



**Tecnoambiente  
Centroamericano**

***INFORME DE LA CONTRATACIÓN DIRECTA***

***N° 2015 CDS-00021-PRI, AYA***

***PARA LA DEFINICIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN DE  
UN POZO EN COMUNIDAD, LIBERIA, GUANACASTE***

---

Hidrogeól. Sandra Arredondo Li

**Contraparte técnica y administrativa de la contratación:**

**MSc. Viviana Ramos Sánchez**

**Área Funcional de Hidrogeología-AYA**

**Setiembre, 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  
-05'00'

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

# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
1.1	OBJETIVO.....	6
1.1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.1.2	METODOLOGÍA APLICADA.....	6
<b>2</b>	<b>GEOLOGÍA</b> .....	<b>8</b>
2.1	GEOLOGÍA REGIONAL.....	8
2.2	GEOLOGÍA LOCAL.....	11
2.2.1	EL BASAMENTO ROCOSO: FORMACIÓN BAGACES.....	11
2.2.2	SEDIMENTOS DE ORIGEN FLUVIAL, RÍO TEMPISQUE, HOLOCENO.....	13
<b>3</b>	<b>HIDROGEOLOGÍA</b> .....	<b>15</b>
3.1	POZO MARÍA AUXILIADORA (CN-148) EN COMUNIDAD.....	15
<b>4</b>	<b>CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS SUELOS</b> .....	<b>28</b>
4.1	POZO MARÍA AUXILIADORA (CN-148) COMUNIDAD, LIBERIA.....	28
<b>5</b>	<b>MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL</b> .....	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>ZONAS DE PROTECCIÓN DE LOS POZOS</b> .....	<b>32</b>
6.1	MÉTODO DE TIEMPO DE TRÁNSITO DE DEGRADACIÓN DE BACTERIAS.....	32
6.2	MÉTODO DEL RADIO FIJO.....	34
6.3	MÉTODO DE GRUBB.....	35
6.4	CÁLCULO DEL PUNTOS DE NO RETORNO.....	36
6.4.1	POZO MARÍA AUXILIADORA (CN-148).....	36
<b>7</b>	<b>CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS FUENTES</b> .....	<b>38</b>
<b>8</b>	<b>ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD CON EL MÉTODO GOD</b> .....	<b>38</b>
8.1	ACUÍFERO ALUVIAL (POZO MARÍA AUXILIADORA).....	39
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>41</b>
<b>10</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>42</b>

# 1 INTRODUCCIÓN

El estudio hidrogeológico realizado comprende la definición de la zona de protección para un pozo ubicado en el sector de Comunidad, Liberia, provincia de Guanacaste, conocido como: Pozo María Auxiliadora.

El pozo analizado por el momento no se encuentra conectado al sistema abastecimiento en este momento ya que no cuenta con equipo de bombeo o sistema eléctrico instalado, sin embargo el pozo está disponible para ser utilizado; el pozo capta un acuífero Aluvial.

En el Cuadro N° 1 y Fotografía 1, se resumen el estado del pozo analizado y su ubicación cartográfica en coordenadas Lambert.

**Cuadro N° 1. Pozo analizado en el estudio.**

Nombre de la fuente	Nombre de fuente en AyA	Nombre de fuente en SENARA con que se relaciona	Tipo de fuente	Este (m)	Norte (m)	Altura de cada fuente en (msnm)
Pozo María Auxiliadora	-	CN-148	Pozo	362318	281573	30,09



**Fotografía 1. Estado actual del Pozo María Auxiliadora, 362318 E – 281573 N. Comunidad.**

El acceso al pozo ubicado en Comunidad se realiza por la carretera nacional N° 21 y caminos vecinales, hasta llegar al pozo.

En la Figura 1 y Figura 2 se presentan los mapas de ubicación del pozo evaluado.

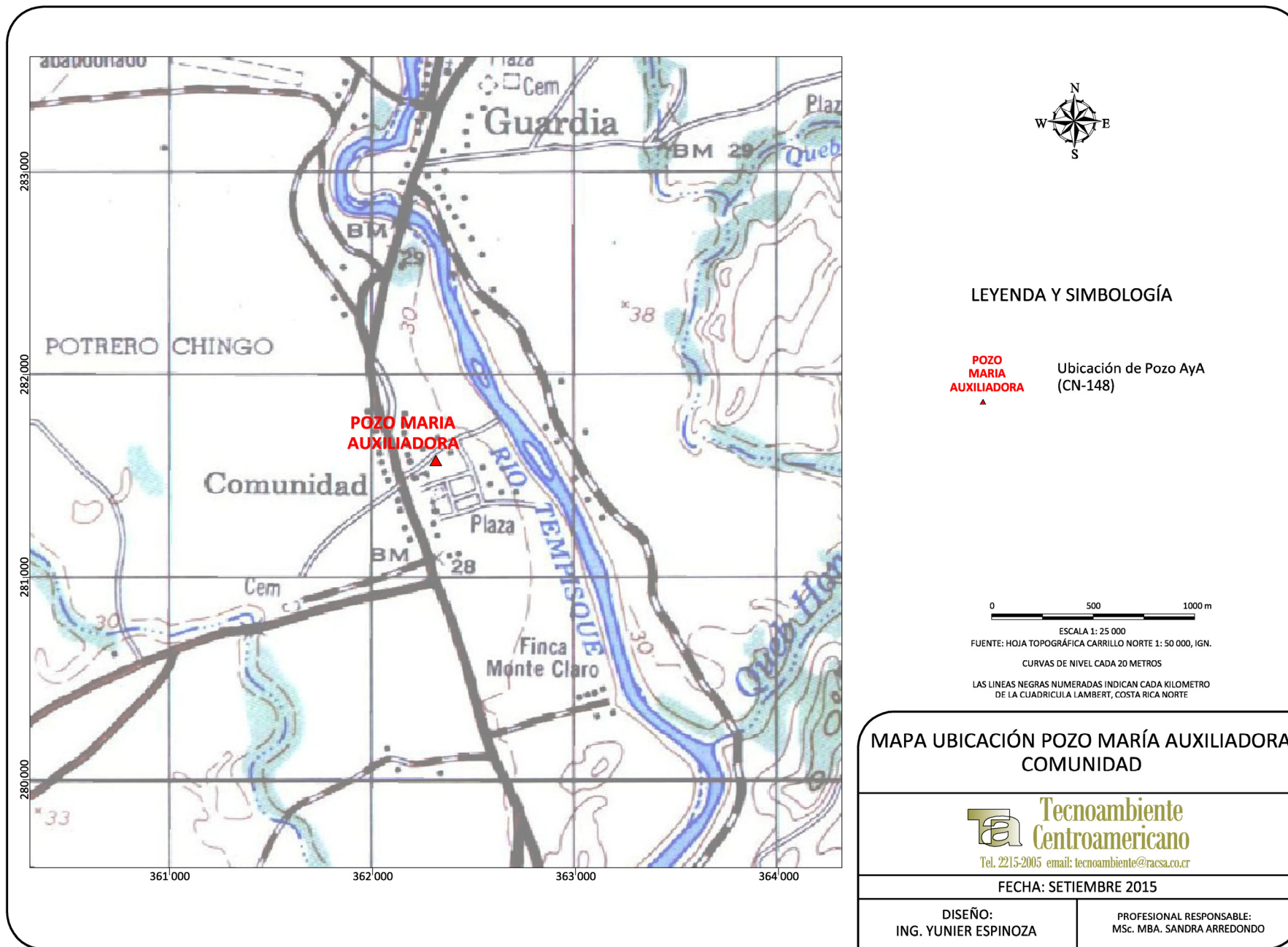


Figura 1. Ubicación del pozo de Comunidad, Guanacaste.

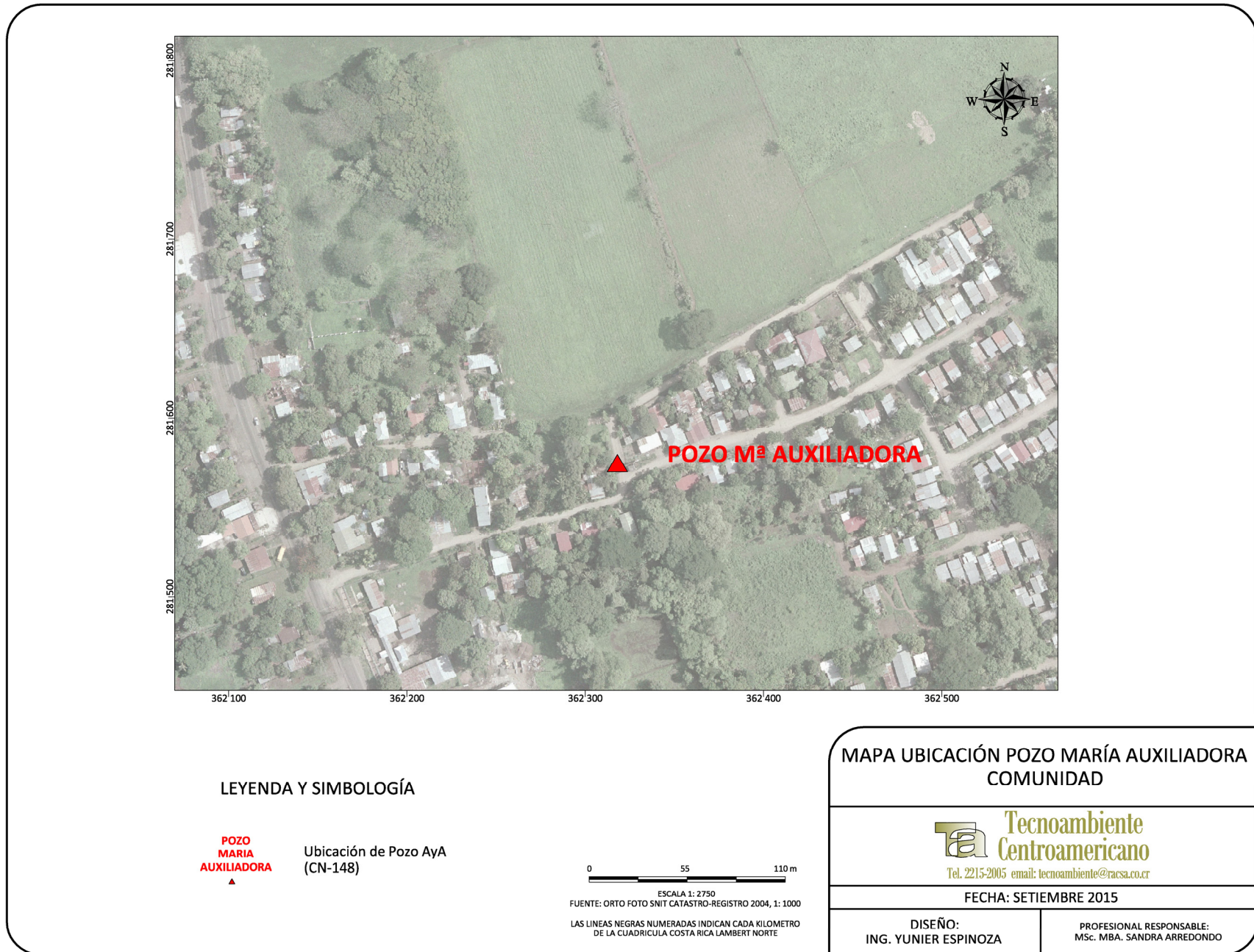


Figura 2. Ubicación del pozo, Comunidad, Guanacaste con ortofoto.

## **1.1 OBJETIVO**

El objetivo del estudio es el de realizar un estudio hidrogeológico que contemple la definición de la zonas de protección de la fuente de agua seleccionada por el AyA, en este caso comprende un pozo ubicado en la zona de Comunidad de Liberia en Guanacaste. El estudio se realiza, con el fin de establecer la zona de protección absoluta o inmediata, como medida preventiva, que se requiere para la protección ante la amenaza de contaminación.

### **1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Como objetivos específicos se han establecido:

- 1) Obtener un mapeo geológico de campo en los alrededores del pozo.
- 2) Identificar si existen otras fuentes de agua cercanas que permitan analizar la situación circundante, como pozos o nacientes.
- 3) Obtener el caudal de la fuente de agua a partir de información existente.
- 4) Ejecutar una campaña de pruebas de permeabilidad en los alrededores del pozo.
- 5) Obtener los datos de porosidad del suelo en la zona de influencia del pozo, a partir de análisis de laboratorio.
- 6) Definir el modelo hidrogeológico de la zona evaluada.
- 7) Calcular la zona de protección del pozo de agua utilizando métodos aplicados internacionalmente para obtener la zona de protección absoluta inmediata.
- 8) Reportar la calidad del agua del pozo captado.

### **1.1.2 METODOLOGÍA APLICADA**

Para elaborar el estudio se realizó un mapeo geológico en 1 km<sup>2</sup> a escala 1:25000 que incluye un perfil hidrogeológico para el pozo analizado, los espesores calculados para las unidades geológicas se basan en el trabajo de campo realizado y en información existente de la zona.

Adicionalmente se recopiló la información de pozos y nacientes en los alrededores de cada fuente de agua con el fin de establecer el modelo geológico e hidrogeológico para cada caso.

En caso de que fuese posible, se trató de medir niveles freáticos en pozos cercanos para verificar las condiciones actuales de los niveles de agua subterránea, con el fin de elaborar el mapa de isofreáticas para la zona estudiada.

Los datos de caudales y parámetros hidráulicos se toman de los registros reportados por el AyA, SENARA o Departamento de Aguas del MINAE en la región, sin embargo en algunos casos no se cuenta con caudales, parámetros hidráulicos o pruebas de bombeo, por lo tanto se realiza la valoración con datos de estudios previos y de la literatura internacional, válida para acuíferos con similares condiciones geológicas.

Las porosidades en la zona no saturada se obtuvieron de muestreos de suelos “in situ” que fueron analizados en el Laboratorio de Suelos INTA, del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Para desarrollar el cálculo de las zonas de protección se utilizaron metodologías usadas internacionalmente, estas son: Grubb, método analítico y radio fijo; para ello se ejecutaron tres pruebas de permeabilidad para el pozo evaluado usando el método Porchet, mismos sitios donde se tomaron las muestras de suelo para ser evaluadas en el laboratorio del INTA, con el fin de obtener el valor de porosidad para los cálculos hidráulicos.

