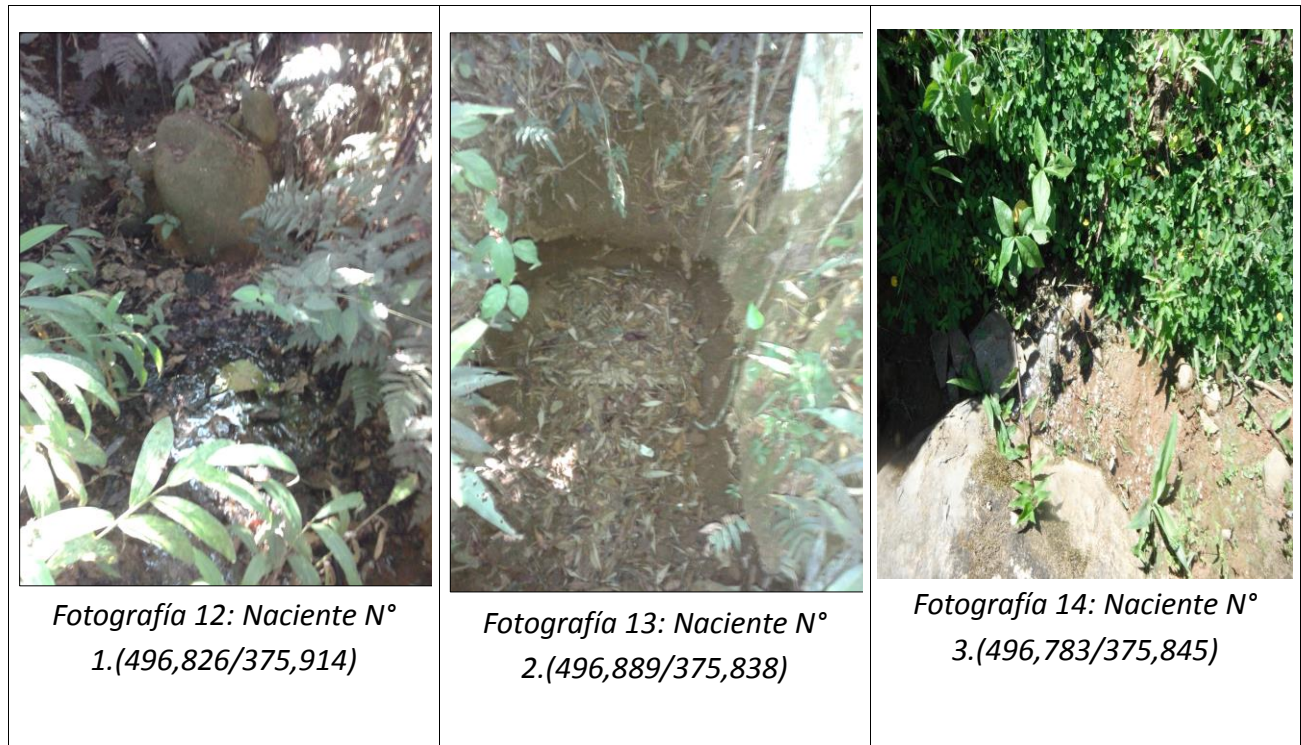
La naciente Los Manzanos, es un afloramiento de un acuífero libre, cuya cobertura es constituida por un coluvio de permeabilidad alta, el cual no represente una capa sello o barrera negativa a la tabla de agua. El espesor coluvial que la sobreyace es de 1,5 m en las inmediaciones de la misma. Los cambios topográficos, son puntos donde el acuífero queda expuesto y afloran brotes de agua, tal es el caso de la naciente 1, 2, 3 y Los Manzanos. A pesar de que el agua subterránea aflora en suelo, el acuífero se desarrolla en un medio fracturado que recibe recarga vertical de la precipitación por infiltración en el coluvio. Localmente fluye en el coluvio.

En el Cuadro 1, se presenta la descripción de la naciente en estudio, de igual manera, se presentan otros afloramientos de agua subterránea usados para definir el modelo hidrogeológico y el trazado de las isofreáticas (Fotografía 12, Fotografía 13 y Fotografía 14).



**Captación Los Manzanos**

*Fotografía 11: Sitio de captación de la naciente Los Manzanos.*



#### **4.1 Modelo hidrogeológico**

La zona de estudio se encuentra constituida por una unidad de lavas alteradas de composición andesítica-dacítica (Grupo Magmático de Talamanca) donde se encuentra el acuífero y lo sobreyace un depósito coluvial.

Dentro del depósito coluvial se encuentran bloques de distintos tamaños que van de centimétricos a métricos, los cuales se encuentran englobados dentro de una matriz arenosa, aquí el comportamiento del agua subterránea se restringe a la conductividad hidráulica, a la porosidad, al espesor de cada unidad litológica, al gradiente hidráulico de las isofreáticas y además a la pendiente del terreno. El coluvio tiene un espesor menor a los 1,5 metros en el sitio de la naciente con una permeabilidad alta.

Debido a lo anterior, el acuífero desarrollado en las lavas y de interés para el consumo de agua, se considera libre sin cobertura.

La descarga se da a través de nacientes donde el gradiente topográfico intercepta el gradiente hidráulico, tal es el caso de las nacientes 1, 2, 3 y Los Manzanos (Fotografía 11, Fotografía 12, Fotografía 13 y Fotografía 14). Ocasionalmente, la tabla de agua fluye por el coluvio, siendo este nivel el techo del acuífero (Figura 4).

Pendiente abajo de la naciente Los Manzanos, es notorio un leve aumento del caudal a medida que se desciende por la quebrada, la cual drena el rebalse de la naciente en estudio, debiéndose esto principalmente a que existen más afloramientos pequeños de agua pendiente abajo de la naciente (Fotografía 15), dicha observación es evidencia para determinar que al menos hay un espesor saturado de 15 – 20 metros y que en las lavas se encuentra el acuífero (Figura 4).



#### **4.2 Parámetros hidráulicos del acuífero**

Para la zona de estudio no se encontraron pozos cercanos con información litológica y parámetros hidráulicos, sin embargo valores como los espesores de la zona no saturada y saturada se obtuvieron de datos de campo y de los perfiles hidrogeológicos, mientras que el modelo hidrogeológico y los valores establecidos para la porosidad, transmisividad y permeabilidad del acuífero presentan una correlación con los datos del estudio hidrogeológico para el cálculo de zona de protección realizado por Ramírez (2012), las cuales se encuentran captando unidades geológicas con características similares a las observadas en el sitio.

Para los cálculos respectivos se empleó el pozo CG-6 (Anexo 2).

$$T = k * b$$

En donde:

T = Transmisividad del acuífero, en m<sup>2</sup>/día.

k = Permeabilidad del acuífero, en m/día.

b = Espesor del acuífero, en metros.

