



INFORME DE LA CONTRATACIÓN DIRECTA

N° 2015 CDS-00021-PRI, AYA

PARA LA DEFINICIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN DEL

POZO RA-115 (EMILIO MONTOYA)

UBICADO EN CÓBANO, PUNTARENAS

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 **N° Teléfono:** 2242-5487

Annette
Henchoz Castro

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

Firma: _____

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	3
1.1	OBJETIVO	6
1.1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.1.2	METODOLOGÍA APLICADA.....	6
2	GEOLOGÍA.....	8
2.1	GEOLOGÍA REGIONAL	8
2.2	GEOLOGÍA LOCAL.....	10
2.2.1	EL BASAMENTO ROCOSO: COMPLEJO DE NICOYA	10
2.2.2	COBERTURA SEDIMENTARIA: FORMACIÓN MONTEZUMA	10
2.2.3	COBERTURA SEDIMENTARIA: FORMACIÓN CÓBANO.....	13
2.2.4	SEDIMENTOS DE ORIGEN FLUVIAL, RÍO MONTEZUMA	14
2.2.5	ASPECTOS ESTRUCTURALES.....	14
2.3	ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS.....	15
3	HIDROGEOLOGÍA	16
3.1	POZO EN CÓBANO.....	16
4	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS SUELOS	26
4.1	POZO RA-115 (EMILIO MONTOYA).....	26
5	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL	28
6	ZONAS DE PROTECCIÓN DE LOS POZOS.....	30
6.1	MÉTODO DE TIEMPO DE TRÁNSITO DE DEGRADACIÓN DE BACTERIAS	30
6.2	MÉTODO DEL RADIO FIJO.....	32
6.3	MÉTODO DE GRUBB.....	33
6.4	CÁLCULO DEL PUNTO DE NO RETORNO	34
6.4.1	POZO RA-115 (EMILIO MONTOYA).....	35
7	CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS FUENTES	38
8	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD CON EL MÉTODO GOD.....	38
8.1	ACUÍFERO SEDIMENTARIO PARA EL POZO RA-115 (EMILIO MONTOYA).....	39
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
10	REFERENCIAS.....	42

1 INTRODUCCIÓN

El estudio hidrogeológico realizado comprende la definición de la zona de protección de un pozo ubicado en el sector sur-oeste del poblado de Cóbano, en la provincia de Puntarenas, conocido como: RA-115 (Emilio Montoya).

Al momento de realizar el estudio, el pozo aún no se encontraba captado, el pozo capta un acuífero Sedimentario (Formación Montezuma).

En el Cuadro N° 1, se resume la información 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	Tipo de fuente	Este (m)	Norte (m)	Altura de cada fuente en (msnm)	Caudal (l/s)
RA-115	EMILIO MONTOYA	Pozo	413428	184713	169,80	3,4*

*Nota: Prueba de Bombeo ejecutada por el AyA Cóbano, 25 al 28 de Agosto 2015.

El acceso al pozo ubicado en Cóbano se realiza por la carretera nacional N° 160 y caminos vecinales, finalmente se ingresa por una propiedad privada a pie.