Adicionalmente se realizó un análisis de la vulnerabilidad a la contaminación en la zona de protección inmediata y a un radio de 500 m alrededor de la fuente utilizando el método GOD, el resultado se presenta en un mapa escala 1:25 000.



La geología del área periférica al Pozo María Auxiliadora en Comunidad, muestra aluviones cuaternarios del río Tempisque, sobreyaciendo rocas volcánicas neógenas, y estas a rocas del basamento (Figura 3).

En los alrededores del área el basamento está formado por rocas del basamento ofiolítico regional, que incluye basaltos oceánicos de edad Jurásico-Cretácico, intrusivos gabroicos del Cretácico Superior (Intrusivo Potrero), y radiolaritas de edades Jurásico-Cretácico, en una compleja secuencia tectónica (Denyer & Baumgartner, 2006; Denyer & Gazel, 2009; Denyer et al., 2014). El basamento está sobreyacido discordantemente por rocas ignimbríticas predominantemente soldadas, de distribución regional, pertenecientes a la Formación Bagaces, miembros Medio y Superior, cuyas edades van, en este sector, de 3,2 a 2,1 Ma (Alvarado & Gans, 2012).

Esta área se encuentra en medio de sistemas de fallas regionales transcurrentes, con movimiento dextral: La Falla Tempisque, del Sistema de Falla Los Chanchos hacia el oeste, y la Liberia hacia el este (Figura 3; Montero & Denyer, 2011; Denyer et al., 2014). Hay otras fallas menores en el medio de estas fallas principales.

La Falla Tempisque del Sistema de Falla Los Chanchos (Fotografía 2) se encuentra unos 5 km al oeste del sitio del pozo, está orientada NE, está mapeada por CNE (2000 a), un poco diferente a la de Denyer et al. (2003) y Denyer & Alvarado (2007), y su mejor traza está en el mapa de Denyer et al. (2013) de la hoja Carrillo Norte. Tiene un conspicuo escarpe, con el labio SE bajando, y corta a la secuencia de rocas del Plioceno terminal - Pleistoceno Temprano de la Formación Bagaces y por tanto, estos últimos autores la consideran neotectónica, es decir, con actividad reciente.



**Fotografía 2. El escarpe de la Falla Tempisque, al fondo, visto desde un poco al norte del sitio del pozo María Auxiliadora (CN-148).**

El río Tempisque corre cercano a una falla inferida, que estaría cortando a rocas de la Formación Bagaces y la hace bajar cerca de 40-60 m, lo cual es explicable solamente a través de una falla inferida, la cual no es mostrada por Denyer et al. (2013). En el sector de graben entre el Tempisque y el escarpe de la Falla Tempisque, en el sector oeste, se han perforado rocas de la Formación Descartes. El pozo CN-723, a 6 km al noroeste del pozo, ha tocado estas rocas sedimentarias a 57,70 m de profundidad, el cual consta, hasta los 90,70 m de profundidad, de lutitas negras carbonatadas con vetillas de calcita, que el perforador ha correlacionado con rocas de la Formación Descartes (Vargas & Araya, 2015).

Por correlación estratigráfica y con base en las descripciones actualizadas de las diferentes formaciones de la cobertura al basamento ofiolítico en la Península de Nicoya (Denyer et al., 2014), estas rocas se correlacionan con las rocas del Miembro Zapotal de la Formación Descartes, que incluyen 100 m de intercalaciones centimétricas de rocas finas, incluyendo lutitas calcáreas oscuras. De hecho, estas rocas afloran unos 12 km al noroeste, en las cercanías de Bahía de Culebra (Denyer et al., 2013).

## **2.2 GEOLOGÍA LOCAL**

Los trabajos de base que se han utilizado para la compilación geológica y tectónica son los de Denyer et al. (2003; 2009), Denyer & Alvarado (2007), Montero & Denyer (2011), y Denyer et al. (2013; 2014). Estos trabajos y sus mapas han sido complementados con una revisión y afinamiento del mapa geológico aquí presentado (Figura 4).

### **2.2.1 EL BASAMENTO ROCOSO: FORMACIÓN BAGACES**

Con base en la geología mostrada por una veintena de pozos perforados en los alrededores del pozo estudiado (llamado María Auxiliadora), estos aprovechan los aluviones del Tempisque (Figura 4), y otros tocan el basamento rocoso de la ignimbrita del Miembro Superior de la Formación Bagaces, hacia el sector de Guardia.

Cerca de Guardia, sobre el lado de margen derecha del Tempisque, los pozos cortan a la ignimbrita a profundidades de entre 50 y 79 m y está subyugada por otros depósitos aluviales o bien fluvio-lacustres, hasta al menos los 150 m de profundidad, que son paleoaluviones de edad Pleistoceno Temprano. Las ignimbritas afloran en la margen izquierda del Tempisque, cerca de 800 m al noreste del Pozo María Auxiliadora.

Estos afloramientos en campo, muestran una ignimbrita gris oscuro soldada, con fiammes oscuros centimétricos, cristales de plagioclasas, y líticos varios de rocas volcánicas. La roca se muestra con fracturas principalmente subverticales (Fotografía 3).

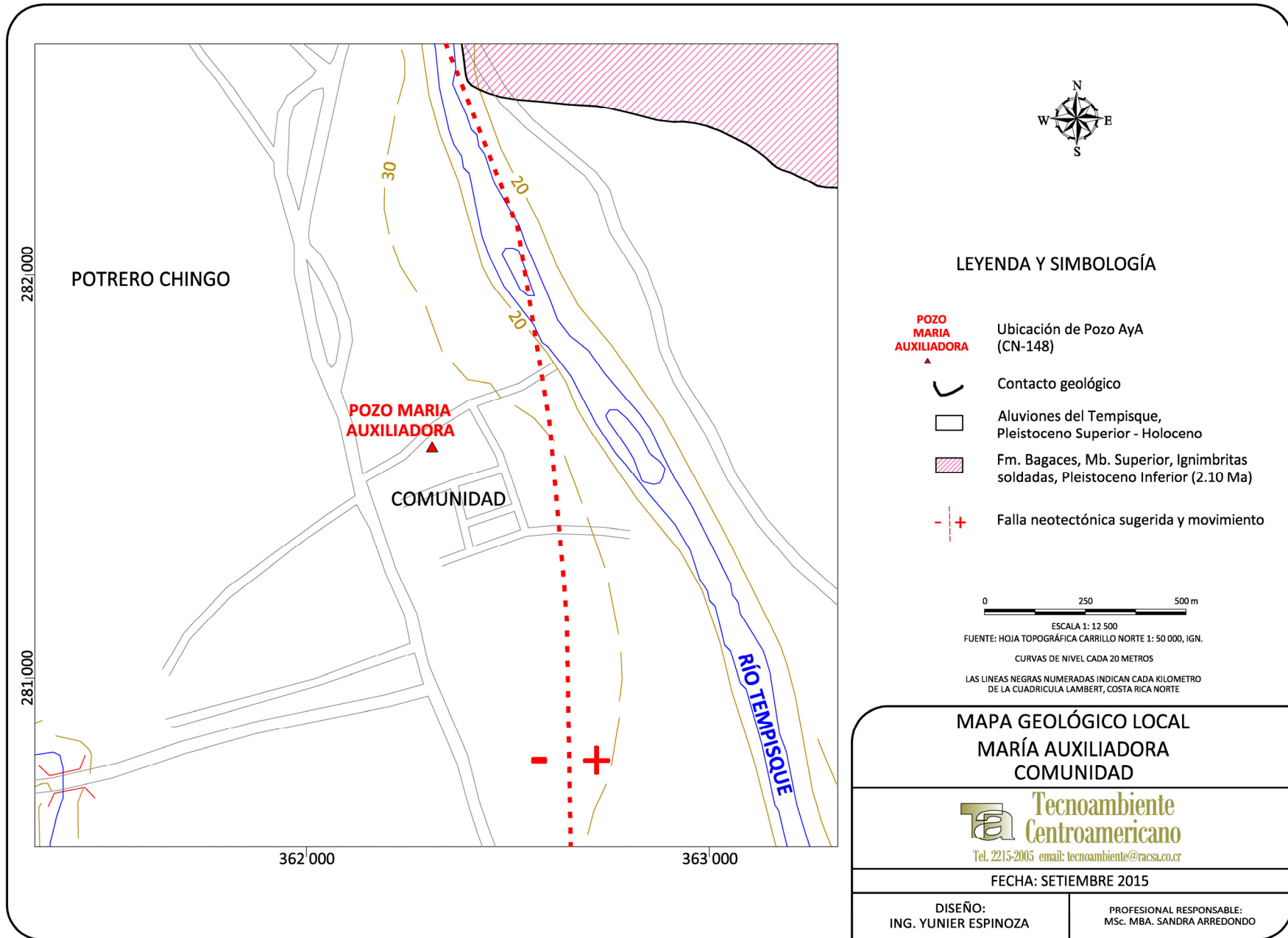


Figura 4. Mapa geológico en los alrededores del pozo María Auxiliadora, en las cercanías de Comunidad.

Afloran a lo largo de la carretera Interamericana desde Cañas hasta La Cruz y en la ruta 21 (Liberia-Aeropuerto-costa), formando gran parte de la vertiente pacífica de la Cordillera de Guanacaste y la Meseta Ignimbrítica de Santa Rosa. Las ignimbritas que afloran en este sector son del Miembro Superior, que tiene edades de 2,10 Ma (Alvarado & Gans, 2012). Hacia el noroeste, en el escarpe de la Falla Tempisque, afloran en la base rocas del Miembro Medio, con edades de 2,97-3,21 Ma.

Las ignimbritas de la Formación Bagaces también afloran (para detalles geológicos y estratigráficos, ver Aiazzi et al., 2004; Civelli et al., 2005 y las referencias en esos trabajos) es una serie de ignimbritas soldadas mayoritariamente de color gris oscuro a negro (Fotografía 3), usualmente ricas en fiammes y con cristales de plagioclasa visibles. Suelen tener disyunción prismática, y alcanzan espesores variables entre 20 y 40 m. Tienen lavas y epiclastos subordinados en sus secuencias estratigráficas.



**Fotografía 3. Afloramientos de la Formación Bagaces en los alrededores del Aeropuerto de Liberia (izq.: 371200E-287600N; der.: 368500E-286300N). Son ignimbritas soldadas gris oscuro con fracturas múltiples, la mayoría por enfriamiento.**

## **2.2.2 SEDIMENTOS DE ORIGEN FLUVIAL, RÍO TEMPISQUE, HOLOCENO**

El río Tempisque fluye de noreste a suroeste, pero cambia de dirección de N a S unos 5 km al norte de Guardia (lo cual también es un argumento estructural para la falla inferida que se ha mapeado en el mapa de la Figura 4), y de allí hacia el sur continúa con ligeros cambios de dirección (N-S, SSE).

Los aluviones en el sector de Guardia habían sido mapeado por Denyer et al. (2013) como muy delgados, con menos de 10 m de espesor. Los pozos perforados mencionados, sin embargo, evidencian que los aluviones alcanzan espesores de 26 a 67 m, de manera abrupta desde la margen izquierda del Tempisque, lo cual es evidencia geomorfológica de la falla inferida. En la periferia de Comunidad, los pozos perforados alcanzan entre 34 y 50 m de profundidad, y todos muestran horizontes de aluviones finos a medios, intercalados con capas de arenas, arcillas y tobitas, con espesores decimétricos a métricos. Se supone una anatomía de canales y paleocanales con sedimentos de inundación. La morfología de los aluviones es de planicie hacia los sectores E y W de Comunidad (Fotografía 4 y Fotografía 5).

Los aluviones observables en campo en Comunidad y alrededores, son de una granulometría centimétrica a decimétrica máxima, con predominancia de rocas volcánicas varias subredondeadas a subangulares (lavas, ignimbritas, basaltos) con matriz arenosa. En pequeños cortes se observan lentes arenosos de granulometría arena media a gruesa.



**Fotografía 4. Planicies aluviales hacia el oeste de Comunidad.**



**Fotografía 5. Planicies aluviales hacia el este de Comunidad.**

### 3 HIDROGEOLOGÍA

#### 3.1 POZO MARÍA AUXILIADORA (CN-148) EN COMUNIDAD

Con base en el análisis de la información geológica disponible, campo, información de pozos del Archivo Nacional de Pozos en el SENARA y la Dirección de Aguas del MINAE, se determina que en el área de estudio se localizan varios pozos y concesiones de agua, de SENARA y la Dirección de Aguas del MINAE respectivamente. Se ha realizado una búsqueda a un radio de 2 km desde el pozo estudiado con el fin de obtener la información necesaria para definir la hidrogeología de la zona y las curvas isofreáticas que definen la dirección del flujo del sistema acuífero existente en el lugar, adicionalmente tomando en cuenta los datos recabados en campo.

En la zona se localiza un acuífero libre cubierto de origen aluvial de espesor variable que presenta un basamento sedimentario. Por su misma naturaleza aluvial, el acuífero es heterogéneo, presentando niveles de gravas, lentes de arenas y arcillas intercalados que en algunos casos y con base en los informes de los pozos, se observa que pueden existir condiciones de confinamiento debido a capas de arcillas que cubren los aluviones, en promedio, los niveles registran profundidades de niveles de agua de 10,81 m y el nivel de agua reportado para el pozo María Auxiliadora (CN-148) es de 14,95 m.

En el Cuadro N° 2, se reportan los pozos con información detallada identificados en la zona de estudio. Además en el Cuadro N° 3 se presentan los pozos con los cuales, se cuenta con nivel freático y en el Cuadro N° 4, los pozos que no se utilizaron porque reportan información incompleta o no se requirió su utilización porque se contaba con pozos mejor ubicados para el análisis y con información más detallada.

En la Figura 5, se ubican todos los pozos registrados en la zona de estudio.

Cuadro N° 2. Lista de Pozos registrados utilizados en la Dirección de Aguas del MINAE y SENARA, sector de Comunidad, Liberia.