Por tratarse de un medio en donde la mayoría del flujo es del tipo poroso compuesto por limos-arenosos, la porosidad asignada es de **40%** (Sanders, 1998).

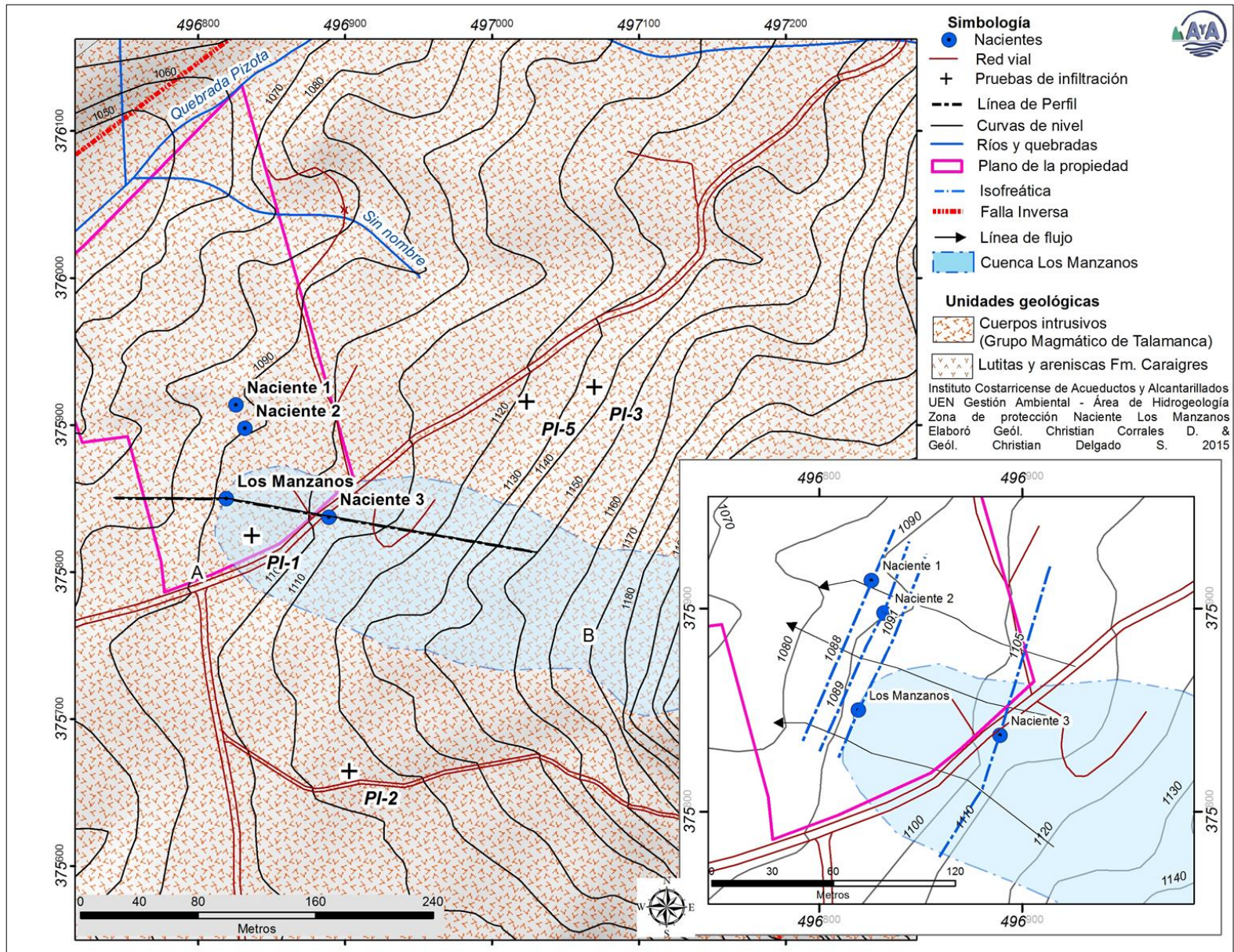


Figura 3: Mapa de

*elementos hidrogeológicos naciente Los Manzanos*

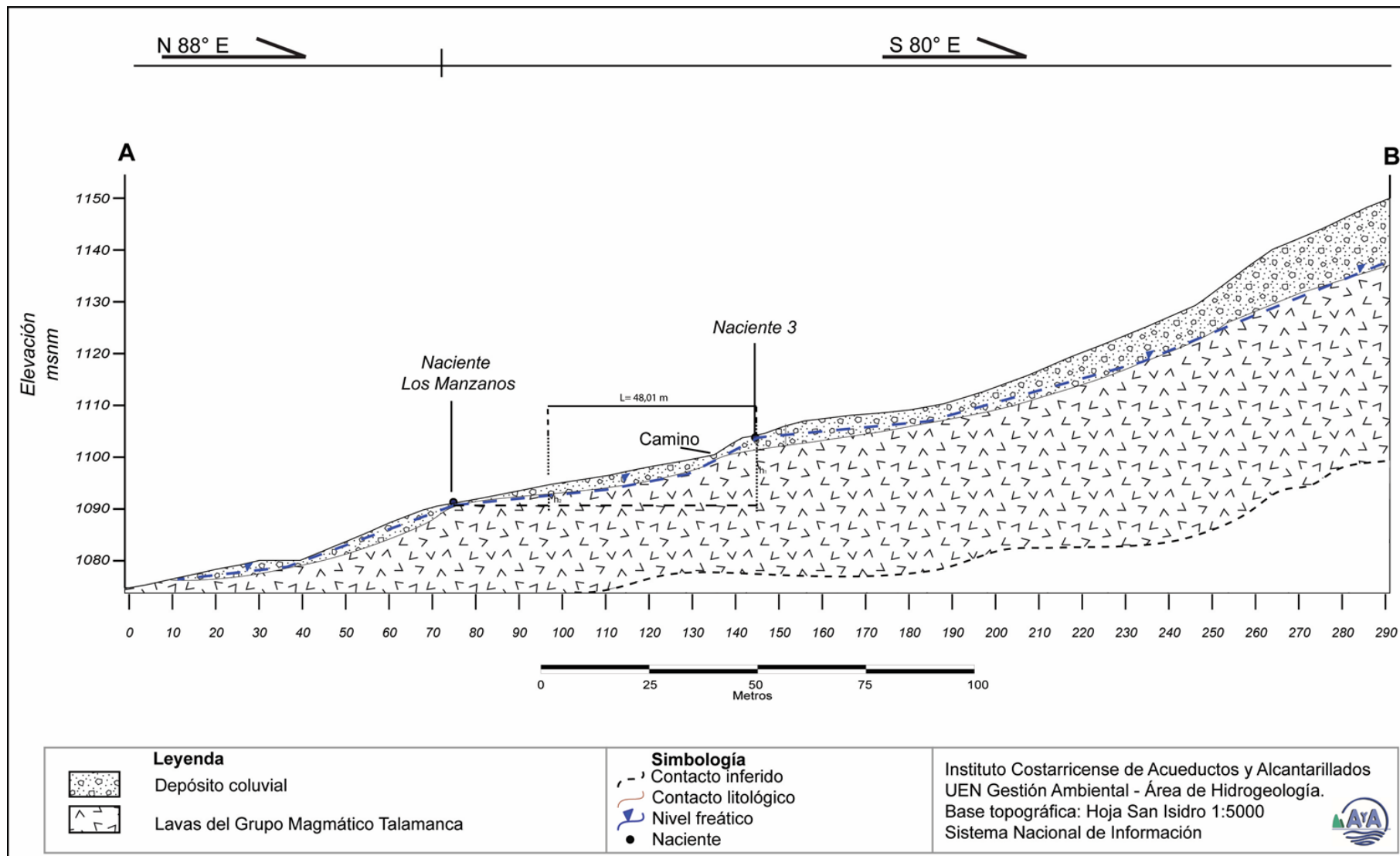


Figura 4: Perfil geológico del sector Los Manzanos

#### **4.3. Niveles de agua subterránea, direcciones de flujo y gradiente hidráulico.**

Conociendo la elevación de los manantiales (Cuadro 1) en la zona de estudio, y considerando que la elevación del nivel del agua subterránea es igual a la elevación del manantial, se procedió a dibujar las líneas isofreáticas del acuífero fracturado en las lavas donde se desarrolla el acuífero (Figura 3).

La dirección de flujo del agua subterránea es hacia el Suroeste y la gradiente hidráulica es de 0,15, tomado a partir de las líneas isofreáticas 1091 y 1088 msnm. La profundidad del techo del acuífero no es mayor a los 5 metros en el sector inmediato a la naciente.

#### **4.4. Características de la zona no saturada**

Para conocer las características de los materiales que cubren al acuífero se hicieron 5 pruebas de infiltración directamente sobre el terreno.

A partir de la permeabilidad obtenida en las pruebas y el cartografiado geológico, se define una única unidad constituida por coluvios, la cual cubre el acuífero fracturado.

La ubicación de las pruebas se presenta en el mapa de la Figura 3. En el Cuadro 2, se da un resumen de las características de cada de las pruebas de infiltración realizadas (Anexo 1, Gráficas 1 a 5) .

*Cuadro 2: Pruebas de infiltración en la zona de las naciente Los Manzanos*

| <b>Pruebas</b> | <b>X</b> | <b>Y</b> | <b>K<br/>(cm/min)</b> | <b>K<br/>(cm/s)</b> | <b>K<br/>(m/d)</b> | <b>Tipo de<br/>permeab.</b> | <b>Litología</b> |
|----------------|----------|----------|-----------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------|------------------|
| Prueba 1       | 496886   | 375665   | 0,2342                | 0,0039              | 3,3725             | Alta                        | Coluvios         |
| Prueba 2       | 496903   | 375665   | 0,3524                | 0,0059              | 5,0746             | Alta                        | Coluvios         |
| Prueba 3       | 196905   | 375835   | 0,2678                | 0,0045              | 3,8563             | Alta                        | Coluvios         |
| Prueba 5       | 497024   | 375916   | 0,3153                | 0,0053              | 4,5403             | Alta                        | Coluvios         |

Para asignar un valor de permeabilidad representativo de la zona no saturada se tomó el valor promedio de las pruebas de infiltración N°1, N°2, N°3 y N°5, siendo de 4,2109 m/d.

La porosidad para la zona no saturada se ha considerado en 0,40 debido a la textura aparente del suelo y basado en Sanders (1998) (Fotografía 13 y Fotografía 14)