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

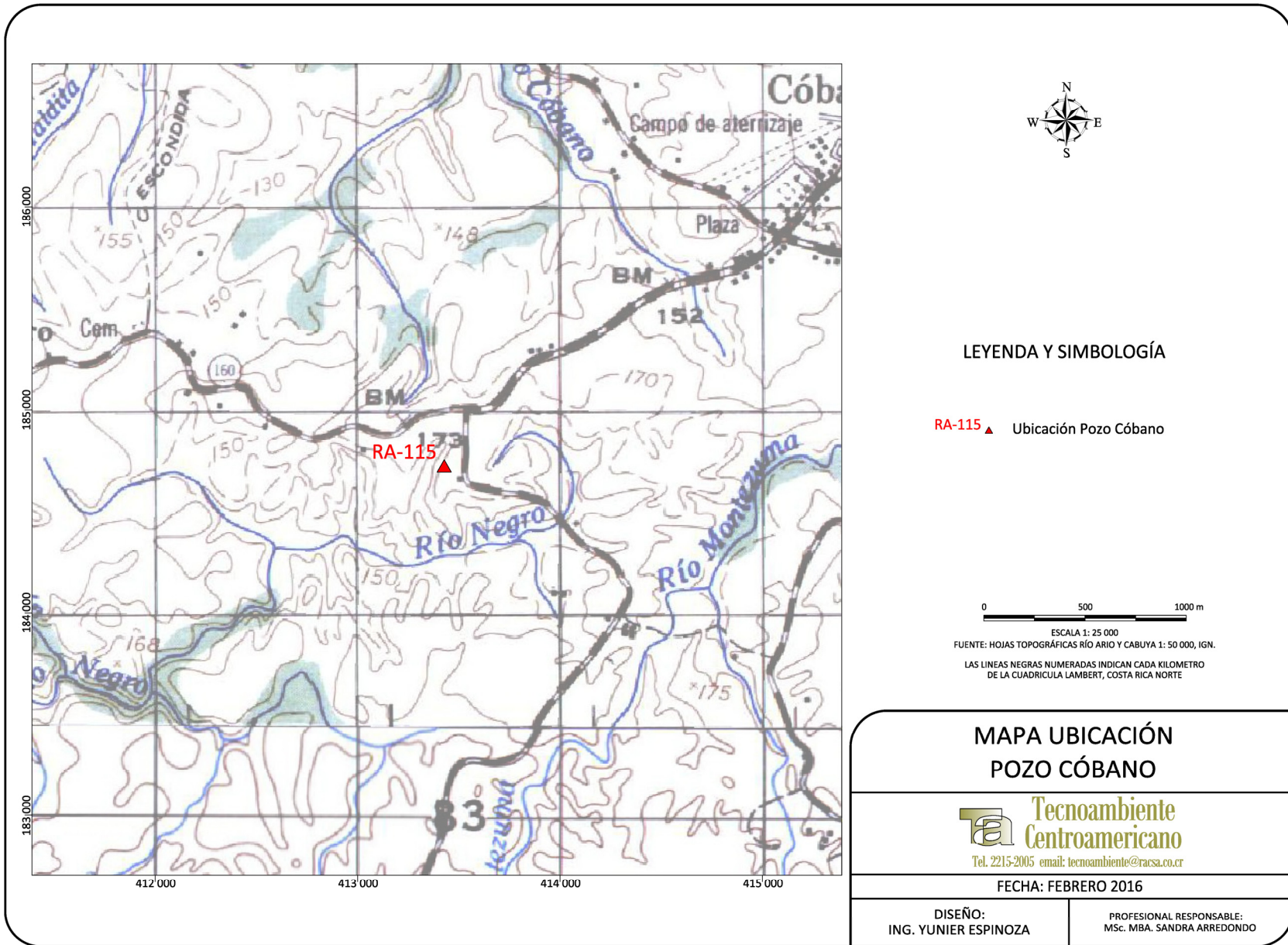


Figura 1. Ubicación del pozo de RA-115, Cóbano, Puntarenas.