POZO	ESTE (m)	NORTE (m)	PROPIETARIO	PROF (m)	NF (m)	Q (l/s)	T (m <sup>2</sup> /día)	USO	LITOLOGÍA
CN-335	361 200	280 650	A.Y.A.	41.00	4.40	16.00	S/D	Abast.público	0,00-12,00 toba arcillosa / 12,00-30,00 toba / 30,00-41,00 toba arcillosa / 41,00
CN-256	361 500	282 750	GANADERA MONTE CLARO	30.00	12.00	S/D	S/D	Riego	0,00-10,00 material arcilloso/ 10,00-24,00 material arenoso de grano fino/ 24,00-30,00 material arenoso de grano grueso/ 30,00,
CN-235	361 850	282 000	A Y A	45.00	3.67	12.47	430.00	Abast.público	0,00-9,00 arcilla color café, plastica/ 9,00-11,00 arena fina de cuarzo y lutitas/ 11,00-12,00 similar anterior/ 12,00-13,00 limo/ 13,00-14,00 arena fina/ 14,00-15,00 limo arenoso/ 15,00-19,00 arena y grava/ 19,00-20,00 grava arenosa/ 20,00-33,00 arena, mucha lava, buena permeabilidad/ 33,00-35,00 arcilla/ 35,00-42,00 toba arcillosa, baja permeabilidad/ 42,00-45,00 arcilla o toba muy arcillosa,
CN-446	361 920	281 525	CARLOS NÚÑEZ ACEVEDO	34.00	8.00	0.50	S/D	Domestico	0,00-3,00 suelo / 3,00-9,00 arenas arcillosas / 9,00-24,00 aluvion medio / 24,00-28,00 lente arcilloso / 28,00-34,00 aluvion / 34,00
CN-418	361 920	282 210	GOOD DEAL, S.A.	50.00	16.50	3.15	S/D	Domestico	0,00-2,00 arcilla con fragmentos de roca / 2,00-26,00 arenas volcanicas / 26,00-39,00 formacion liberia tobas, cuarzos y piedra pomez / 39,00-50,00 formacion bagaces muy densa compacta , sana / 50,00
CN-630	362 125	281 075	INMOBILIARIA DOLPHIN COVE, S.A.	50.00	9.50	3.00	S/D	Riego	0,00-6,00 arena fina con arcilla color café / 6,00-36,00 aluvion fino con muy buena selección / 36,00-49,00 aluvion medio con poca arena / 49,00-52,00 arcilla color gris poca arena / 52,00
CN-271	362 150	281 950	GANADERA MONTE CLARO	30.00	1.00	S/D	S/D	Riego	0,00-8,00 material arcilloso/ 8,00-12,00 arena y grava color gris/ 12,00-24,00 ,material arcillo arenoso/ 24,00-30,00 material arcilloso/ 30,00

CN-148 (Pozo María Auxiliadora)	362318	281572	AYA	38	14.95	9.45	350.00	Abastecimiento publico	0.00-8.00 arcilla color café pardo, con muy pocos fragmentos arenosos finos, de composición heterogénea y multicolor con predominio de fragmentos lavicos basálticos, arenisca silicea alteradas y cuarzo. P.a baja. / 8.00-14.00 aluvion areno-gravoso fino, con arcilla. El porcentaje de arcilla = 25%, de dichos fragmentos de sumamente heterogénea, predominando fragmentos basáltico- andesíticos, arenisca color rojizo (oxidación) cuarzo cristalinos, piriboles y opalos. P.a de media a baja. / 14.00-16.00 grava de gruesa a muy gruesa de fragmentos basálticos con ciertas zonas oxidados(limonita). P.a alta (sin arcilla). / 16.00-22.00 toba arenosa gruesa multicolor, sin arcilla con alto porcentaje de fragmentos de oxidados predominando fragmentos tobaceos (vitrea), caolin, obsidiana, cuarzo, opalo y piriboles, ciertos fragmentos brechosos (lavas). P.a de media a baja. / 22.00-33.00 toba arena fina de composición y apariencia similar a la anterior. Permeabilidad de media a baja. / 33.00-36.00 toba, limo y arena fina de composición y apariencia similar a la anterior pero con un 40% de limo o lo que baja considerablemente la permeabilidad de media a baja. / 36.00-38.00 similar a 33-36 pero mucho mas sana. Permeabilidad baja.
CN-387	362 150	282 900	COSTAMIN, S.A.	40.00	22.00	2.50	S/D	Domestico	0,00-1,00 materia organica / 1,00-30,00 toba fm. Bagases / 30,00-40,00 cenizas volcanicas / 40,00
CN-263	362 850	282 240	C.A.T.S.A	30.00	S/D	S/D	S/D	Riego	0,00-10,00 material arcilloso/ 10,00-30,00 arena de grano medio a grueso/ 30,00,
CN-457	363 070	282 450	CENTRAL AZUCARERA TEMPISQUE	62.00	12.00	45.00	S/D	Riego	0,00-2,00 capa de arcilla negra / 2,00-6,00 cara arcilla amarilla / 6,00-12,00 capas de arena fina / 12,00-14,00 capa de toba / 14,00-22,00 capa de arena gruesa / 22,00-24,00 capa de arcilla gris / 24,00-28,00 capas de arena / 28,00-30,00 capa de arcilla / 30,00-33,00 toba negra / 33,00-39,00 toba gris / 39,00-43,00 capas areno-arcillosas / 43,00-62,00 capas de pomez cenicienta

CN-290	363 200	282 400	AYA	25.00	S/D	6.9	S/D	Abast.público	0,00-11,50 arcilla color café / 11,50-21,00 arenas con aluvio / 21,00-25,00 arcilla con arenas / 25,00
CN-264	363 300	283 050	C.A.T.S.A	50.00	S/D	S/D	S/D	Domestico	0,00-10,00 arcilla plastica/ 10,00-14,00 arena de grano fino a medio/ 14,00-22,00 arena de grano grueso/ 22,00-50,00 arcilla color gris plastica/ 50,00,
CN-301	363 380	280 660	CHICONES, S.A.	34.00	11.00	5	S/D	Industrial	0,00-3,00 arcilla con limo / 3,00-12,00 arena con limo / 12,00-20,00 limo con arena / 20,00-27,00 grava / 27,00-34,00 limo muy fino / 34,00
CN-416	363 400	280 450	INVERSIONES Y SERVICIOS, S.A.	30.00	13.70	2.80	S/D	Industrial	0,00-1,00 materia organica / 1,00-18,00 arcillas color rojizo / 18,00-23,00 cenizas volcanicas / 23,00-26,00 arcillas color gris / 26,00-28,00 arenas gruesas y limpias / 28,00-30,00 arcillas color gris materia organica / 30,00
CN-372	363 550	280 750	FRUT PAC, S.A.	41.00	8.00	15.00	S/D	Riego	0,00-1,50 suelo / 1,50-6,00 capa de arcillas / 6,00-18,00 capas de arenas / 18,00-24,00 capas de limos / 24,00-26,00 capa arcilla negra / 26,00-36,00 capa de arena / 36,00-40,00 capa de arenas finas / 40,00-41,00 capa de arcilla / 41,00
CN-469	363 850	280 750	INMOBILIARIA VENAGRO, S.A.	67.00	10.00	S/D	S/D	Industrial	0,00-2,00 capas de suelo color negro / 2,00-18,00 capas de arcillas / 18,00-26,00 idem anterior / 26,00-46,00 capas de tobas formacion liberia / 46,00-59,00 capas de tobas color negro / 59,00-63,00 capas de arenas limosas / 63,00-67,00 capas de arenas gruesas / 67,00
CN-495	364 200	280 100	EL RANCHO GESLING, S.A.	93.00	2.00	28.00	S/D	Riego	0,00-3,00 capas de arcillas / 3,00-7,00 capas de arenas finas / 7,00-15,00 capas de arcillas / 15,00-29,00 tobas color blanco / 29,00-32,00 limos color negro / 32,00-55,00 capas de arcillas color negro / 55,00-70,00 tobas color negro / 70,00-78,00 arcillas color rojo / 78,00-85,00 tobas colores negro, blanco, amarillo / 85,00-93,00 capas de arcillas
CN-492	364 200	282 100	EL RANCHO GESLING, S.A.	66.00	6.00	45.00	S/D	Riego	0,00-2,00 capas de arcillas / 2,00-7,00 capas de arena fina / 7,00-20,00 capas de tobas color blanco / 20,00-60,00 tobas color café / 60,00-66,00 tobas color veteado rojo, amarillo y blanco / 66,00

S/D: Sin Dato

Cuadro N° 3. Pozos que presentan Nivel Freático en la zona de Comunidad, Liberia.

POZO	ESTE (m)	NORTE (m)	PROPIETARIO	PROF (m)	NF (m)	Q (l/s)	USO
CN-271	362 150	281 950	GANADERA MONTE CLARO	30.00	1.00	S/D	RIEGO
CN-184	360700	283040	JESUS MIRANDA	4.76	1.40	2.50	DOMESTICO
CN-40	361200	280700	ISRAEL GUIDO	7.03	1.86	0.26	DOMESTICO
CN-495	364 200	280 100	EL RANCHO GESLING, S.A.	93.00	2.00	28.00	RIEGO
CN-195	360800	280500	MARIA JIRON	S/D	2.19	S/D	DOMESTICO
CN-182	362100	280200	MARIO JIRON	6.67	3.11	2.74	DOMESTICO
CN-181	360900	281400	JOS QUEDO	9.37	3.33	0.76	AGROINDUSTRIAL
CN-235	361 850	282 000	A Y A	45.00	3.67	12.47	ABAST.PUBLICO
CN-192	362300	280050	MARIO GIRON	63.00	3.72	62.00	RIEGO
CN-191	360600	279800	Coopesardinal (S.N.E.)	40.00	4.18	18.90	DOMESTICO
CN-335	361 200	280 650	I.C.A.Y.A.	41.00	4.40	16.00	ABAST.PUBLICO
CN-39	362200	280900	MERCEDES NAVARRETE	5.26	5.13	0.01	DOMESTICO
CN-492	364 200	282 100	EL RANCHO GESLING, S.A.	66.00	6.00	45.00	RIEGO
CN-446	361 920	281 525	CARLOS NÚÑEZ ACEVEDO	34.00	8.00	0.50	DOMESTICO
CN-372	363 550	280 750	FRUT PAC, S.A.	41.00	8.00	15.00	RIEGO
CN-194	362200	280800	MARIA NAVARRETE	S/D	8.17	S/D	DOMESTICO
CN-444	362200	280200	AGROPECUARIA LAS PALMAS S.A	35.00	9.00	0.30	VARIOS
CN-445	362000	280200	AGROPECUARIA LAS PALMAS S.A	55.00	9.00	30.00	VARIOS
CN-630	362 125	281 075	INMOBILIARIA DOLPHIN COVE, S.A.	50.00	9.50	3.00	RIEGO
CN-469	363 850	280 750	INMOBILIARIA VENAGRO, S.A.	67.00	10.00	S/D	INDUSTRIAL
CN-36	361600	282800		12.45	10.59	0.60	DOMESTICO
CN-133	362600	283300	ALGODONES DE COSTA RICA	60.00	10.66	S/D	INDUSTRIAL
CN-43	362400	283050	LUIS DELGADO	12.07	10.76	S/D	DOMESTICO
CN-301	363 380	280 660	CHICONES, S.A.	34.00	11.00	5	INDUSTRIAL
CN-37	362200	282400	AyA	57.60	11.80	12.50	ABAST. PUBLICO
CN-256	361 500	282 750	GANADERA MONTE CLARO	30.00	12.00	S/D	RIEGO
CN-497	363 070	282 450	CENTRAL AZUCARERA TEMPISQUE	62.00	12.00	45.00	RIEGO
CN-41	363200	280400	FEDERICO APESTEGUI	13.50	12.08	S/D	DOMESTICO
CN-38	362300	281400		13.50	12.17	S/D	DOMESTICO
ILG-128	363670	279630	RANCHO GESLING S.A	45.00	13.43	1.00	DOMEST-RIEGO
CN-416	363 400	280450	INVERSIONES Y SERVICIOS, S.A.	30.00	13.70	2.80	INDUSTRIAL
CN-148	362 318	281573	AYA	38	14.95	9.45	Abastecimiento Publico
CN-418	361 920	282 210	GOOD DEAL, S.A.	50.00	16.50	3.15	DOMESTICO
CN-387	362 150	282 900	COSTAMIN, S.A.	40.00	22.00	2.50	DOMESTICO

S/D: Sin Dato

Cuadro N° 4. Pozos registrados en la Dirección de Aguas del MINAE y SENARA, sector de Comunidad, Liberia, no utilizados

POZO	ESTE (m)	NORTE (m)	PROPIETARIO	PROF (m)	Q (l/s)	USO
CN-184	360700	283040	JESUS MIRANDA	4.76	2.50	DOMESTICO
CN-272	361150	283250	AGROP. FEDERICO APESTEGUI	S/D	S/D	AGROINDUSTRIAL
CN-270	361550	283250	AGROP. FEDERICO APESTEGUI	S/D	S/D	AGROINDUSTRIAL
ILG-70	362000	283200	EL CEIBO S.A.	S/D	0.30	DOMESTICO
CN-36	361600	282800	S/D	12.45	0.60	DOMESTICO
CN-285	362000	282400	EL MISMO	S/D	S/D	INDUSTRIAL
CN-37	362200	282400	AyA	57.60	12.50	ABAST. PUBLICO
CN-38	362300	281400	S/D	13.50	S/D	DOMESTICO
CN-193	362150	281300	MARIA GRANADOS	S/D	S/D	DOMESTICO
CN-74	362400	281200	LUIS DOMINGO DELGADO	S/D	S/D	DOMESTICO
CN-165	362250	281150	TINO ACEVEDO	S/D	S/D	DOMESTICO
CN-181	360900	281400	JOS QUEDO	9.37	0.76	AGROINDUSTRIAL
CN-147	360800	281100	R. GONZALEZ	64.00	S/D	DOMESTICO
CN-40	361200	280700	ISRAEL GUIDO	7.03	0.26	DOMESTICO
CN-364	361040	280650	ASOC.AGRICULTORES LAS PALMAS	S/D	S/D	RIEGO
CN-195	360800	280500	MARIA JIRON	S/D	S/D	DOMESTICO
CN-240	360750	280250	HAROLD K. PHILLIPS	S/D	S/D	DOMESTICO
CN-129	360600	280100	VICTOR ROMAN	34.00	5.00	DOMESTICO
CN-191	360600	279800	Coopesardinal (S.N.E.)	40.00	18.90	DOMESTICO
CN-39	362200	280900	MERCEDES NAVARRETE	5.26	0.01	DOMESTICO
CN-194	362200	280800	MARIA NAVARRETE	S/D	S/D	DOMESTICO
CN-307	362850	280850	FEDERICO APESTEGUI P.	S/D	S/D	RIEGO
CN-41	363200	280400	FEDERICO APESTEGUI	13.50	S/D	DOMESTICO
CN-394	363250	280225	HACIENDA MONTE CLARO S.A.	S/D	S/D	AGROINDUSTRIAL
CN-350	362525	280280	FEDERICO APESTEGUI PACHECO	S/D	S/D	RIEGO
CN-328	362600	280000	AGROPECUARIA LAS PALMAS S.A.	S/D	S/D	RIEGO
CN-444	362200	280200	AGROPECUARIA LAS PALMAS S.A	35.00	0.30	VARIOS
CN-182	362100	280200	MARIO JIRON	6.67	2.74	DOMESTICO
CN-192	362300	280050	MARIO GIRON	63.00	62.00	RIEGO
CN-445	362000	280200	AGROPECUARIA LAS PALMAS S.A	55.00	30.00	VARIOS
CN-133	362600	283300	ALGODONES DE COSTA RICA	60.00	S/D	INDUSTRIAL
CN-43	362400	283050	LUIS DELGADO	12.07	S/D	DOMESTICO
CN-144	362450	282900	S/D	S/D	S/D	DOMESTICO
ILG-128	363670	279630	RANCHO GESLING S.A	45.00	1.00	DOMEST-RIEGO

S/D: Sin Dato



En el Cuadro N° 5, se presenta la lista de concesiones registradas en la Dirección de Aguas del MINAE para la zona de Comunidad, Liberia.