## 5. TIEMPOS DE TRÁNSITO EN LA ZONA NO SATURADA Y SATURADA

### 5.1. Distancia para un tiempo de tránsito de 100 días (zona de protección absoluta inmediata)

#### 5.1.1. Zona no saturada naciente Los Manzanos.

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

$$t_1 = \left( \frac{b \cdot \theta}{k \cdot i} \right)$$

Cuadro 3: Cálculo del tiempo de tránsito en la zona no saturada para la naciente Los Manzanos.

| Parámetros  | Naciente Los Manzanos |
|---|-----------------------|
| $b$ : espesor de la zona no saturada  | 1,5 m*                |
| $\theta$ : porosidad efectiva de los materiales de la zona no saturada  | 0,4                   |
| $k$ : permeabilidad vertical de la zona no saturada   | 4,2109 m/d            |
| <b><math>t_1</math>: tiempo de tránsito del flujo vertical en la zona no saturada</b><br>$t_1 = (b \cdot \theta) / (k \cdot i)$ | <b>0,14 días</b>      |

\*espesor medido en el sitio de la naciente Los Manzanos.

Se determina un tiempo de tránsito vertical de 0,14 días en la zona no saturada de la naciente.

#### 5.1.2. Zona saturada Naciente Los Manzanos

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:

$$t_2 = \left( \frac{d \cdot \theta}{k \cdot i} \right)$$

Donde:

$d$ : corresponde a la distancia horizontal entre el punto analizado y un foco de contaminación (teórico)

$\theta$ : porosidad del medio en la zona saturada = 0,10% (AyA, 1994)

$k$ : permeabilidad del acuífero = 0,560 m/d (obtenida del pozo CG - 6)

$i$ : gradiente hidráulico = 0,15 m/m

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 según el medio menos el tiempo en el tránsito vertical (según Rodríguez, 1994). Se determina un tiempo ( $t_2$ ) de 99,86 días para la naciente Los Manzanos.

Cuadro 4: Cálculo de la distancia horizontal en que se degradarían las bacterias.

| Parámetros   | Naciente Los Manzanos |
|--|-----------------------|
| $t_1$ : tiempo en la zona no saturada  | 0,14 días             |
| $\square$ : porosidad efectiva de los materiales de la zona saturada   | 0,1                   |
| $k$ : permeabilidad vertical de la zona saturada   | 0,28 m/d*             |
| $i$ : gradiente hidráulico   | 0,1500**              |
| $t_2$ : tiempo de tránsito horizontal restante (hasta completar los 100 días ( $t$ )) para la degradación de las bacterias | 99,86 días            |
| <b>d: distancia horizontal en que se degradarían las bacterias</b>   | <b>41,94 m</b>        |

\*\*gradiente hidráulico tomado de las isofreáticas 1091 y 1088 msnm (Figura 3).

\*permeabilidad tomada del pozo CG-6 (Anexo 2).

Considerando que las bacterias no estarían degradadas cuando llegan a la tabla de agua, una vez que empiezan a desplazarse siguiendo la dirección de flujo preferencial bajo el gradiente hidráulico indicado (componente horizontal), necesitarían recorrer 41,94 metros para que se degraden en su totalidad. Por lo que cabe mencionar, que no debería darse ninguna fuente de contaminación a menos de 41,94 metros y así evitar la posibilidad de afectar la fuente, constituyendo así un área de *protección microbiológica para la naciente*.