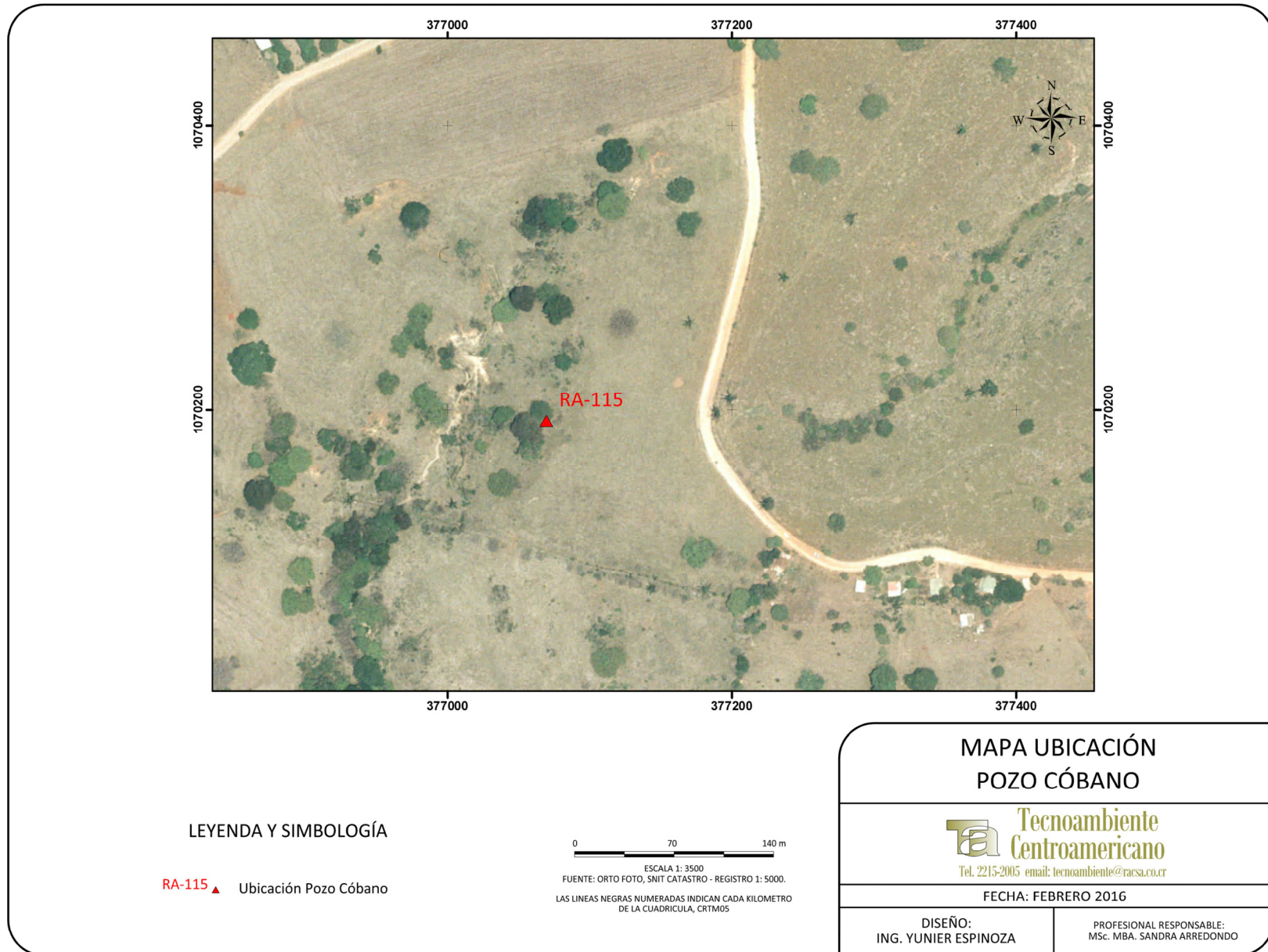


Figura 2. Ubicación del pozo de RA-115, Cóbano, Puntarenas con ortofoto.

1.1 OBJETIVO

El objetivo de la contratación es el de desarrollar un estudio hidrogeológico que contemple la definición de la zona de protección de una fuente de agua que ha selecciona el AyA, en este caso un pozo ubicado en la Cóbano, RA-115, ubicado al sur-oeste del poblado de Cóbano en Puntarenas, con el fin de establecer la zona de protección absoluta o inmediata, que se requiere para la protección ante la amenaza de contaminación, como medida preventiva.

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos se han establecido:

- 1) Obtener un mapeo geológico de campo en los alrededores de la fuente de agua.
- 2) Identificar si existen otras fuentes de agua cercanas que permitan analizar la situación circundante, como pozos u otras nacientes.
- 3) Obtener el caudal de la fuente de agua.
- 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.
- 6) Definir el modelo hidrogeológico de la zona evaluada.
- 7) Calcular la zona de protección de la fuente de agua utilizando métodos aplicados internacionalmente para obtener la zona de protección absoluta inmediata.
- 8) Reportar la calidad del agua de la fuente captada.

1.1.2 METODOLOGÍA APLICADA

Para elaborar el estudio se realizó un mapeo geológico en 1 km² a escala 1:25 000 que incluye un perfil hidrogeológico, los espesores calculados para las unidades geológicas se basan en el trabajo de campo realizado.

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

En el caso si 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 cada sector.

Los datos de caudales y parámetros hidráulicos han sido tomados de los registros reportados por el AyA en cada 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, 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 la zona de protección se utilizarán 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.

2 GEOLOGÍA

2.1 GEOLOGÍA REGIONAL

El área de estudio se ubica según la clasificación morfotectónica de Costa Rica (Denyer et al., 2003, 2009), en las paleocuenas del antearco externo, dentro de la Península de Nicoya, paleocuenca Cabo Blanco - Montezuma.

Los trabajos de base que se han utilizado para la compilación geológica y tectónica son los de Denyer et al. (2013; 2014; Figura 3). Estos trabajos y sus mapas han sido complementados con una revisión y afinamiento en el campo, del mapa geológico aquí presentado (Figura 4).