En el mapa de la Figura 6, se presentan las concesiones registradas en la zona, algunos de ellas corresponden con tomas de aguas superficial y pozos.

**Cuadro N° 5. Lista de concesiones registradas en la Dirección de Aguas del MINAE, sector de Comunidad.**

Exped.	Este (m)	Norte (m)	Estado	Nombre-Apellido	Fuente	Caudal
13325-P	360391	283190	Solicitud nueva	AGROPECUARIA FEDERICO APESTEGUI SOBRADO S.A.-	1-ACUIFERO	0
1961-A	360900	283400	Otorgado	LAS TRANCAS S.A.-	2-NACIMIENTO EL NISPERO	0
14271-P	360925	281155	Solicitud nueva	LAS PALMAS DE CARRILLO S.A.-	1-ACUIFERO	0
602-R	361100	280500	Otorgado	Aya-	791-ACUIFERO	18
602-R	361140	280620	Otorgado	Aya-	93-ACUIFERO	0
14139-P	361695	281845	Otorgado	CONNECTED PROPERTIES LTDA-	1-ACUIFERO	1.4
13256-P	361761	282702	Cancelado por morosidad	MANGO PLANTATION S.A.-	1-ACUIFERO	3.87
4394-A	361900	282800	Cancelado	AGROPECUARIA FEDERICO APESTEGUI SOBRADO S.A.-	1-RIO TEMPISQUE	0
11712-A	361900	283000	Cancelado por vencimiento	MONTE DE GALLO S.A.-	1-RIO TEMPISQUE	45
1961-A	361900	283000	Otorgado	LAS TRANCAS S.A.-	1-RIO TEMPISQUE	100
10600-P	361920	281525	Solicitud nueva	CARLOS ALBERTO-NUÑEZ ACEVEDO	1-ACUIFERO	0
14525-P	361920	282210	Otorgado	GOOD DEAL S.A.-	1-ACUIFERO	3.15
9788-A	361950	282800	Cancelado por morosidad	LIDIET-VARGAS MOYA	1-NACIMIENTO SIN NOMBRE	4.86
14506-P	361975	281950	Otorgado	CODIGO AVENTURA C A S.A.-	1-ACUIFERO	1.62
10769-P	362000	283200	Solicitud nueva	EL CEIBO S.A.-	1-ACUIFERO	0
12762-P	362125	281075	Solicitud nueva	INMOBILIARIA DOLPHINS COVE E Y A S.A.-	1-ACUIFERO	0
602-R	362180	282500	Otorgado	Aya-	772-ACUIFERO	3
10907-P	362200	279800	Archivar sin mas tramite	AGROPECUARIA LAS PALMAS S.A.-	2-ACUIFERO	0
602-R	362200	282400	Otorgado	Aya-	993-ACUIFERO	12.5
5228-A	362200	282800	Cancelado	JUANITA-MIRANDA ANGULO	1-RIO TEMPISQUE	0
10907-P	362250	279800	Archivar sin mas tramite	AGROPECUARIA LAS PALMAS S.A.-	1-ACUIFERO	0
602-R	362318	281572	Otorgado	Aya-	998-ACUIFERO	0
602-R	362500	281750	Otorgado	Aya-	771-ACUIFERO	10
602-R	362500	281850	Otorgado	Aya-	792-ACUIFERO	10
602-R	362500	282100	Otorgado	Aya-	793-ACUIFERO	6
5104-A	363200	280700	Cancelado	GANADERIA MONTE CLARO S.A.-	1-RIO TEMPISQUE	0
11713-A	363250	280600	Cancelado por vencimiento	GANADERIA MONTE CLARO S.A.-	1-RIO TEMPISQUE	55

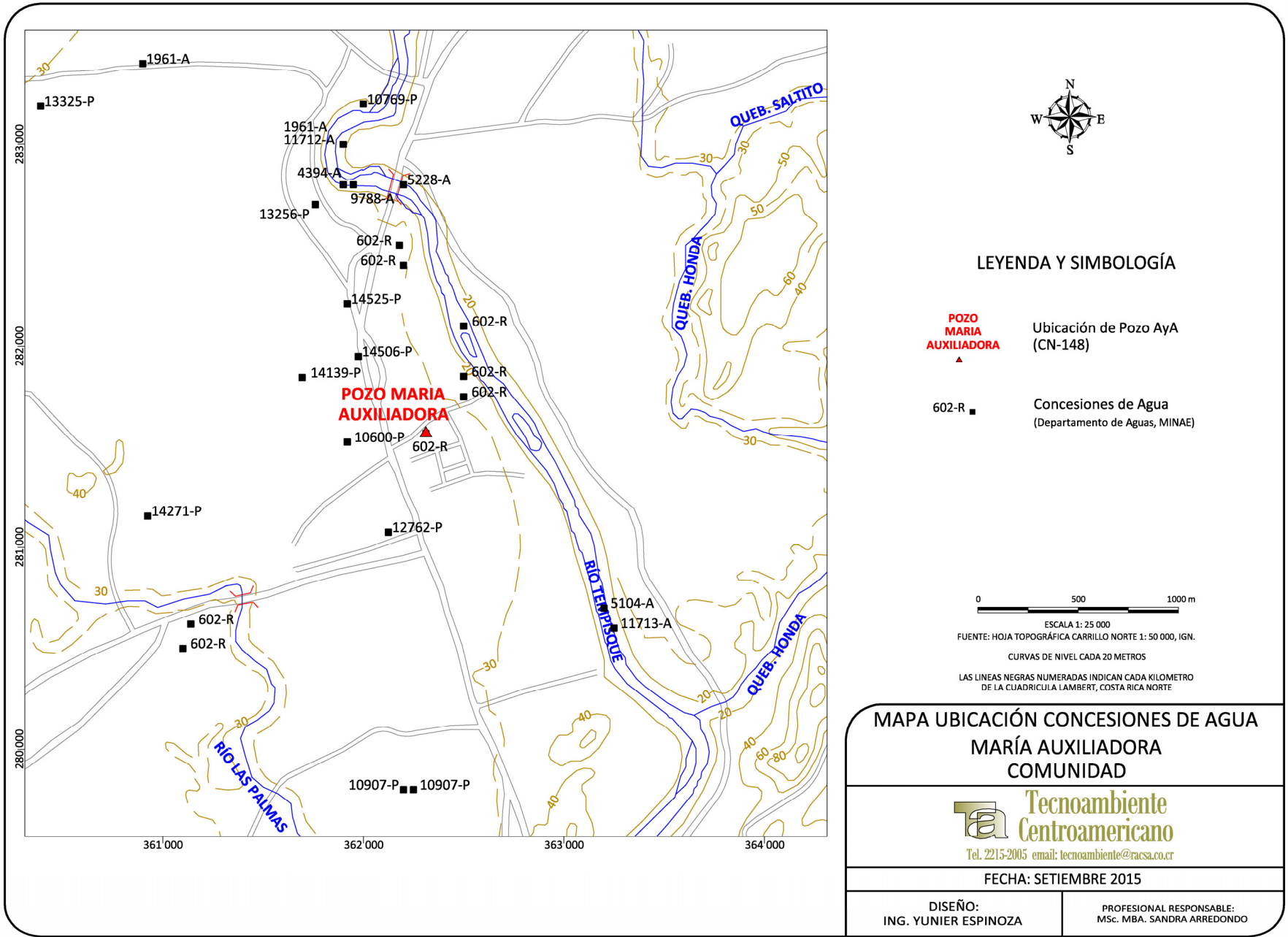


Figura 6. Mapa de Ubicación de concesiones de agua registrados en la Dirección de Aguas (Comunidad).

La delimitación de las isofreáticas en el acuífero consideró los siguientes criterios técnicos:

- a. Con base en el mapeo de campo se determinó que la zona de estudio presenta un acuífero libre cubierto por un suelo residual que en promedio presenta unos 5 m de espesor (el espesor puede variar ya que es producto de las depositaciones de finos que forma parte de la génesis del paquete aluvial del Río Tempisque, sin embargo el valor promedio de 5 m se basa en los reportes litoestratigráficos de perforación y mapeo de campo en alrededores de la margen derecha del río Tempisque).
- b. Se alberga en una zona con muy baja pendiente.

Se tomó en cuenta que en los reportes de perforación de los pozos cercanos (CN-446, CN-148 y CN-630), se describe un espesor de arenas finas subyacentes por una capa de arcilla de espesor variable de hasta 9 metros en promedio de espesor, tomando en cuenta que el acuífero productor se alberga en las arenas medias que se ubican a una profundidad promedio de 10,81 m, por ese motivo se considera que el acuífero es libre cubierto, además a manera conservadora, el espesor estimado de la cobertura del perfil hidrogeológico es de unos 5 m.

A partir de estos criterios, las curvas isofreáticas fueron delimitadas para el acuífero tomando en cuenta todos los criterios técnicos indicados anteriormente y además las alturas de los niveles de agua de los pozos utilizados, con el fin de contar con la mayor cantidad de puntos de nivel de agua subterránea y considerando la topografía actual.

El mapa Hidrogeológico de la zona de estudio se presenta en Figura 7 y el mapa hidrogeológico detallado del pozo analizado se presenta en la Figura 8, adicional a ello se presenta la ubicación del perfil hidrogeológico. Con base en lo anterior y en el mapeo de campo, se elaboró un perfil hidrogeológico A-A', presente en la Figura 9, donde la información para el pozo en análisis se tomó de los datos existentes y con base en el criterio hidrogeológico utilizando el método analítico.

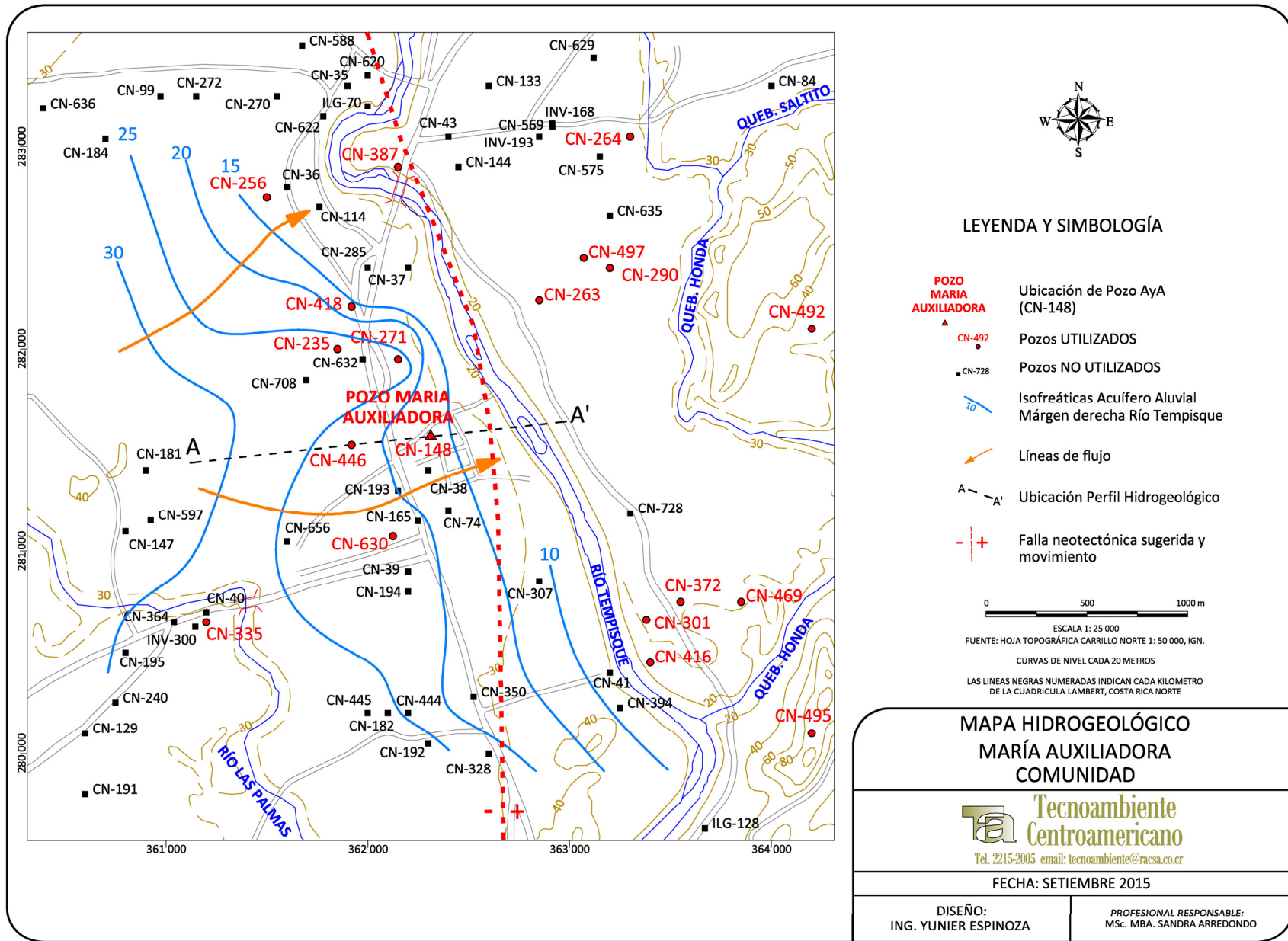


Figura 7. Mapa hidrogeológico y ubicación del perfil hidrogeológico.