## 6. CÁLCULO DE LA ZONA DE CAPTURA

El cálculo de las zonas de protección involucra dos etapas, primero la definición de la zona de captura de la fuente y segundo, la delimitación del sector de esa zona de captura dentro de la cual el tiempo de tránsito entre la superficie y la fuente es menor a 70 días para medios porosos y menor a 100 días para medios fracturados, el cual es el presente caso (Figura 5 y Figura 6).

## 6.1. Zona de captura

### ▪ Ancho de la zona de captura

El ancho de la zona de captura se define con la relación (Grubb, 1993) (Cuadro 5)

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

Para acuíferos libres, en donde

a = ancho de la zona de captura

Q= caudal de la fuente (Fuente: Aforos realizados por el AyA, Anexo 3).

k = permeabilidad del acuífero, 0,28 m/d, tomado del registro de la perforación CG-6 (condiciones litológicas, fracturas y geometría son similares a las del sitio Los Manzanos).

$h_1$  = 12,934 m, espesor acuífero a 70,01 m aguas arriba de la naciente (ver perfil).

$h_2$  = 1,949 m, espesor acuífero a 22 m aguas arriba de la naciente (Figura 4).

L = 48,01 m, distancia entre los dos puntos de observación del espesor acuífero ( $h_1$  y  $h_2$ )

Cuadro 5: Parámetros para el calculo del ancho de la zona de captura de la naciente Los Manzanos.

| Parámetros               | Los Manzanos   |
|--------------------------|----------------|
| Caudal m <sup>3</sup> /d | 561,6          |
| L (m)                    | 48,01          |
| K (m/d)                  | 0,2800         |
| $h_1$ (m)                | 12,9340        |
| $h_2$ (m)                | 1,9490         |
| <b>a (m)</b>             | <b>1177,91</b> |

El ancho teórico resultante para la zona de captura de la naciente Los Manzanos es 1177,91 m

De igual manera, usando los mismos parametros el ancho de la zona de captura se puede obtener de la relación de Darcy:

$$Q = TiL$$

donde

Q: Caudal de 6,5 L/s (Anexo 3).

T: Transmisiividad de 4,6 m<sup>2</sup>/d

L: ancho de la zona de captura en metros.

i: gradiente hidráulico de 0,15, tomado de las isofreáticas.

Siendo que el ancho de captura es de **813,9 m**.

▪ **Punto de no retorno**

El calculo del periodo de retorno, es una metodología definida para pozos, sin embargo se estima para las nacientes como referencia para la protección de la zona captada (Grubb, 1993) (Cuadro 6):

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

*Cuadro 6: Parametros para el calculo del punto de no retorno de la naciente de los Manzanos.*

| <b>Parámetros</b>                          | <b>Naciente Los Manzanos</b> |
|--|------------------------------|
| Caudal m <sup>3</sup> /d                   | 561,6                        |
| L (m)                                      | 48,01                        |
| K (m/d)                                    | 0,2800                       |
| h <sub>1</sub> (m)                         | 12,9340                      |
| h <sub>2</sub> (m)                         | 1,9490                       |
| <b>X<sub>0</sub>(m) : radio de retorno</b> | <b>187,6 m</b>               |

El radio de no retorno para la naciente Los Manzanos es de 187,6 m

**6.2. Radio fijo**

Para realizar el cálculo de la zona de protección se emplea la ecuación del radio fijo:

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

Donde,

Q: caudal en m<sup>3</sup>/día de la naciente (Anexo 3)

T<sub>sat</sub>: tiempo de tránsito del flujo horizontal en el acuífero.

θ porosidad del acuífero

π: Pi 3,14

b: espesor del acuífero, relación T=k\*b del pozo CG-6 (Anexo 2).

r: es el radio fijo en metros

*Cuadro 7: Parámetros para el radio fijo de la nacientes Los Manzanos.*

| <b>Parámetros</b>          | <b>Naciente Los Manzanos</b> |
|----------------------------|------------------------------|
| Caudal (m <sup>3</sup> /d) | 561,6                        |

|                                   |                 |
|-----------------------------------|-----------------|
| Porosidad                         | 0,1             |
| Espesor del acuífero (m)          | 16,42           |
| Tiempo en la zona saturada (días) | 99,86           |
| <b>Radio (m)</b>                  | <b>104,27 m</b> |

Es importante recalcar, que las distancias que arrojan la metodología de Grubb no se van a aplicar estrictamente para este caso, ya que abarcan distancias mayores a las barreras físicas que delimitan la cuenca (divisorias de aguas, límites de microcuencas y zonas potenciales de recarga), los parámetros obtenidos de dicha metodología han considerados como referencia.

### **6.3 Zona operacional de la Naciente Los Manzanos**

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 de un pozo, la cual comprende una pequeña área de terreno alrededor de la propia fuente de abastecimiento. *Análogamente, se puede utilizar ésta misma morfología 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.

Es un área de reserva absoluta. En ella *no se deberán permitir actividades que no estén relacionadas con la extracción misma del agua y aún así estas actividades necesitan ser evaluadas y controladas cuidadosamente* para evitar la posibilidad de que los 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). *Esto se cumple para el caso en estudio, y al ser un acuífero libre el que se está aprovechando, la aplicación de 15 metros de radio para la “zona operacional” para la naciente Los Manzanos, resulta altamente recomendable*; éste se debe implementar junto con el resultado del parámetro “d”, del análisis de tiempos de tránsito de contaminantes advectivos en la zona conexas a la naciente, es decir 41,94 m aguas arriba (Figura 5 y Figura 6).

Se indica que el día de la visita de campo la naciente y el tanque, tienen una estructura de concreto, la tubería es superficial. No cuenta con cerca perimetral que las proteja.

## **7. VULNERABILIDAD EN LA ZONA DE PROTECCION INMEDIATA**

La vulnerabilidad se evalúa por el método G.O.D. (Foster y otros, 2002), el cual toma en cuenta tres factores y aplica un índice a cada uno de ellos. La vulnerabilidad final resulta de la multiplicación de esos tres índices. Los cálculos son los siguientes:

- Grado de confinamiento: libre, grado 0,85
- Ocurrencia del sustrato: rocas volcánicas 0,8
- Profundidad al nivel freático: menor a 5 m en las cercanías de la naciente, índice 0,9.

El índice final es de 0,612, correspondiente a una vulnerabilidad intrínseca a la contaminación alta.

## **8. CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA**

A la fecha en que se realizó el informe y tras consulta con el Laboratorio Nacional de Aguas, no se cuenta con análisis físico – químicos ni bacteriológicos para la naciente Los Manzanos.