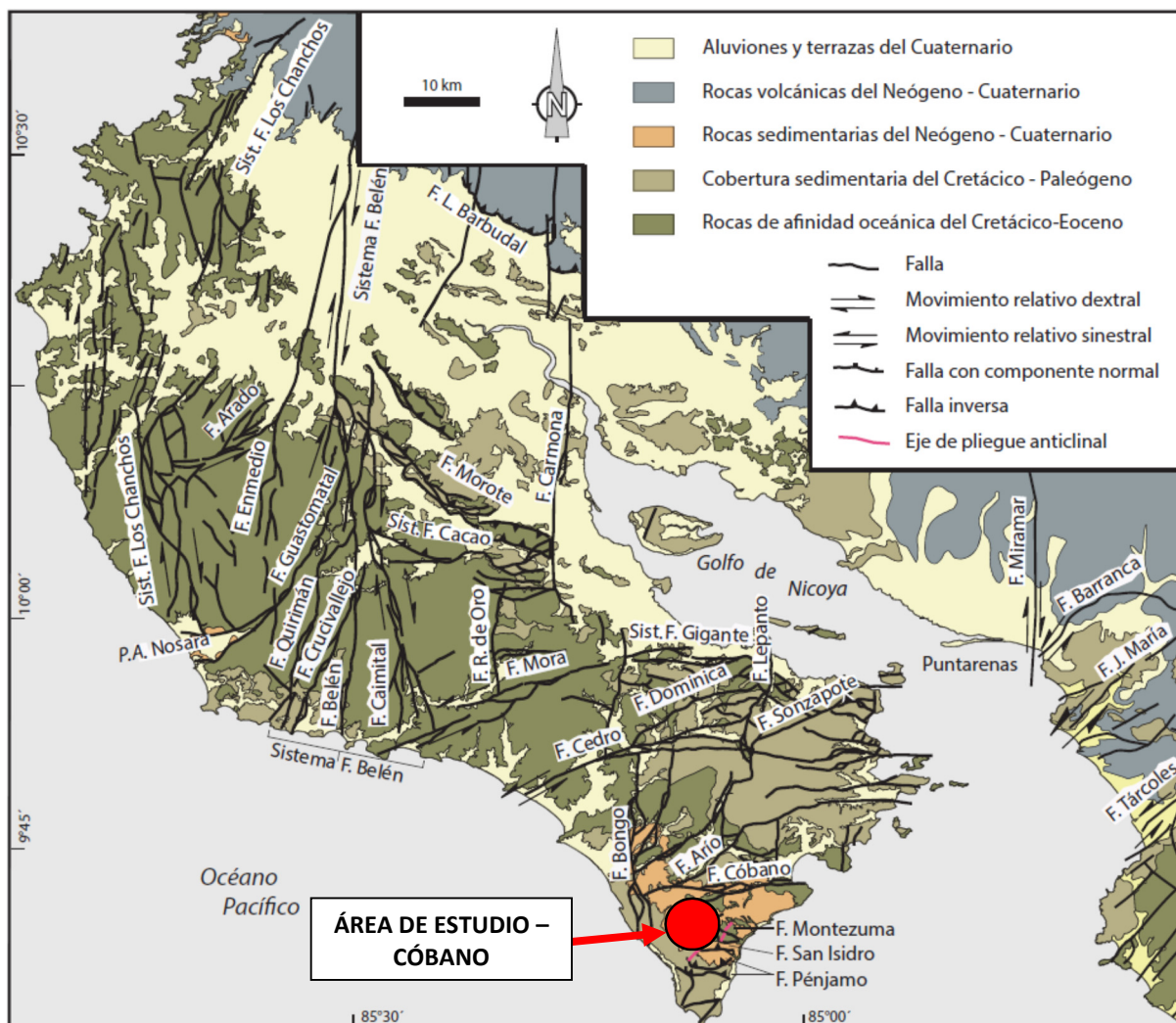


Figura 3. Mapa geológico y tectónico generalizado de la Península de Nicoya, que muestra el área de estudio (círculo rojo). Tomado de Denyer et al. (2014).

La geología del área periférica al pozo en Cóbano, muestra rocas sedimentarias del Neógeno – Cuaternario (Formaciones Montezuma y Cóbano), aluviones cuaternarios, así como rocas del basamento antiguo, esto es, basaltos del Complejo de Nicoya, y parches de rocas sedimentarias pelágicas, de la Formación Sabana Grande, del Cretácico Superior (Denyer et al., 2013). Parte del área, en la periferia del poblado de Cóbano, y hacia el norte (Figura 3), es el basamento rocoso ofiolítico regional, que incluye basaltos oceánicos de edad Jurásico-Cretácico.

El área ha sido levantada y peneplanizada, formando dos sistemas de terrazas recientes de edad cuaternario (edades de 1-2 ka y 4-6 ka), por levantamiento tectónico, y una erosión y sedimentación concomitantes, que ha pasado de marina somera a continental (de la Formación Montezuma a la Curú) y formado la superficie Cóbano, de techo entre los 160-200 m de altura, que es donde se asienta el pozo estudiado (Fotografía 1) (Denyer et al., 2014).

Esta área se encuentra al sur del sistema de falla neotectónica regional transcurrente Cóbano, con movimiento sinistral, aunque otros sistemas menores neotectónicos (fallas Montezuma, San Isidro y Pénjamo) hacen sobresalir y deforman el área hacia el sur, en la punta más meridional de la península (Figura 3; Montero & Denyer, 2011; Denyer et al., 2014).



Fotografía 1. Vista de la superficie de erosión Cóbano, en los alrededores del pozo en estudio.

2.2 GEOLOGÍA LOCAL

2.2.1 EL BASAMENTO ROCOSO: COMPLEJO DE NICOYA

El poblado de Cóbano y cerros periféricos al norte, este y al noreste (por ejemplo, la vecindad de Tambor), se asientan sobre rocas del Complejo de Nicoya (Figura 4), que son parte del basamento ofiolítico, los basaltos oceánicos de edad Jurásico-Cretácico, pero que en esta área corresponden con rocas de edad Cretácico Inferior, de 110 ± 10 Ma (Hauff et al., 2000), datadas en la cercanía de Playa Tambor. Estos basaltos son de colores verde oscuro, afaníticos, muy fracturados, con vetillas de calcita y ceolitas, y en algunos lugares, meteorizados. Estos basaltos aparecen a 31 m de profundidad en el Pozo RA-72, unos 500 m al NE del pozo en estudio (Figura 4).