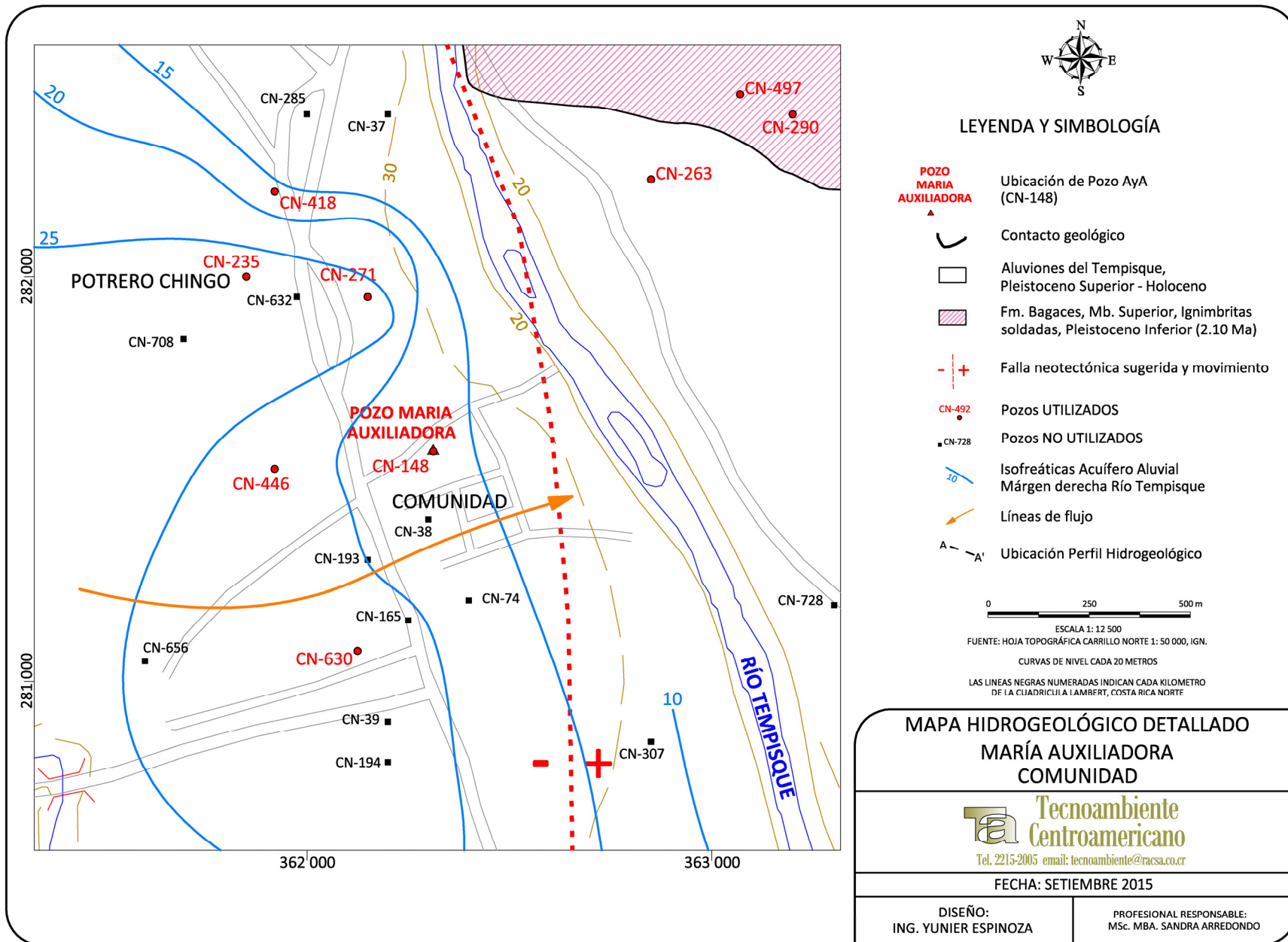
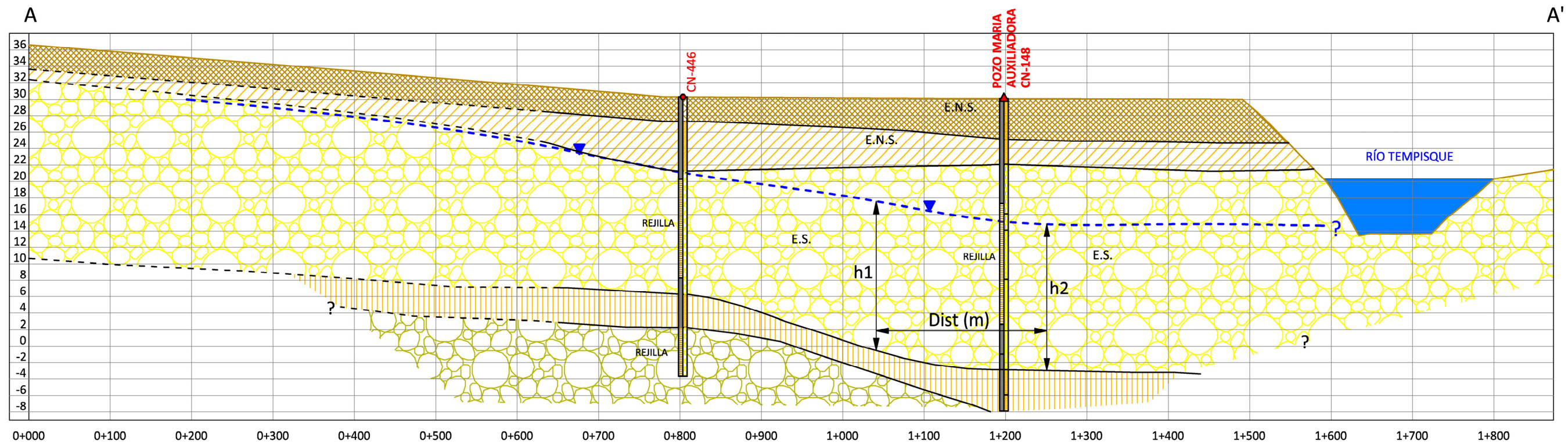
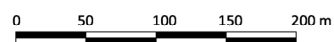


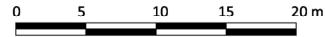
Figura 8. Mapa de Hidrogeológico detallado (Comunidad, Liberia).



ESCALA GRÁFICA HORIZONTAL



ESCALA GRÁFICA VERTICAL



LEYENDA Y SIMBOLOGÍA

**POZO MARIA AUXILIADORA**  
Ubicación de Pozo AyA (CN-148)

Nivel Freático

Contacto Geológico

Contacto Geológico Inferido

E.N.S.: Espesor no Saturado  
E.S.: Espesor Saturado

- Suelo
- Arenas arcillosas
- Aluvi3n medio
- Lente de Arcilla
- Aluvi3n

ARMADO DE LOS POZOS

- Tubo Ciego del pozo
- Rejilla del Pozo

PERFIL HIDROGEOLÓGICO A-A'  
MARÍA AUXILIADORA  
COMUNIDAD

**Tecnoambiente**  
Centroamericano  
Tel. 2215-2005 email: tecnoambiente@racsa.co.cr

FECHA: SETIEMBRE 2015

DISEÑO:  
ING. YUNIER ESPINOZA

PROFESIONAL RESPONSABLE:  
MSc. MBA. SANDRA ARREDONDO




Figura 9. Perfil hidrogeológico A-A'.

## 4 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS SUELOS




### 4.1 POZO MARÍA AUXILIADORA (CN-148) COMUNIDAD, LIBERIA

Los resultados obtenidos de porosidad y permeabilidad en el campo para el Pozo de la zona de Comunidad, se presentan en el Cuadro N° 6 y Cuadro N° 7 (Anexo N° 1 y Anexo N° 2). Las ubicaciones de las pruebas de permeabilidad coinciden con los puntos de muestreo se presentan la Figura 10.

**Cuadro N° 6. Resultados de porosidad (Laboratorio INTA, Anexo N° 1)**

N° Muestra	Punto de muestreo para cada pozo	Porosidad (%)	Foto
Pozo María Auxiliadora (CN-148)	P1	41,88	
	P2	42,47	
	P2	46,08	
	<b>Promedio</b>	<b>43,47</b>	

**Cuadro N° 7. Resumen Pruebas de Permeabilidad para el sector de Comunidad, Liberia (Anexo N° 2).**

PUNTO	MUESTRA	POROSIDAD (%)	PERMEABILIDAD (m/d)	ESTE (m)	NORTE (m)	FOTO
<b>Pozo María Auxiliadora (CN-148)</b>	P1	41,88	0,4538	362321	281558	
	P2	42,47	0,2692	362250	281643	
	P3	46,08	0,4181	362364	281642	

La ubicación de las Pruebas de Infiltración se pueden observar en la Figura 10.



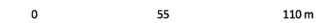
**LEYENDA Y SIMBOLOGÍA**

**POZO  
MARIA  
AUXILIADORA**  
▲

Ubicación de Pozo AyA  
(CN-148)

**P3** ●

Ubicación de Pruebas de Permeabilidad  
Método Porchet



ESCALA 1: 2750  
FUENTE: ORTO FOTO SNIIT CATASTRO-REGISTRO 2004, 1: 1000

LAS LINEAS NEGRAS NUMERADAS INDICAN CADA KILOMETRO  
DE LA CUADRICULA COSTA RICA LAMBERT NORTE

**MAPA UBICACIÓN PRUEBAS DE  
PERMEABILIDAD  
COMUNIDAD**

**Ta** **Tecnoambiente  
Centroamericano**  
Tel. 2215-2005 email: tecnoambiente@racsaco.cr

FECHA: SETIEMBRE 2015

DISEÑO:  
ING. YUNIER ESPINOZA

PROFESIONAL RESPONSABLE:  
MSc. MBA. SANDRA ARREDONDO

**Figura 10. Ubicación Pruebas de Permeabilidad Comunidad.**

## 5 MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

En la zona donde se ubica el pozo, se identifica un acuífero libre cubierto albergado en depósitos aluviales que subyacen un basamento ignimbrítico.

La gradiente hidráulica del acuífero aluvial presenta una dirección de oeste a este con una gradiente de 0,014 con descarga hacia el río Tempisque, misma que fue calculada a partir de la isofreática 15 a la 30 m.s.n.m. y con una distancia horizontal entre ellas de 1104,87 m, sobre la línea de perfil ver Figura 7 y Figura 9.

Los caudales que puede rendir el acuífero aluvial se pueden clasificar de mediano rendimiento ya que según el pozo María Auxiliador (CN-148) y otros que cuentan con caudal en sus reportes, se registran valores del orden de los 10 L/s, para el pozo en análisis, el María Auxiliadora (CN-148), según reporte del pozo en SENARA se considera un caudal de 9,45 L/s. La transmisividad presente es de 350 m<sup>2</sup>/día según el pozo María Auxiliadora (CN-148), Anexo N° 3.

Los parámetros hidráulicos son tomados de la literatura internacional y de análisis en acuíferos similares realizados en investigaciones hidrogeológicas previas, con base en ello, la porosidad de los acuíferos aluviales es tomada de Custodio & Llamas, 1984.

Los caudales se tomaron a partir de información aportada por el AyA (Anexo N° 3) y se presentan en el Cuadro N° 8.

**Cuadro N° 8. Caudales registrados por AyA**

Pozo	Caudal (l/s)
MARÍA AUXILIADORA (CN-148)	9,45

**Cuadro N° 9. Parámetros hidráulicos del acuífero en el sector de Comunidad, obtenidos a partir de literatura internacional y valores en acuíferos similares en investigaciones hidrogeológicas del país.**

Pozo N°	Porosidad del acuífero aluvial (tomado de Custodio & Llamas, 1984) (%)	Transmisividad (m <sup>2</sup> /d)	Espesor saturado promedio (m) **	Permeabilidad (m/día)***
MARÍA AUXILIADORA (CN-148)	30	350*	18,050**	19,391***

**Nota:**

\* Tomado de Pozo María Auxiliadora (CN-148).

\*\* Tomado de la descripción del perfil hidrogeológico Figura 9.

\*\*\* Valor obtenido a partir de la fórmula de flujo  $T=k*b$ .

## 6 ZONAS DE PROTECCIÓN DE LOS POZOS

### 6.1 MÉTODO DE TIEMPO DE TRÁNSITO DE DEGRADACIÓN DE BACTERIAS

Para determinar el ancho de la zona de captura o zona de influencia, se utiliza la fórmula hidráulica de Darcy que estipula lo siguiente:

$$Q = TIL$$

$$L = Q/Ti$$

En el Cuadro N° 10, se resumen los datos hidráulicos para el cálculo de L para el pozo María Auxiliadora (CN-148) ubicado en el poblado llamado Comunidad en Liberia, Guanacaste:

**Cuadro N° 10. Resumen de los datos hidráulicos para el cálculo de L**

Pozo N°	Transmisividad (m <sup>2</sup> /d)	Gradiente (adimensional)	Caudal (L/s)	Caudal (m/día)	L (ancho del tubo de flujo) (m)
MARÍA AUXILIADORA (CN-148)	350	0,014	9,45	816,48	166,629

Considerando que el tiempo de residencia máxima de bacterias patógenas para flujos fisurados es de 70 días para medios porosos, se calcula el tiempo de tránsito para la zona no saturada de la siguiente forma:

$$t = (b * \theta) / k$$

Donde

- b: es el espesor de la zona no saturada.
- $\theta$ : es la porosidad media del obtenido en el laboratorio del INTA para cada caso.
- K= es la permeabilidad de la zona no saturada y con base en las pruebas de Porchet realizadas para cada pozo.