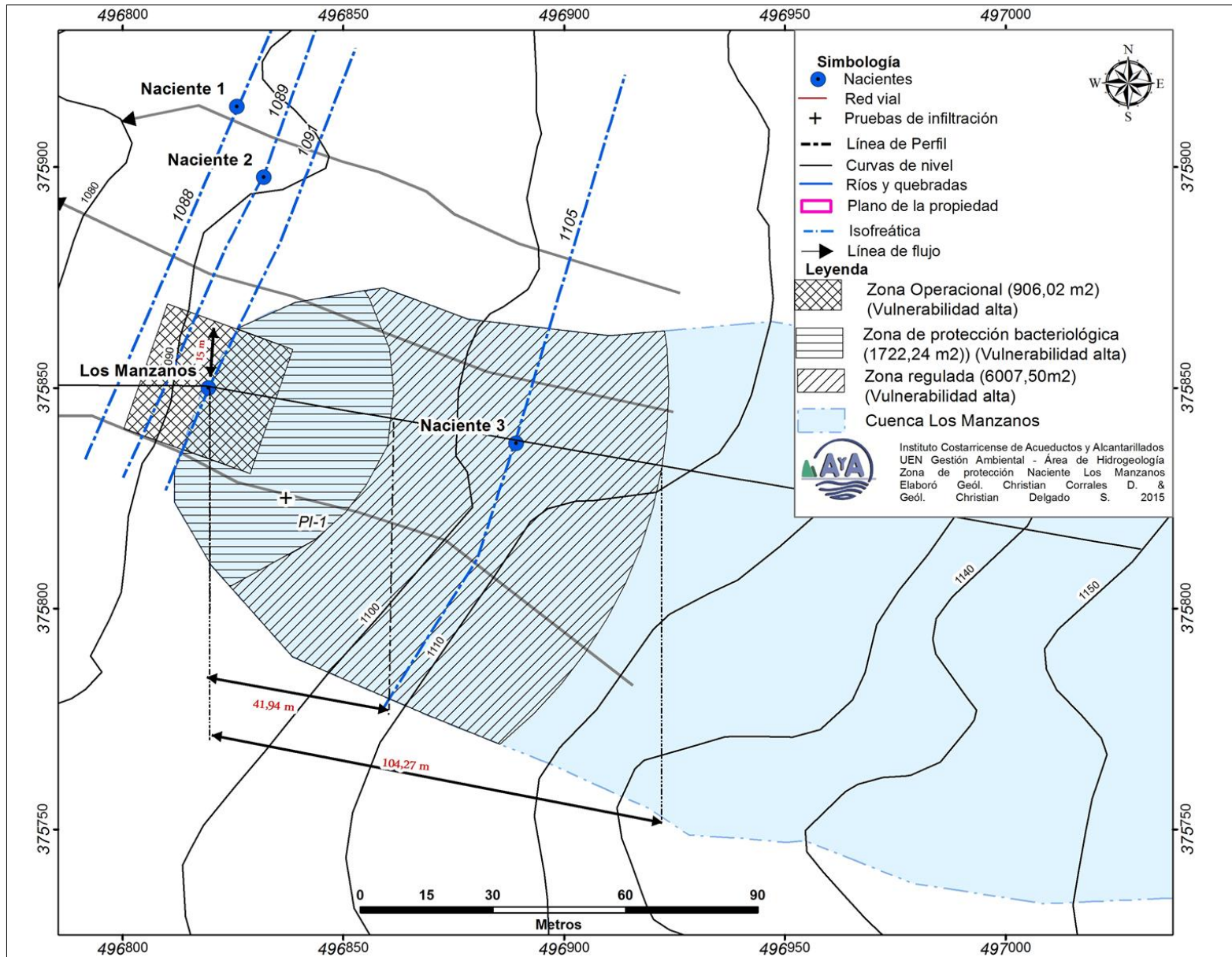


Figura 5: Zonas de

protección para la naciente Los Manzanos.

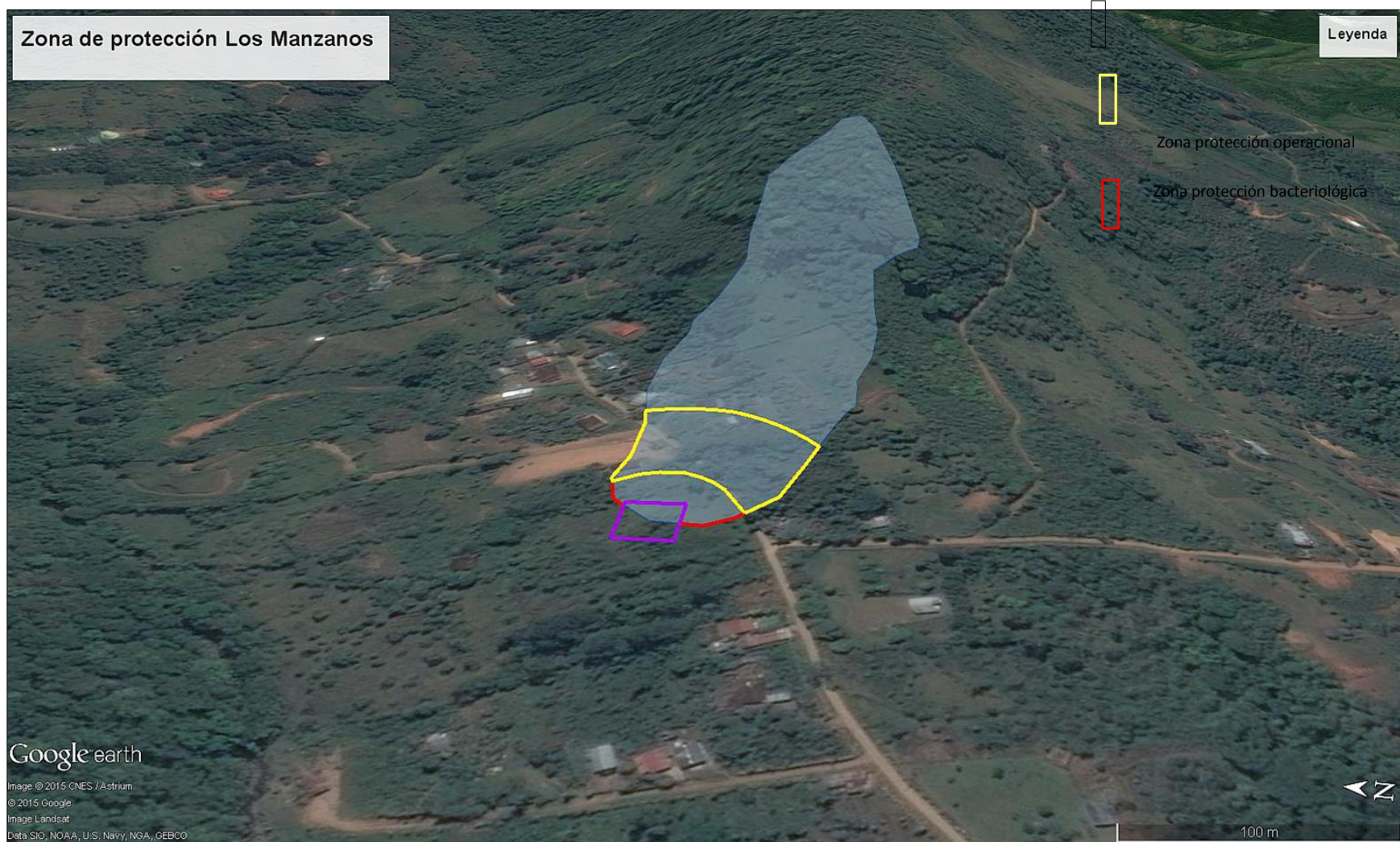


Figura 6: Zona de protección Naciente Los Manzanos (Google Earth)