2.2.2 COBERTURA SEDIMENTARIA: FORMACIÓN MONTEZUMA

Las rocas de la Formación Montezuma se encuentran aflorando en el extremo sureste de la Península de Nicoya. Son rocas de ambientes marinos someros que se continentalizan paulatinamente, y su edad es del Plioceno Medio a Pleistoceno Medio Cf. Denyer et al., 2014 y las referencias y discusión allí citadas).

En la periferia del sitio del pozo, aparecen aflorando en el río Negro, y son principalmente brechas azules, formadas por intraclastos decimétricos y centimétricos de lutitas y areniscas azules, en medio de una matriz verde-azulada areno-limosa (Fotografía 2). También aparecen lutitas y areniscas finas de color gris-azulado en el borde del camino que va de Cóbano a Montezuma, al sureste del sitio del pozo en estudio (Fotografía 2).

En los pozos adyacentes, se encuentra el RA-72 (500 m al NE del pozo en estudio), descrita como areniscas finas de color gris, entre 9 y 31 m de profundidad. En el RA-81 (1 km al sureste del pozo en estudio) aparecen descritas como areniscas densas entre 10 y 30 m de profundidad, y en el RA-78 (casi 2 km al noreste del pozo) como lutitas azuladas entre 4 y 20 m de profundidad. En el pozo en estudio (RA-115) aparece descrita como roca arenosa verde, erróneamente atribuida a la Formación Curú, con al menos 77 m de espesor. Denyer et al. (2014) discuten que los espesores máximos reportados son de 50 m (Aguilar & Fischer, 1986).