Entonces se tiene que los tiempos de transito calculado para cada capa del suelo se encuentran en el Cuadro N° 11, Cuadro N° 12 y Cuadro N° 13:

**Cuadro N° 11. Resultados Tiempos de Tránsito vertical zona no saturada en Suelo limoso**

Pozo N°	Espesor ZNS Suelo Limoso (b) (m)	$\theta$ INTA (Fracción de %)	K Promedios de las pruebas de Porchet (m/d)	t (tiempo de tránsito vertical) días
MARÍA AUXILIADORA (CN-148)	5,00	43,48	0,3804	5,714

**Cuadro N° 12. Resultados Tiempos de Tránsito vertical zona no saturada en Arenas Arcillosas**

Pozo N°	Espesor ZNS Arenas Arcillosas (b) (m)	$\Theta$ Tomado de Custodio & Llamas, 1984 (Fracción de %)	K (Arenas arcillosas) (Tomado de Custodio & Llamas, 1984) (m/d)	t (tiempo de tránsito vertical) días
MARÍA AUXILIADORA (CN-148)	3,000	0,07	1,500	0,140

**Cuadro N° 13. Resultados Tiempos de Tránsito vertical zona no saturada en Aluvi3n**

Pozo N°	Espesor ZNS Aluvi3n (b) (m)	$\Theta$ Tomado de Custodio & Llamas, 1984. (Fracci3n de %)	K del aluvi3n Tomado del Cuadro N° 9 (m/d)	t (tiempo de tránsito vertical) días
MARÍA AUXILIADORA (CN-148)	6,950	0,30	19,391	0,108

Como el tiempo tránsito para medios porosos se estimado en 70 días (Lewis, Foster y Drassar, 1992 en Rodríguez, H, 1994), se observa que al hacer el cálculo para la zona no saturada (ZNS) y el tiempo de tránsito vertical el valor en días no supera los 70 día para la degradaci3n de las bacterias pat3genas, entonces por ese motivo, se calculará el tiempo de tránsito en la zona saturada (ZS) para eliminar las bacterias y conocer la zona de protecci3n absoluta del pozo, tomando en cuenta la diferencia entre 70 días menos los días obtenidos en la zona no saturada para cada una, situaci3n que se presenta en el Cuadro N° 14.

**Cuadro N° 14. Diferencia entre los 70 días menos los obtenidos del cálculo de la ZNS.**

Pozo N°	Tiempo de transito obtenido de la ZNS (días)	Tiempo faltante para calcular en la ZS (días)
MARÍA AUXILIADORA (CN-148)	5,962	64,038

La fórmula de Darcy establecida para este cálculo en la Zona Saturada (ZS) es:

$$t = (d * \Theta) / (k * i)$$

De la fórmula se despeja "d" :

$$d = (t * k * i) / \Theta$$

En el Cuadro N° 15 se presentan los resultados de la Zona de Protección por medio del método de las Bacterias:

**Cuadro N° 15. Distancia Zona de Protección Inmediata.**

Pozo N°	Tiempo faltante para calcular en la ZS (días)	$\Theta$ Acuífero (Custodio & Llamas, 1984) (Fracción de %)	K Permeabilidad del acuífero aluvial promedio (tomado a partir del Cuadro N° 9) (m/d)	Gradiente del acuífero para cada pozo (adimensional)	Distancia de la zona de protección inmediata (m)
MARÍA AUXILIADORA (CN-148)	64,038	0,30	19,391	0,014	57,948

## 6.2 MÉTODO DEL RADIO FIJO

Para calcular el radio fijo de los pozos analizados, se toma en cuenta las metodologías hidrogeológicas para la evaluación del recurso hídrico que fueron publicadas en el diario oficial La Gaceta N° 147 del 31 de julio del 2012. En estas metodologías en el artículo 11, se define la fórmula para la zona de protección de pozos tomando en cuenta la zona de captura con base en la ecuación analítica de Darcy, con base en el siguiente planteamiento:

$$r = (Qt/\pi*n*b)^{0,5}$$

En este caso se calcula con la fórmula dada considerando:

- Q = caudal de cada pozo en m<sup>3</sup>/d.
- t = se utiliza el tiempo establecido para degradación de bacterias para medios porosos que es de 70 días.
- n = porosidad de las rocas que albergan al acuífero (Custodio & Llamas, 1984).
- b = espesor saturado promedio del acuífero para cada pozo, tomado a partir de los informes de cada pozo.

$$r = (Qt/\pi*n*b)^{0,5}$$

En el Cuadro N° 16 se presentan los resultados de la Zona de Protección por medio del método de Radio Fijo:

**Cuadro N° 16. Resumen de datos y resultados Método Radio Fijo**

Pozo N°	Caudal (m <sup>3</sup> /d)	Porosidad del acuífero (n) (%)	Tiempo (días)	b Espesor saturado del acuífero para el pozo (m)	Radio fijo (m)
MARÍA AUXILIADORA (CN-148)	816,48	0,300	64,038	18,050	55,439

### 6.3 MÉTODO DE GRUBB

Para utilizar el método de Grubb (1993), se aplica la siguiente fórmula:

$$Y = Q L / ( k(h_1^2 - h_2^2) )$$

Para cada pozo se presenta el resumen del valor obtenido:

**Cuadro N° 17. Resultados por medio del Método Grubb.**

Pozo N°	Caudal del pozo (m <sup>3</sup> /d)	L Longitud entre dos puntos de observación del NF (m)	K Conductividad ad hidráulica del acuífero (m/d)	h1	h2	h1 <sup>2</sup> -h2 <sup>2</sup>	Y (m)	Ancho Total Y*2=Ancho Total máximo por Grubb (m)
MARÍA AUXILIADORA (CN-148)	816,480	209,620	19,391	18,124	17,808	11,355	777,354	1554,708

En el Cuadro N° 18 y en la Figura 11, se presenta el resumen de las zonas de protección obtenidos por diferentes métodos:

**Cuadro N° 18. Zonas de protección absoluta por diferentes métodos.**

Pozo N°	Tiempo de Tránsito de degradación de Bacterias (m)	Radio Fijo (m)
MARÍA AUXILIADORA (CN-148)	57,948	55,439

En el Cuadro N° 19 se presenta el ancho de la zona de captura definido por el método de Darcy, y en el Cuadro N° 20 se presenta el ancho de la zona de captura definido por el método de Grubb, para el pozo analizado:

**Cuadro N° 19. Ancho de Captura Método de Darcy**

Pozo N°	L (ancho del tubo de flujo) (m)
MARÍA AUXILIADORA (CN-148)	166,629

**Cuadro N° 20. Ancho de Captura Método de Grubb**

Pozo N°	L (ancho del tubo de flujo) (m)
MARÍA AUXILIADORA (CN-148)	1554,708

Con base en el análisis realizado a partir de los valores hidráulicos y trabajo de campo realizado, se considera que los métodos para zona de protección para el pozo son, el método de Darcy y Radio Fijo, para el Pozo María Auxiliadora (CN-148) se ha definido un ancho de la zona de captura o tubo de flujo es 166,629 m y la zona de protección inmediata de 55,439 m, obtenido por el método de Radio Fijo, se ha seleccionado este método a partir del mapeo de campo realizado y la condición del pozo (Figura 11).

Además se ha definido un radio operacional y de Protección Inmediata Absoluta de 15 m alrededor del pozo con base en Foster et al, 2003.

## 6.4 CÁLCULO DEL PUNTOS DE NO RETORNO

Los puntos de no retorno para cada zona de protección se han calculado a partir de la fórmula indicada en las Metodologías Hidrogeológicas para la evaluación del recurso hídrico que fueron publicadas en el diario oficial La Gaceta N° 147 del 31 de julio del 2012, de la siguiente forma:

$$\text{Punto de no retorno } X_0 = Q / (2 * \pi * k * b * i)$$

Donde:

$$\text{Pi } (\pi) = 3,1415$$

k = permeabilidad

b = espesor del acuífero **(Se toma en cuenta que  $T=k*b$ )**

i=gradiente

Q=caudal

### 6.4.1 POZO MARÍA AUXILIADORA (CN-148)

$$X_0 = 816,48 / (2\pi * 350 * 0,014)$$

$$\text{(Punto de no retorno)} = 26,52 \text{ m}$$

Con base en los resultados obtenidos para el cálculo del punto de no retorno, se observa que para el Pozo María Auxiliadora, es de 26,52 m.

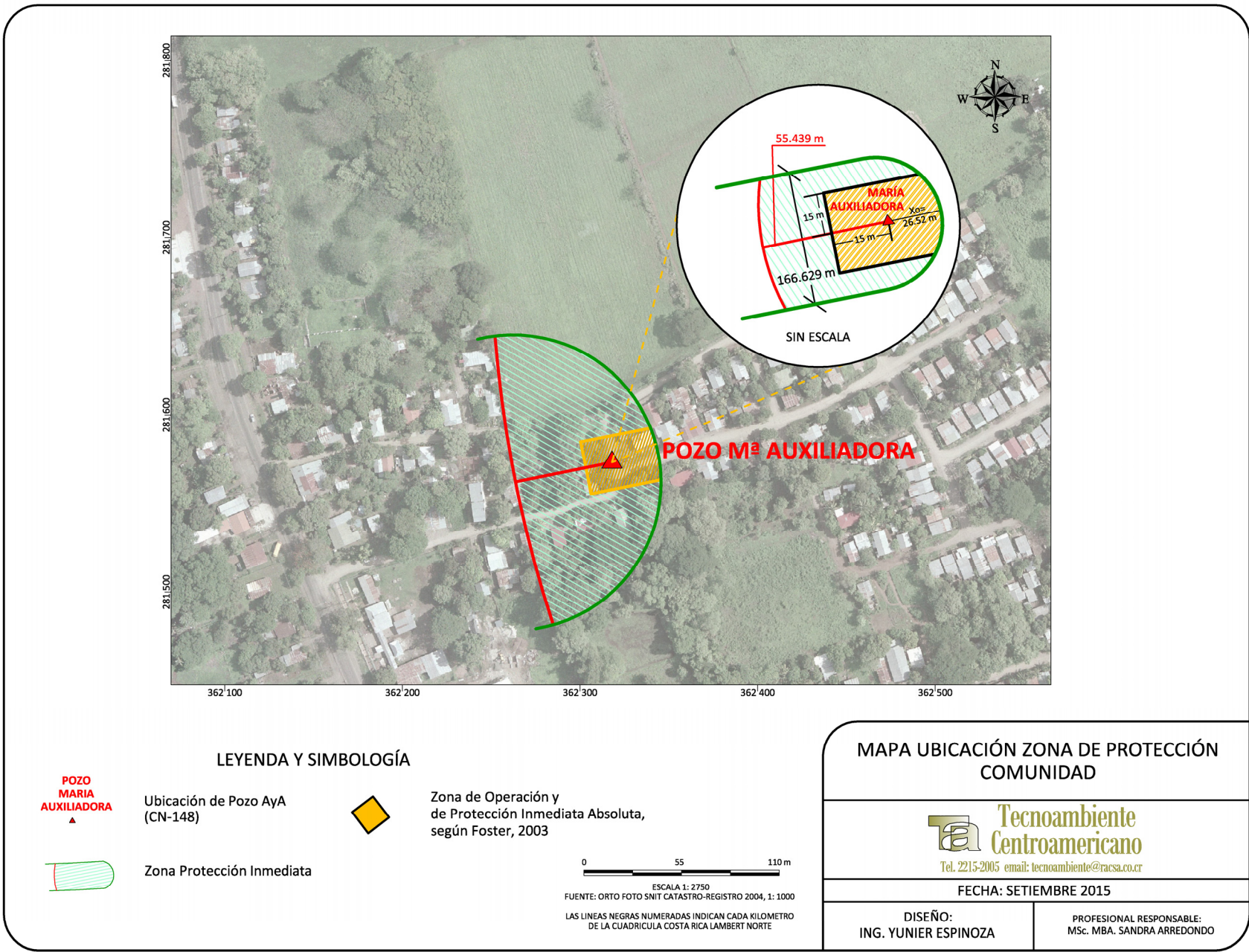


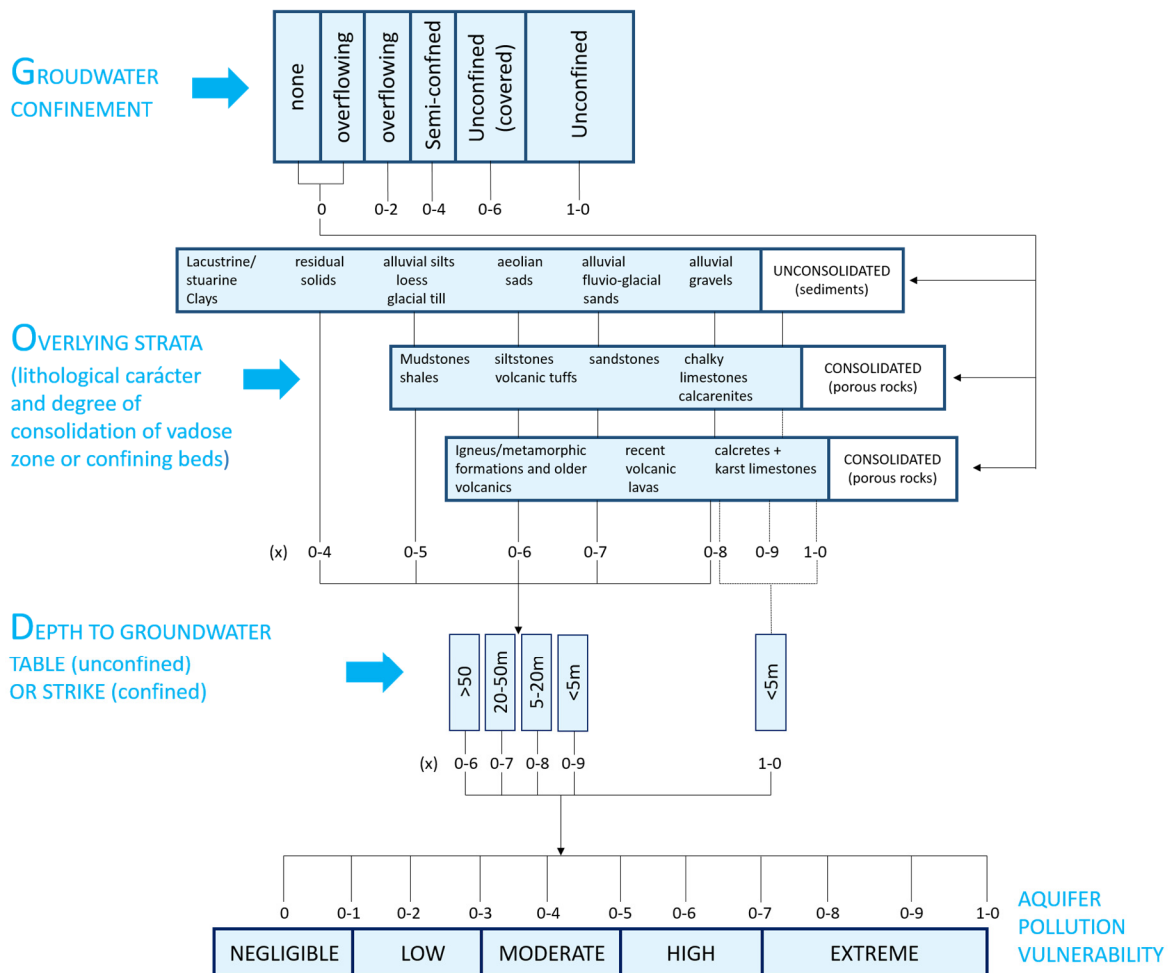
Figura 11. Ubicación Zona de protección del pozo.