## 9. CONCLUSIONES – RECOMENDACIONES

1. El acuífero del que se origina la naciente es del tipo libre con una cobertura de coluvio de permeabilidad alta. El nivel se encuentra en lavas fracturadas.
2. La vulnerabilidad del acuífero dentro de la zona operativa y de protección bacteriológica se cataloga como alta.
3. El análisis de tránsito de contaminantes bacteriológicos indican que en una distancia horizontal recorrida de 41,94 en la tabla de agua las bacterias se degradarían en su totalidad (Cuadro 4).
4. La definición de la zona de protección de la naciente Los Manzanos aparte de los criterios desarrollados en el presente informe, se apoya en el criterio geomorfológico para el trazado de las zona operativa, la zona de protección absoluta bacteriológica y la zona de protección regulada, así como en el tránsito de contaminantes en la zona no saturada y la saturada (Figura 5, Figura 6 y Cuadro 8).

Cuadro 8: Área correspondiente para las zonas de protección según diferentes metodologías.

| <b>Método</b>                                     | <b>Área (m<sup>2</sup>): Naciente Los Manzanos</b> | <b>Observaciones</b>  |
|---|--|---|
| <i>Zona operativa</i>                             | 906,02   | Sector recomendado para el resguardo físico del sitio de captación.   |
| <i>Zona de protección absoluta bacteriológica</i> | 1807,81  | Sector de protección absoluta en la cual se restringe todo tipo de actividades que implique vertidos de contaminantes físico - químicos y bacteriológicos, hasta una distancia de 41,94 m para la naciente.   |
| <i>Zona de protección regulada</i>                | 6007,5   | Sector de protección regulada en la cual se restringe todo tipo de actividades que implique vertidos de contaminantes con tiempos de degradación mayores a 100 días. El límite lateral (Norte y Sur) es definido a partir de criterio geomorfológico; longitudinalmente (Este) es definido por radio fijo en 104,27m. |
| <b>Total</b>                                      | <b>8721,33</b>                                     |   |

5. La zona operacional consiste en definir un círculo de 15 m de radio alrededor de la naciente que tenga la función de resguardar las estructuras asociadas, recomendada por analogía con la llamada área operacional en el caso de pozos considerada en otros estudios (Foster y otros, 2002; Rodriguez, 2011). Este polígono debe ser considerado también como parte de la zona de protección absoluta (Cuadro 8).
6. La zona de protección bacteriológica así definida es un área de reserva absoluta dentro de la cual no se debe permitir ninguna actividad generadora de fluidos potencialmente contaminantes tales como tanques sépticos, bodegas de productos químicos, ni la aplicación de plaguicidas en la cuál la degradación sea menor a los 100 días.
7. La zona de protección regulada así definido como un área dentro de la cual no se debe permitir actividad generadoras de fluidos potencialmente contaminantes con tiempos de degradación mayores a los 100 días, por ejemplo el uso de agroquímicos.
8. De igual manera, no deben permitirse alteraciones del terreno que vayan a disminuir el espesor de la zona no saturada. Esta área de protección debería estar cercada, o al menos demarcada de una manera fácilmente identificable. En la actualidad este terreno está ocupado por pastos.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarado, G., Barquero, R., Taylor, W., Mora, M., Peraldo, G., Salazar, G. & Aguilar, T., 2009: Geología de la hoja San Isidro, Costa Rica. – Rev. Geól. Amér. Central, 40: 111-122.

Appel, H., 1990: Geochemie und K/Ar-Datierung an magmatiten in Costa Rica, Zentralamerika. – 149 págs. University of Mainz, Germany [Tesis M.Sc.].

AyA. 1994. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. “Normas para el cálculo de los tiempos de tránsito entre los drenajes de los tanques sépticos y las fuentes de agua subterránea”. División de Estudios y Proyectos. San José.

Bellon, H. & Torunon, J., 1978: Contribution de la géochronométrie K-Ar a l'étude du magmatisme de Costa Rica, Amérique Central. Bull. Soc. Géol. France, xx, 6: 955-959.

De Boer, J. Z., Drummond, M.S., Bordelon, M.J., Defant, M.J., Bellon, H. & Maury, R.C, 1995: Cenozoic magmatic phases of the Costa Rican island arc (Cordillera de Talamanca). En: MANN, P. (ed.): Geologic and Tectonic development of the Caribbean plate boundary in southern Central America. –Geol. Soc. Amer. Spec. Paper 295: 35-55.

Denyer P y Arias O. 1991. “Estratigrafía de la región central de Costa Rica”. Rev. Geol. de América Central, 12:1-59.

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 and unconfined aquifers”. Ground Water 31, No. 1:21-32.

Kussmaul, S., 1987: Petrología de las rocas intrusivas Neógenas de Costa Rica. –Rev. Geol. Amér. Central, 7:83-111.

Kussmaul, S; Tourrnon, J & Alvarado, G; 1991: Evolución de la rocas plutónicas y volcánicas subalcalinas del Neógeno y Cuaternario de Costa Rica. Simposio sobre magmatismo Andino y su marco Tectónico, vol 1: 23-44 págs. Julio 3-5, Manizales Colombia.

McMillan, I., Gans, P. & Alvarado, G., 2004: Middle to present plate tectonic history of the southern Central American Volcanic Arc. – Tectonophysics, 392: 325-348.