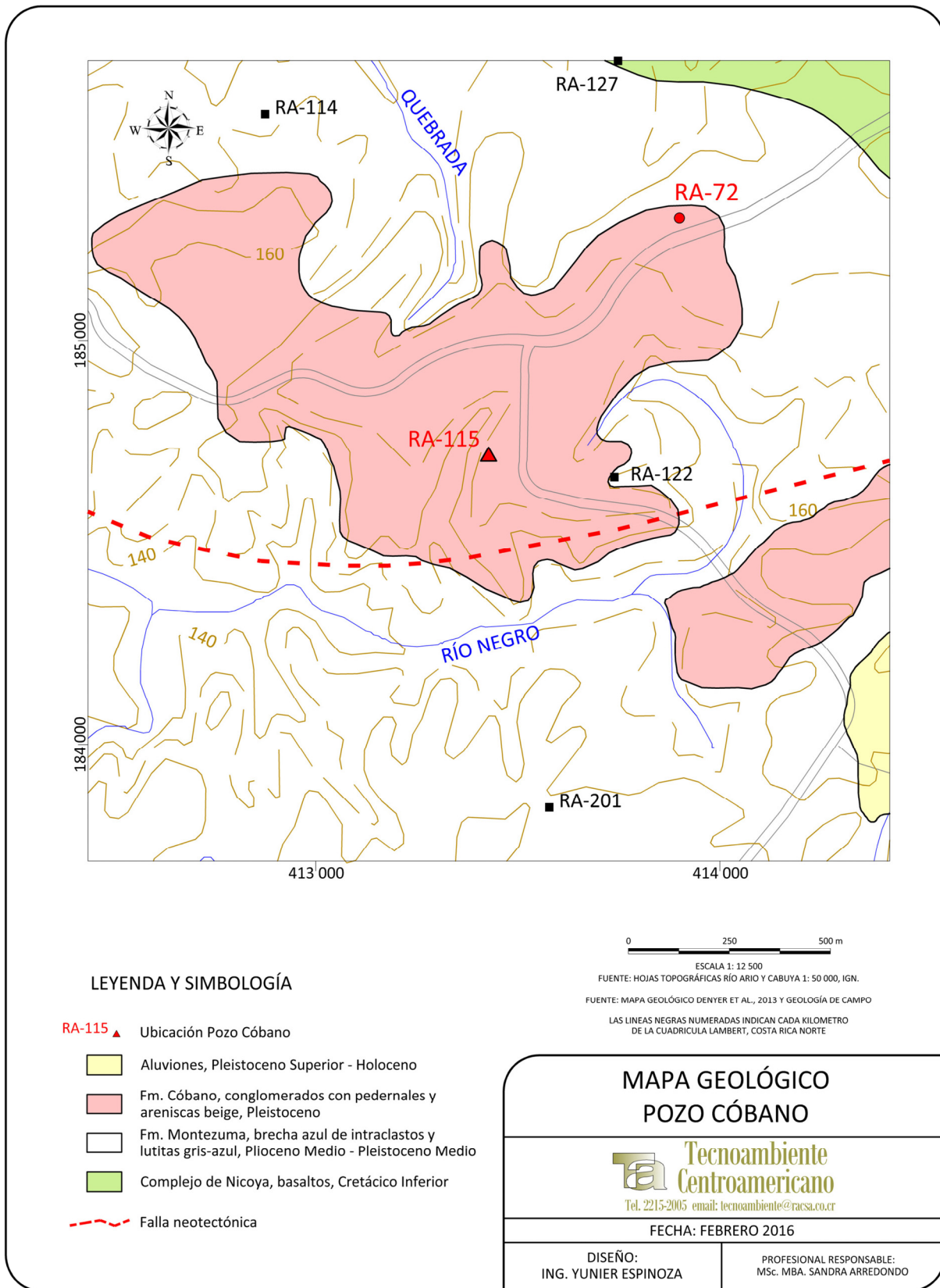


Figura 4. Mapa geológico local, Pozo Emilio Montoya, Cóbano. Parte de la hoja Río Arió.



Fotografía 2. Rocas de la Formación Montezuma, en los alrededores del pozo RA-115. Arriba izquierda, lutitas y areniscas grises aflorando en 413880 E – 184600 N. El resto de las fotografías son en el lecho del río Negro en 414028 E – 184477 N. Brechas de intraclastos azulados de areniscas y lutitas en medio de matriz verdosa areno-limosa.

2.2.3 COBERTURA SEDIMENTARIA: FORMACIÓN CÓBANO

Las rocas de la Formación Cóbano también se encuentran en el extremo meridional de la Península de Nicoya, y son básicamente rocas continentales que afloran en la periferia del poblado de Cóbano (Denyer et al., 2014), como una facies transicional de la Formación Montezuma, de edad Pleistoceno.

En la periferia del pozo RA-115 aparecen como brechas de pedernales amarillos, rojizos y verdosos y algunos fragmentos de basaltos (erosión probable de la Formación Sabana Grande y el Complejo de Nicoya, respectivamente), en medio de una matriz arcillo-arenosa de color rojizo (Fotografía 3).



Fotografía 3. Rocas de la Formación Cóbano. A y B, el aspecto de areniscas rojizas, con clastos y paquetes de brechas de jaspes y basaltos, en el camino a Río Negro (414,3 E – 185,0 N). C y D, detalle de los clastos de jaspes incluidos en las brechas, adyacentes al pozo en estudio.

En el pozo RA-115, la Formación Cóbano tiene un espesor de solo 3 m, descrita como arcilla roja plástica, y que contiene fragmentos de jaspes, como se ve en la Fotografía 3. En el RA-72 tiene 9 m, descrita como material arcilloso café rojizo; en el RA-81 tiene 10 m, descritas como lutitas café claro y fragmentos de gravas y rocas volcánicas, y en el RA-78, 4 m de arcilla plástica amarilla. Por su anatomía continental, los espesores son variables, y la columna descrita por Denyer et al. (2014) tiene solo 4,8 m de espesor. Como se ve, alcanza hasta unos 10 m y podría tener hasta 15 m de espesor.

2.2.4 SEDIMENTOS DE ORIGEN FLUVIAL, RÍO MONTEZUMA

El río Montezuma fluye de manera diversa, debido a los controles estructurales, y forma aluviones que se ven en el área de estudio en el sector sureste. Son de gravas medias a gruesas, con matriz abundante y espesores de apenas unos m máximos.

2.2.5 ASPECTOS ESTRUCTURALES

La falla Cóbano, de movimiento sinistral, corta el área al norte, fuera del sector mapeado, mientras una falla de orientación aproximada este-oeste corta la periferia norte del río Negro, alineando este río, al sur del pozo RA-115 (Figura 3 y Figura 4). Corta a las rocas de las formaciones Montezuma y Cóbano, por lo que es evidente su carácter neotectónico (Denyer et al., 2014).

2.3 ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

El pozo en estudio es:

Nombre de la fuente	Nombre de fuente en AyA	Tipo de fuente	Este (m)	Norte (m)	Altura de cada fuente en (msnm)	Caudal (l/s)
RA-115	EMILIO MONTOYA	Pozo	413428	184713	169,80	3,4

Se puede observar el estado actual del pozo en la Fotografía 4 y Fotografía 5, donde el mismo no cuenta con pedestal de concreto o algún sistema de protección, la boca del tubo tiene un diámetro de 4", el armado del pozo RA-115 se puede observar en el Anexo N° 1.



Fotografía 4. Pozo RA-115 (Emilio Montoya) 413428 E – 184713 N.



Fotografía 5. Pozo RA-115 (Emilio Montoya) 413428 E – 184713 N.

3 HIDROGEOLOGÍA

3.1 POZO EN CÓBANO

Con base en el análisis de la información geológica disponible y de campo, y la 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 pozos en el Archivo Nacional de Pozos del SENARA y Concesiones de Agua en la Dirección de Aguas del MINAE, se ha realizado una búsqueda de pozos y concesiones de agua con 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 recabada en campo.