## 7 CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS FUENTES

En el Anexo N° 4 se adjunta el resultado bacteriológico, el cual corresponde a Red Comunidad 1, que hay disponible en el Laboratorio Nacional de Aguas del AYA, de los últimos reportes presentados se puede concluir que al momento de la elaboración del presente estudio, la condición de calidad del agua bacteriológicamente en la actualidad es buena, no obstante, no hay disponibles análisis Físico – Químico, por lo que se recomienda realizar muestreos para análisis por lo menos semestrales, tanto físico-químicos como bacteriológicos.

## 8 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD CON EL MÉTODO GOD

A continuación se presenta el análisis, para determinar su condición de vulnerabilidad siguiendo el método GOD (Figura 12).



Fuente: Foster, et al, 2002.

Figura 12. Diagrama determinación de vulnerabilidad acuífera

## 8.1 ACUÍFERO ALUVIAL (POZO MARÍA AUXILIADORA)

Se presenta la evaluación para el pozo María Auxiliadora.

Clasificación GOD	Descripción del factor	Valor asignado	Tipo de vulnerabilidad
Grado de confinamiento (se asigna un valor conservador)	No confinado cubierto	0,7	Moderado
Tipo de característica litológica de la zona no saturada	Suelo limosos aluviales	0,7	
Profundidad del nivel freático	13,587 m	0.8	
Evaluación de vulnerabilidad	0.392		

En la Figura 13, se presenta el mapa de vulnerabilidad acuífera para la zona de estudio.

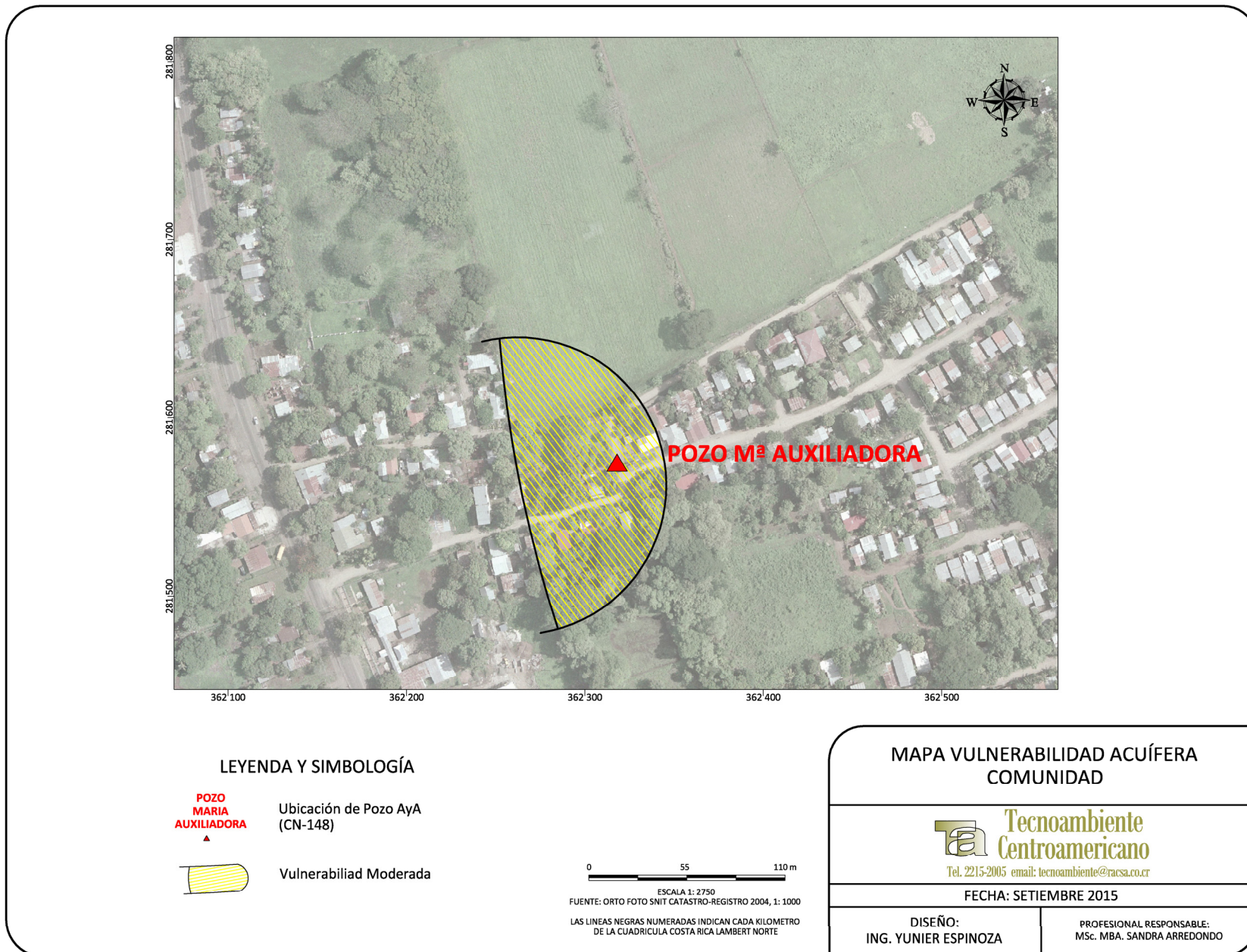


Figura 13. Mapa Vulnerabilidad Acuifera ortofoto.

## 9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En la zona de estudio se ha identificado un acuífero aluvial que registra medios rendimientos en pozos individuales, los valores obtenidos son del orden de los 10 L/s.
2. Regionalmente, se considera que el basamento del acuífero está formado por depósitos ignimbríticos (Con base en Denyer et al, 2003, 2006, 2007, 2009, 2011, 2013 y 2014).
3. La gradiente del acuífero aluvial presenta una dirección de flujo de oeste a este con dirección de descarga al río Tempisque y con una gradiente hidráulica de 0,014.
4. Con base en el análisis realizado se determinó que el pozo María Auxiliadora, presenta un ancho de la zona de protección de 166,629 m por medio de Darcy, el límite de la zona es de 55,439 m, obtenido a través del método de Radio Fijo y el punto de no retorno que corresponde con la protección gradiente hidráulica subterránea abajo del pozo calculada es de 26,520 m.
5. Se delimitó una Zona Operacional y Zona de Protección Absoluta de 15 m alrededor del pozo y un punto de no retorno de 26,520 m.
6. Con base en las condiciones intrínsecas del acuífero, la vulnerabilidad calculada es moderada, obtenido a través del método GOD.
7. En la zona de protección absoluta no se recomienda realizar actividades tipo agrícolas, pecuarias, ubicación de tanques sépticos, actividad industrial y extracción de rocas y suelos ya que pueden afectar la calidad del agua del pozo por rápida infiltración y por escorrentía superficial.
8. Al momento de realizado el estudio, se cuenta solo con el análisis Bacteriológico del pozo María Auxiliadora donde desde este análisis, sí cumple con el reglamento de agua potable vigente. Se recomienda realizar análisis físico – químicos además de los bacteriológicos para monitorear la calidad del agua por lo menos en forma semestral para controlar el comportamiento de la calidad del agua del pozo a lo largo del año hidrológico y verificar si se mantiene su calidad en el tiempo.

## 10 REFERENCIAS

- AIAZZI, D., FIORLETTA, M., CIVELLI, G., CHIESA, S. & ALVARADO, G.E., 2004: GEOLOGÍA DE LA HOJA CAÑAS. – REVISTA GEOLÓGICA DE AMÉRICA CENTRAL, 30: 215-223.
- Alvarado, G.E. & Gans, P.B, 2012: Síntesis geocronológica del magmatismo, metamorfismo y metalogenia de Costa Rica, América Central. – Revista Geológica de América Central, 46: 7-122
- CIVELLI, G., LOCATI, U., BIGIOGGERO, B., CHIESA, S., ALVARADO, G.E. & MORA, O., 2005: GEOLOGÍA DE LA HOJA TIERRAS MORENAS. – REVISTA GEOLÓGICA DE AMÉRICA CENTRAL, 33: 99-110.
- CNE, 2000: Mapa de amenazas naturales potenciales de la hoja Carrillo Norte.- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. 1 hoja escala 1:50 000.
- Denyer, P. & Baumgartner, P.O., 2006: Emplacement of Jurassic-Lower Cretaceous radiolarites of the Nicoya Complex (Costa Rica). – Geologica Acta, 4 (1-2): 203-218.
- Denyer, P. & Alvarado, G.E., 2007: Mapa geológico de Costa Rica. – Escala 1:400 000. Librería Francesa S.A., San José.
- Denyer, P. & Gazel, E., 2009: The Costa Rica Jurassic to Miocene oceanic complexes: Origin, tectonics and relations. – Journal of South American Earth Sciences, 28: 429-442.
- Denyer, P., Montero, W. & Alvarado, G.E., 2003: Atlas Tectónico de Costa Rica. – 81 págs. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José.
- Denyer, P., Montero, W. & Alvarado, G.E., 2009: Atlas Tectónico de Costa Rica. – 55 págs. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José.
- Denyer, P., Aguilar, T. & Montero, W., 2013a: Mapa geológico de la Hoja Carrillo Norte. – Escala 1:50 000, Universidad de Costa Rica – Minae.
- Denyer, P., Aguilar, T. & Montero, W., 2014: Cartografía geológica de La Península de Nicoya, Costa Rica. Estratigrafía y tectónica. – 207 págs. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José.
- Departamento de Aguas del MINAE, Enero 2016, Base de datos de Concesiones y Pozos Registrados.
- MONTERO, W. & DENYER, P., 2011: Fallamiento neotectónico de la Península de Nicoya y su relación con el escape tectónico del antearco centroamericano. - Revista Geológica de América Central, 45: 9-52.
- SENARA, Enero 2016, Base de datos de pozo.
- Vargas, C.A. & Araya, E., 2015: Informe de perforación Pozo CN-723. – Informe de Castro y de la Torre para MINAET, 40 págs.

**ANEXO N° 1**  
**RESULTADOS LABORATORIO DEL**  
**INTA, MAG**



**RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS**  
 Laboratorio de Suelos  
 Tel-Fax: 2278-0514; e-mail: labsuelos@inta.go.cr



LDS F 17

NOMBRE: **TECNO AMBIENTE CENTROAMERICANO S.A.**

FECHA: 11/09/2015

FAX: **2215-2003**

INFORME #:

IDENT.		D.aparente	D.Real	Porosidad	
# LAB.	#CAMPO	(gr/cc)	(gr/cc)	(%)	
3938	Comunidad	1,3 6	2.34	41, 88	POZO-Ma.AUXILIADORA-P1
3939	Comunidad	1,2 6	2.19	42, 47	POZO Ma.AUXILIADORA-P2
3940	Comunidad	1,1 0	2.04	46, 08	POZO Ma.AUXILIADORA-P3

*[Handwritten Signature]*  
 Ing. Alexis Vargas Villagra



**INTA-COMUNIDAD, GUANACASTE**

## **ANEXO N° 2**

# **PRUEBAS DE PERMEABILIDAD**

**PROYECTO: AYA POZO MARIA AUXILIADORA P1**

**PRUEBA DE PERMEABILIDAD # 1 POZO MARIA AUXILIADORA**

Este (m)	362321.0
Fecha:	27/08/2015
t1 (min)	0.0
t2 (min)	10.0
H1 (cm)	13.0
H2 (cm)	7.0
r (cm)	4.3
k (cm/min)	0.1084130

Norte (m)	281558.0
Hora:	08:00 a.m.
t1 (s)	0.0
t2 (s)	600.0
H1 (mm)	130.0
H2 (mm)	70.0
r (mm)	43.0
k (mm/s)	0.0180688

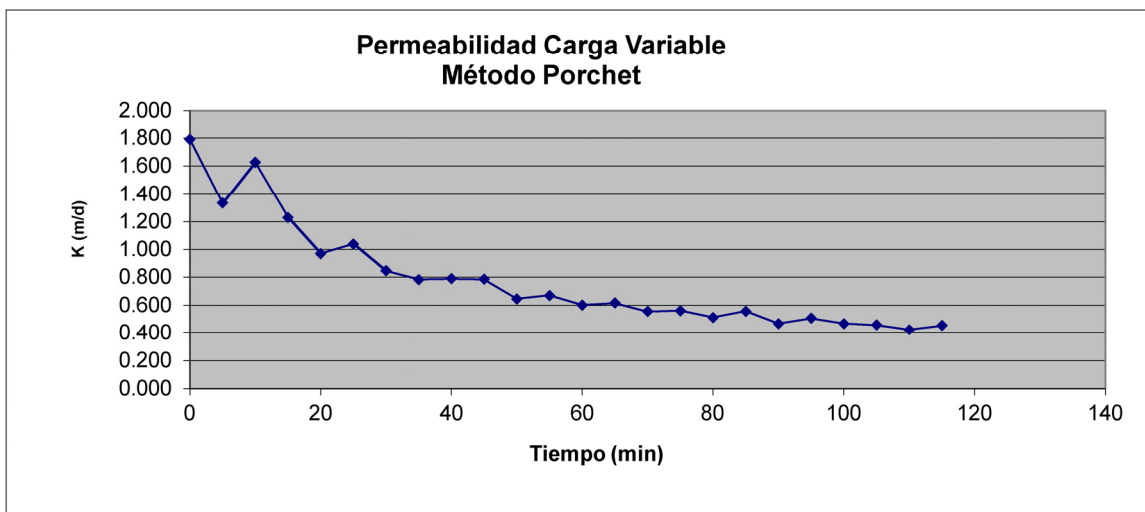
t1 (d)	0.0000	t1 (seg)	0.00
t2 (d)	0.0069	t2 (seg)	600.00
H1 (m)	0.1300	H1 (cm)	13.00
H2 (m)	0.0700	H2 (cm)	7.00
r (m)	0.0430	r (cm)	4.30