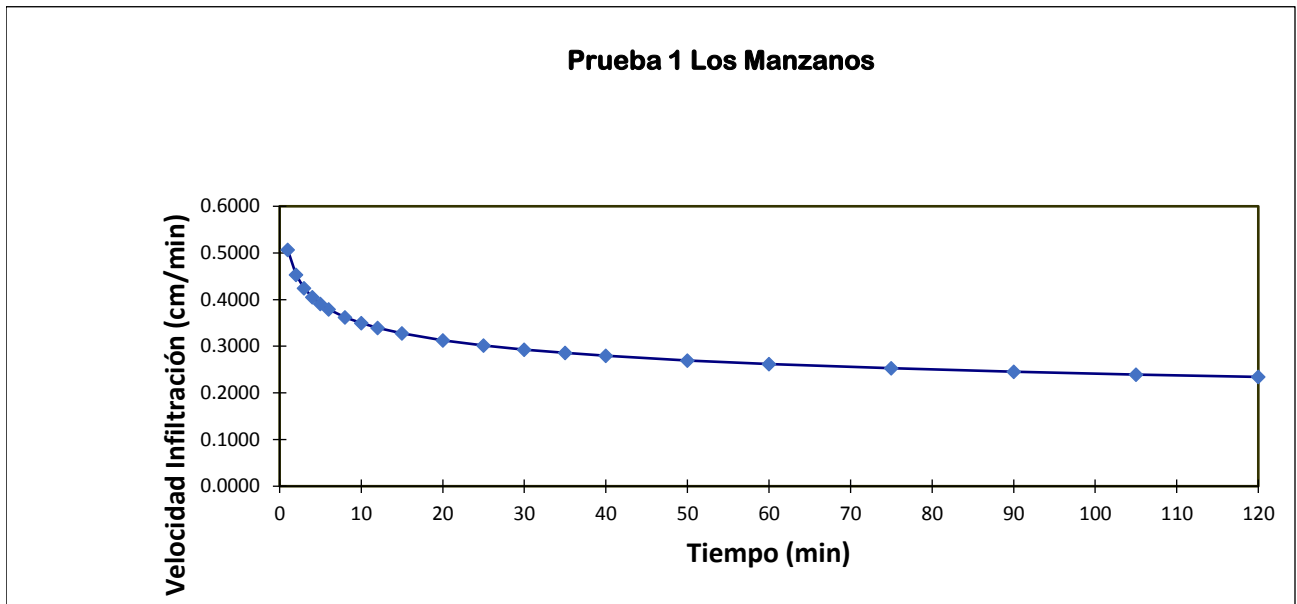
Ramírez, S; 2012. Informe de resultados: determinación de zonas de protección de 5 nacientes en Quebradas de Pérez Zeledón. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). 36 pp.

Sanders, L;1998: A manual of field Hydrogeology. Prentice Hall. 381 pp.

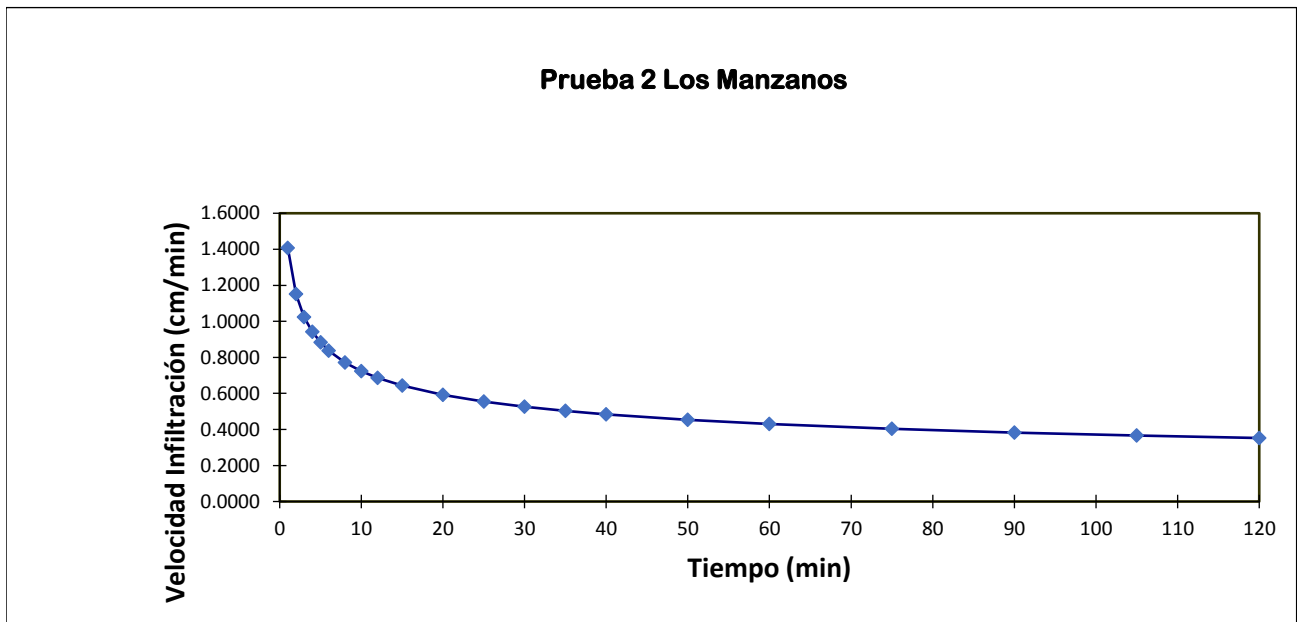
SENARA, 2015: Base de datos de perforación.

## 11. Anexos

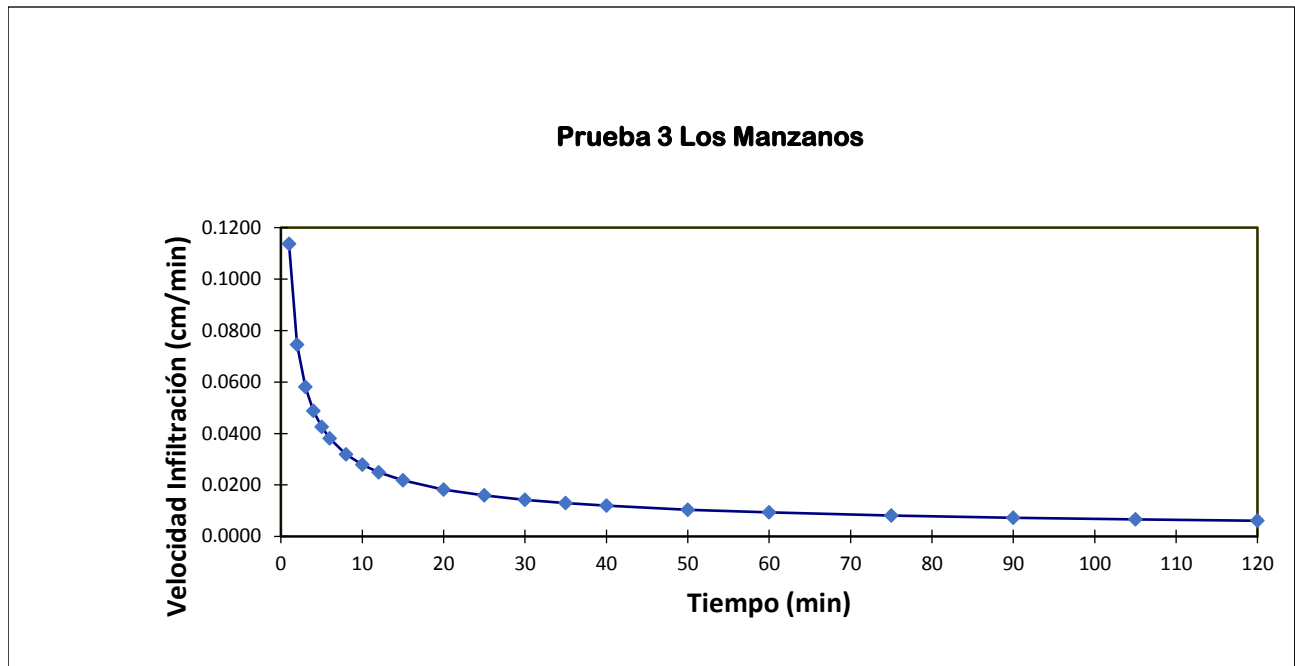
### Anexo 1: Pruebas de infiltración.