El acuífero identificado en la zona es de origen sedimentario, se alberga en los depósitos de la Formación Montezuma compuestos por rocas de origen marino y arenicas que presentan buena permeabilidad.

En el Cuadro N° 2 (Anexo N° 1, se presentan los reportes de los Pozos de SENARA) y Figura 5 se presentan los pozos de la zona que tienen información útil para el análisis.

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

POZO	ESTE (m)	NORTE (m)	PROPIETARIO	PROF (m)	NF (m)	Q (l/s)	USO	LITOLÓGÍA
RA-72	413900	185303	ARNOLDO ROJAS VARGAS	44	13	1.50	DOMEST-RIEGO	0,00-9,00 material arcilloso color café rojizo y baja permeabilidad / 9,00-31,00 areniscas hasta 18 metros parcialmente alteradas en adelante mas sanas de 18 a 31el grano es fino color gris / 31,00-44,00 basaltos toleiticos rocas ultrabasicas del denominado complejo nicoya y muy duras
RA-81	414700	183900	COMUNIDAD	31	6	6.00	ABAST. PUBLICO	0,00-1,00 suelo arcilloso / 1,00-4,00 lutitas café claro / 4,00-6,00 lutitas / 6,00-8,00 gravas fragmentadas / 8,00-10,00 aparentes lavas / 10,00-30,00 areniscas densas color café / 30,00-31,00 limo arcilloso plastico / 31,00

RA-78	414800	186050	ALDO LENIN LOPEZ MEDINA	20	3	1.20	DOMESTICO	0,00-4,00 arcilla plastica coloracion amarilla / 4,00-20,00 lutita de coloracion azulado / 20,00
RA-115	413428	184713	EMILIO MONTROYA	80	29	3.50	DOMESTICO Y RIEGO	0-3 arcilla roja plastica / 3-80 roca cremosa verde
RA-35	411650	185300	PROYECTO DRIP	60	29	0.17	DOMESTICO	0-7 arcilla, rojiza, limosa en los primeros 2 metros, con poca arenas / 7-12 limo, marrón, un poco arenoso con ausencia casi total de fragmentos incluidos / 12-34 limo con grava, color gris / 34- 37m: Arcilla gris oscuro que engloba gran cantidad de conchas y fósiles marinos. Aparenta baja permeabilidad y pareciera ser el sello que sostiene el nivel de agua que varió de 1Ø a 28m. / 37-58m: Arcilla limosa con algún contenido de grava y arena redonda, buen contenido de fósiles animales (conchas, caracoles) y madera alrededor de 52m. Entre 5Ø y 58m. La arena es fina. / 58-6Ø m: Limo con ausencia casi total de restos orgánicos y con algo de grava. Aparenta baja permeabilidad.
CY-50	414546	182992	BLANCA NIEVES PORRAS CHACON	45	7.0	0.40	DOMESTICO- RIEGO	0.00-1.00m: Materiales arcillosos. / 1.00-60.00m: Rocas sedimentarias intercalación de areniscas y lutitas.

CY-138	414127	182878	PAMELA SUE WAGENER	76	15	0.50	DOMESTICO	0.00-15.00m: Arenisca de grano fino color café claro parcialmente alterada con alto contenido de fósiles y baja a moderada permeabilidad y porosidad aparente. / 15.00-76.00m: Arenisca de grano fino y color verde grisáceo, hasta los 49m de profundidad se encuentra alterada (arcillosa), suave, con abundantes fósiles y baja a moderada permeabilidad aparente.
--------	--------	--------	--------------------	----	----	------	-----------	---

N/D: No hay dato.

En el Cuadro N° 3 y Figura 5 se presentan los pozos cercanos no utilizados para el análisis.

Cuadro N° 3. Pozos cercanos no utilizados

POZO	ESTE (m)	NORTE (m)	PROPIETARIO	PROF (m)	Q (l/s)	USO
RA-59	411500	184500	AYA COMUNIDAD	50	N/D	ABAST. PUBLICO
RA-68	415000	186000	N/D	N/D	3.7	DOMESTICO
CY-69	413249	182760	OMAR ROJAS ROJAS	50	0.85	DOMEST-RIEGO
CY-202	414828	182935	GRUPO SPQR SOCIEDAD ANÓNIMA	N/D	0.3	DOMÚSTICO
CY-93	414700	183000	PARADISO MANDOLAY S.A	100	1	DOMEST-RIEGO
RA-201	413578	183844	SENARA	N/D	0	SELECCIONE EL USO
RA-122	413739	184662	ESTRELLA JIMENEZ SANCHEZ	60	1	DOMEST-RIEGO
RA-114	412875	185560	JAVIER SOLERA HERRERA	100	1	DOMEST-RIEGO
RA-127	413748	185692	HARRY ALBERTO CASTRO JIMENEZ	40	1	DOMEST-RIEGO
RA-89	415081	185911	ROCA ROA S.A.	24	0.4	DOMEST-RIEGO
RA-68	415000	186000	NO INDICA	0	3.7	DOMESTICO
RA-163	415100	186100	CUARTEL LLANOS DEL VALLE S.A.	60	1	VARIOS

N/D: No hay dato.