FORMULA APLICADA

$$K = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \times \ln \left( \frac{(2h_1 + r)}{(2h_2 + r)} \right)$$

k (m/d)	1.5611476	k (cm/seg)	0.0018069
---------	-----------	------------	-----------

T1 (min)	T2 (min)	H1 (cm)	H2 (cm)	Radio (cm)	k (cm/min)	k (mm/s)	k (m/d)	k (cm/seg)
0	5	13.0	9.20	4.3	0.1241766	0.0206961	1.7881430	0.0020696
5	10	9.2	7.00	4.3	0.0926495	0.0154416	1.3341522	0.0015442
10	15	13.0	9.50	4.3	0.1129586	0.0188264	1.6266034	0.0018826
15	20	9.5	7.40	4.3	0.0854690	0.0142448	1.2307530	0.0014245
20	25	13.0	10.80	4.3	0.0674690	0.0112448	0.9715542	0.0011245
25	30	10.8	8.80	4.3	0.0721352	0.0120225	1.0387472	0.0012023
30	35	8.8	7.40	4.3	0.0588233	0.0098039	0.8470551	0.0009804
35	40	13.0	11.20	4.3	0.0543882	0.0090647	0.7831898	0.0009065
40	45	11.2	9.60	4.3	0.0548952	0.0091492	0.7904902	0.0009149
45	50	9.6	8.20	4.3	0.0545527	0.0090921	0.7855587	0.0009092
50	55	13.0	11.50	4.3	0.0448322	0.0074720	0.6455842	0.0007472
55	60	11.5	10.10	4.3	0.0465318	0.0077553	0.6700585	0.0007755
60	65	13.0	11.60	4.3	0.0416935	0.0069489	0.6003869	0.0006949
65	70	11.6	10.30	4.3	0.0427068	0.0071178	0.6149783	0.0007118
70	75	13.0	11.70	4.3	0.0385776	0.0064296	0.5555171	0.0006430
75	80	11.7	10.50	4.3	0.0389700	0.0064950	0.5611687	0.0006495
80	85	13.0	11.80	4.3	0.0354840	0.0059140	0.5109702	0.0005914
85	90	11.8	10.60	4.3	0.0386777	0.0064463	0.5569595	0.0006446
90	95	13.0	11.90	4.3	0.0324126	0.0054021	0.4667414	0.0005402
95	100	11.9	10.80	4.3	0.0350564	0.0058427	0.5048128	0.0005843
100	105	13.0	11.90	4.3	0.0324126	0.0054021	0.4667414	0.0005402
105	110	11.9	10.90	4.3	0.0317487	0.0052915	0.4571818	0.0005291
110	115	13.0	12.00	4.3	0.0293629	0.0048938	0.4228263	0.0004894
115	120	12.0	11.00	4.3	0.0315159	0.0052527	<b>0.4538294</b>	0.0005253
					0.0680915	0.0113486	0.7785001	0.0011349



**PROYECTO: AyA POZO MARIA AUXILIADORA P2**

**PRUEBA DE PERMEABILIDAD # 2  
POZO MARIA AUXILIADORA**

Este (m)	362250.0
Fecha:	27/08/2015
t1 (min)	0.0
t2 (min)	5.0
H1 (cm)	15.0
H2 (cm)	9.2
r (cm)	4.3
k (cm/min)	0.1774956

Norte (m)	281643.0
Hora:	10:00 a.m.
t1 (s)	0.0
t2 (s)	300.0
H1 (mm)	150.0
H2 (mm)	92.0
r (mm)	43.0
k (mm/s)	0.0295826

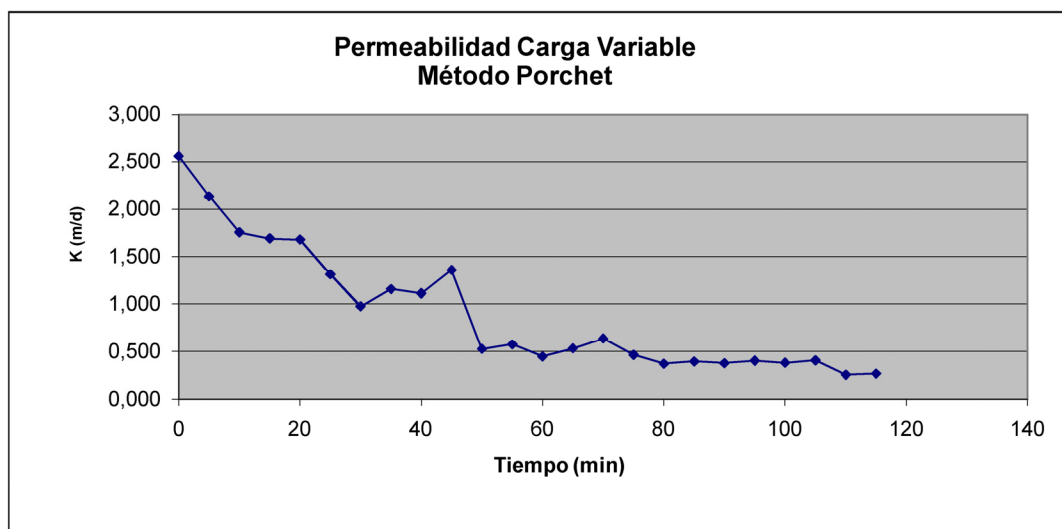
t1 (d)	0.0000	t1 (seg)	0.00
t2 (d)	0.0035	t2 (seg)	300.00
H1 (m)	0.1500	H1 (cm)	15.00
H2 (m)	0.0920	H2 (cm)	9.20
r (m)	0.0430	r (cm)	4.30

FORMULA APLICADA

$$K = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \times \ln \left( \frac{(2h_1 + r)}{(2h_2 + r)} \right)$$

k (m/d)	2.5559364	k (cm/seg)	0.0029583
---------	-----------	------------	-----------

T1 (min)	T2 (min)	H1 (cm)	H2 (cm)	Radio (cm)	k (cm/min)	k (mm/s)	k (m/d)	k (cm/seg)
0	5	15.0	9.20	4.3	0.1774956	0.0295826	2.5559364	0.0029583
5	10	15.0	10.00	4.3	0.1482077	0.0247013	2.1341905	0.0024701
10	15	10.0	7.00	4.3	0.1219374	0.0203229	1.7558982	0.0020323
15	20	15.0	10.90	4.3	0.1174803	0.0195801	1.6917166	0.0019580
20	25	10.9	7.80	4.3	0.1166227	0.0194371	1.6793669	0.0019437
25	30	7.8	5.90	4.3	0.0911172	0.0151862	1.3120876	0.0015186
30	35	15.0	12.50	4.3	0.0677499	0.0112916	0.9755981	0.0011292
35	40	12.5	10.00	4.3	0.0804578	0.0134096	1.1585923	0.0013410
40	45	10.0	8.00	4.3	0.0773378	0.0128896	1.1136650	0.0012890
45	50	8.0	6.00	4.3	0.0943660	0.0157277	1.3588702	0.0015728
50	55	15.0	13.60	4.3	0.0366179	0.0061030	0.5272971	0.0006103
55	60	13.6	12.20	4.3	0.0400289	0.0066715	0.5764159	0.0006671
60	65	12.2	11.20	4.3	0.0310604	0.0051767	0.4472702	0.0005177
65	70	11.2	10.10	4.3	0.0369759	0.0061626	0.5324529	0.0006163
70	75	10.1	8.90	4.3	0.0443311	0.0073885	0.6383674	0.0007389
75	80	8.9	8.10	4.3	0.0323157	0.0053859	0.4653457	0.0005386
80	85	15.0	14.00	4.3	0.0258336	0.0043056	0.3720037	0.0004306
85	90	14.0	13.00	4.3	0.0274854	0.0045809	0.3957897	0.0004581
90	95	13.0	12.10	4.3	0.0263348	0.0043891	0.3792205	0.0004389
95	100	12.1	11.20	4.3	0.0280534	0.0046756	0.4039693	0.0004676
100	105	11.2	10.40	4.3	0.0265722	0.0044287	0.3826391	0.0004429
105	110	10.4	9.60	4.3	0.0283230	0.0047205	0.4078511	0.0004720
110	115	15.0	14.30	4.3	0.0179193	0.0029865	0.2580373	0.0002987
115	120	14.3	13.60	4.3	0.0186986	0.0031164	<b>0.2692598</b>	0.0003116
					0.0883897	0.0147316	0.9079934	0.0014732



**PROYECTO: AyA POZO MARIA AUXILIADORA P3**

**PRUEBA DE PERMEABILIDAD # 3  
POZO MARIA AUXILIADORA**

Este (m)	362364.0
Fecha:	27/08/2015
t1 (min)	0.0
t2 (min)	15.0
H1 (cm)	17.0
H2 (cm)	5.3
r (cm)	4.3
k (cm/min)	0.1353194

Norte (m)	281642.0
Hora:	12:00 p.m.
t1 (s)	0.0
t2 (s)	900.0
H1 (mm)	170.0
H2 (mm)	53.0
r (mm)	43.0
k (mm/s)	0.0225532

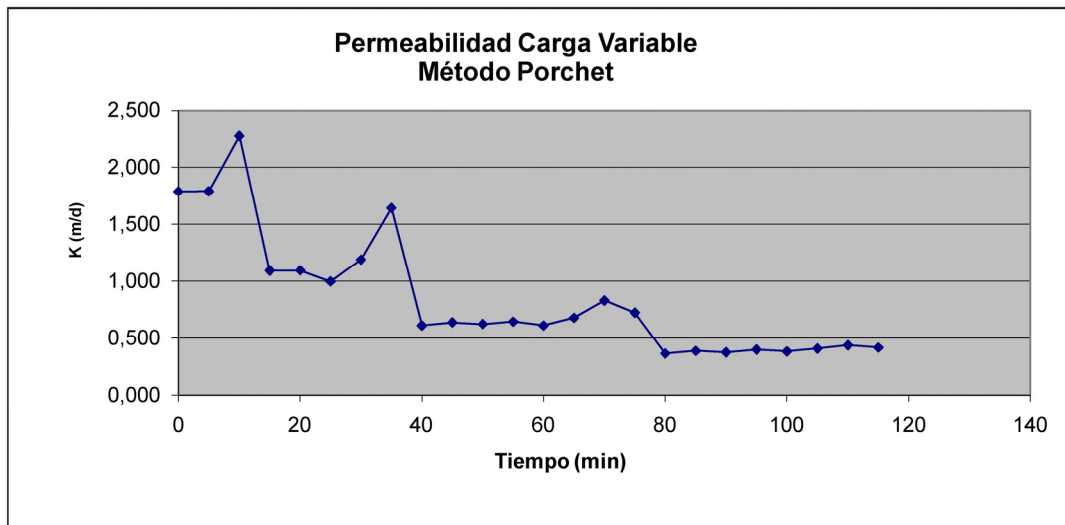
t1 (d)	0.0000	t1 (seg)	0.00
t2 (d)	0.0104	t2 (seg)	900.00
H1 (m)	0.1700	H1 (cm)	17.00
H2 (m)	0.0530	H2 (cm)	5.30
r (m)	0.0430	r (cm)	4.30

FORMULA APLICADA

$$K = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \times \ln \left( \frac{(2h_1 + r)}{(2h_2 + r)} \right)$$

k (m/d)	1.9485990	k (cm/seg)	0.0022553
---------	-----------	------------	-----------

T1 (min)	T2 (min)	H1 (cm)	H2 (cm)	Radio (cm)	k (cm/min)	k (mm/s)	k (m/d)	k (cm/seg)
0	5	17.0	12.20	4.3	0.1240777	0.0206796	1.7867188	0.0020680
5	10	12.2	8.60	4.3	0.1242030	0.0207005	1.7885232	0.0020701
10	15	8.6	5.30	4.3	0.1576774	0.0262796	2.2705551	0.0026280
15	20	17.0	13.90	4.3	0.0759354	0.0126559	1.0934692	0.0012656
20	25	13.9	11.30	4.3	0.0759938	0.0126656	1.0943106	0.0012666
25	30	11.3	9.30	4.3	0.0692254	0.0115376	0.9968462	0.0011538
30	35	9.3	7.30	4.3	0.0825492	0.0137582	1.1887091	0.0013758
35	40	7.3	5.10	4.3	0.1139557	0.0189926	1.6409622	0.0018993
40	45	17.0	15.20	4.3	0.0424454	0.0070742	0.6112136	0.0007074
45	50	15.2	13.50	4.3	0.0443423	0.0073904	0.6385289	0.0007390
50	55	13.5	12.00	4.3	0.0433252	0.0072209	0.6238830	0.0007221
55	60	12.0	10.60	4.3	0.0447988	0.0074665	0.6451033	0.0007466
60	65	10.6	9.40	4.3	0.0425037	0.0070840	0.6120534	0.0007084
65	70	9.4	8.20	4.3	0.0471705	0.0078618	0.6792557	0.0007862
70	75	8.2	6.90	4.3	0.0577154	0.0096192	0.8311012	0.0009619
75	80	6.9	5.90	4.3	0.0503498	0.0083916	0.7250378	0.0008392
80	85	17.0	15.90	4.3	0.0254375	0.0042396	0.3663003	0.0004240
85	90	15.9	14.80	4.3	0.0270375	0.0045062	0.3893397	0.0004506
90	95	14.8	13.80	4.3	0.0261479	0.0043580	0.3765294	0.0004358
95	100	13.8	12.80	4.3	0.0278414	0.0046402	0.4009167	0.0004640
100	105	12.8	11.90	4.3	0.0266982	0.0044497	0.3844545	0.0004450
105	110	11.9	11.00	4.3	0.0284663	0.0047444	0.4099143	0.0004744
110	115	11.0	10.10	4.3	0.0304852	0.0050809	0.4389869	0.0005081
115	120	10.1	9.30	4.3	0.0290406	0.0048401	<b>0.4181842</b>	0.0004840
					0.0777288	0.0129548	0.8504541	0.0012955



## **ANEXO N° 3 POZOS**

**ANEXO N° 4**  
**RESULTADO BACTERIOLÓGICO**  
**DISPONIBLE EN EL**  
**LABORATORIO NACIONAL**  
**DE AGUAS DEL AYA**