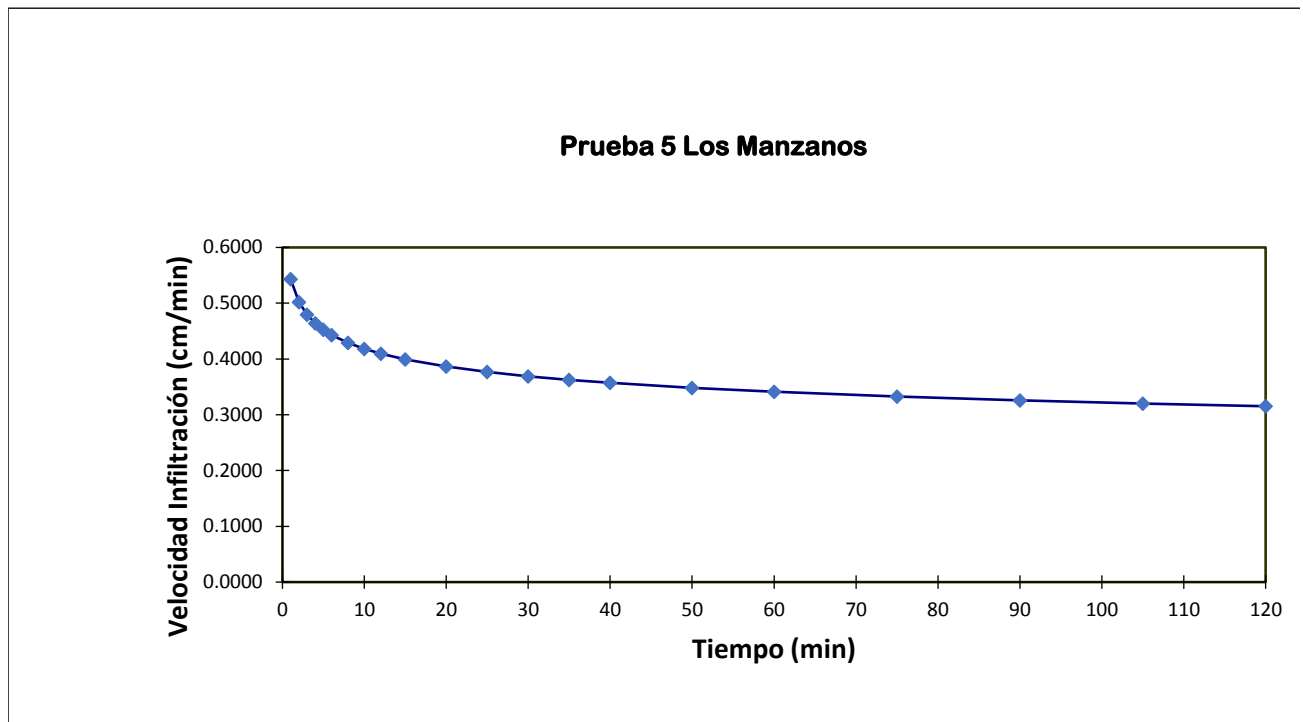
Gráfica 1: Prueba de infiltración No. 1.



Gráfica 2: Prueba de infiltración 2.



Gráfica 3: Prueba de infiltración 3.



Gráfica 4: Prueba de infiltración 5.

**Anexo 2: Registro de perforaciones**

**Anexo 3: Aforos**

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



**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO**

**DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN DE LA NACIENTE LOS MANZANOS,  
QUEBRADAS DE PÉREZ ZELEDÓN.**



**Elaboró**

  
**Geól. Christian Delgado Segura**

  
**Geól. Christian Corrales Díaz.**

**Asistencia campo**

**Gestores Expertos: Dennis Pessoa P; Francisco Segura O.**

**Gestor Experto Hermes Monge C. - Oficina Cantonal de Pérez Zeledón**

  
**Revisó y avaló: MSc. Viviana Ramos Sánchez**  
**Dirección del Área Funcional de Hidrogeología**

**Diciembre, 2015**





**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**  
San José, Costa Rica  
Apartado 1097-1200. Teléfono 2291-7274. [cdelgado@aya.go.cr](mailto:cdelgado@aya.go.cr)

**MEMORANDO**

**PARA:** Javier Valverde Hernández  
Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos

**FECHA:** 18 de diciembre del 2015

**DE:** Christian Delgado Segura  
UEN Gestión Ambiental

**No. UEN-GA-2015-01571**

**ASUNTO: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO: "DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN DE LA NACIENTE LOS MANZANOS, QUEBRADAS DE PÉREZ ZELEDÓN".**

El presente estudio fue realizado en respuesta a la solicitud efectuada mediante oficio SBGSP-2015-045 por parte de la SubGerencia Gestión de Sistemas Periféricos dirigida hacia la UEN Gestión Ambiental, en donde se solicita el criterio técnico del Área Funcional de Hidrogeología para delimitar la zona de protección absoluta de la naciente Los Manzanos y el tanque Pepe en Pérez Zeledón, ya que forman parte de un conjunto de nacientes que abastecen los sectores de Quebradas y Morazán de Pérez Zeledón.

Ante esta solicitud se procedió a realizar una gira de campo para realizar el levantamiento de la naciente en estudio, así como pruebas de infiltración y cartografiado geológico alrededor de la zona, y así llevar a cabo los cálculos necesarios para sustentar la información.

*Viviana Ramos*  
Vb. MSc. Viviana Ramos Sánchez

Dirección Área Funcional de Hidrogeología



*Gerardo Ramírez*  
Vb. Geóg. Gerardo Ramírez

Director UEN Gestión Ambiental



**C:** Ing. Andrés Saénz Vega, Subgerente Ambiental, Investigación y Desarrollo.  
Lic. Teresita Navarro Espinoza, Región Brunca  
Msc. Luis Guillermo Sánchez Solís, Región Brunca  
Archivo: 511