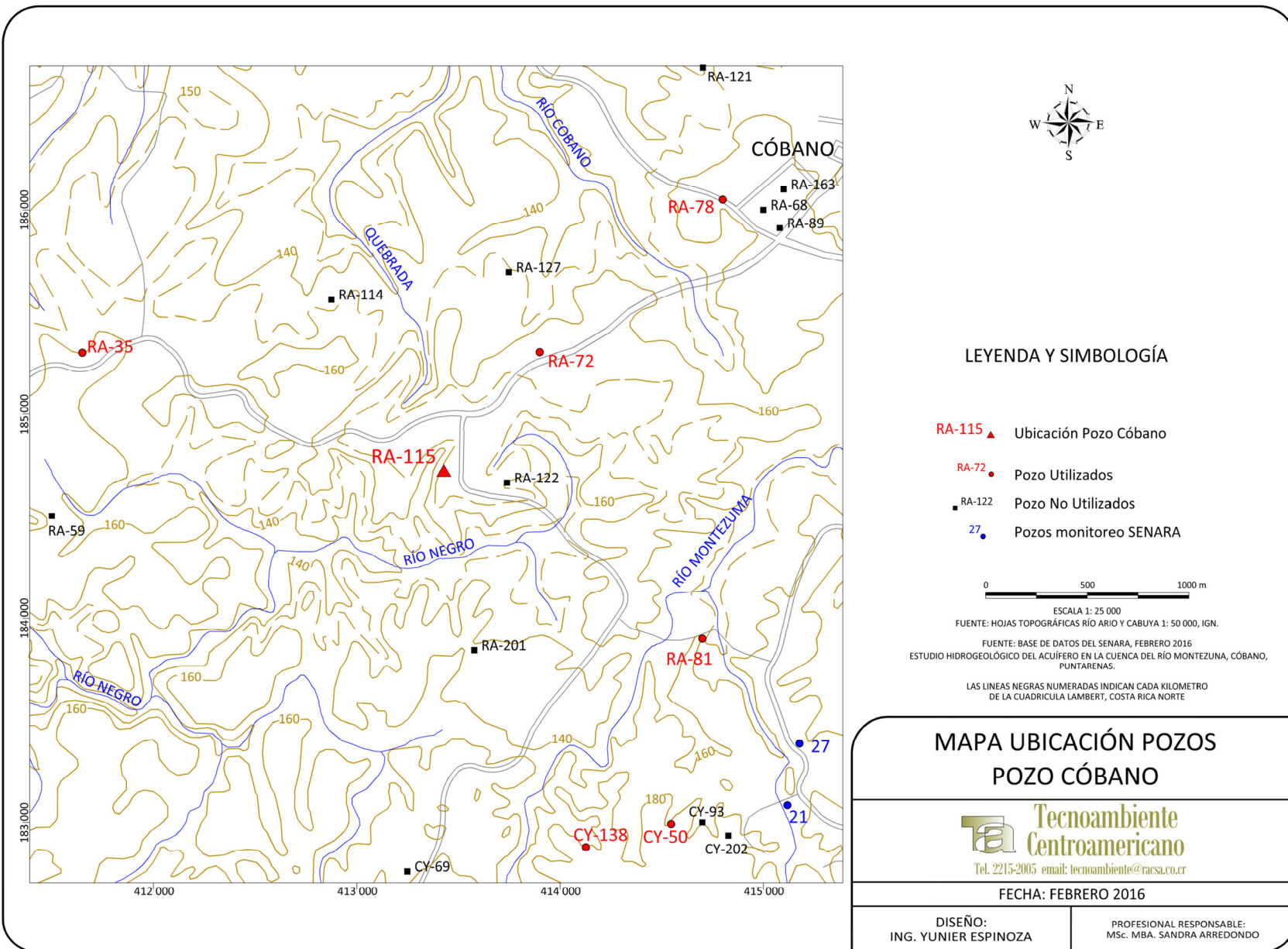


Figura 5. Mapa de Ubicación de Pozos registrados en la Dirección de Aguas y SENARA (Cóbano).

En el Cuadro N° 4, se presenta la lista de concesiones registradas en la Dirección de Aguas del MINAE para la zona de Cóbano.

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° 4. Lista de concesiones registradas en la Dirección de Aguas del MINAE, sector de Cóbano.

Exped.	Este (m)	Norte (m)	Estado	Nombre y Apellido	Fuente	Caudal (l/s)
602-R	411500	184500	OTORGADO	AyA	937-ACUIFERO	0
16949-P	413155	186092	SOLICITUD NUEVA	OTONIEL CHACON MORA	1-ACUIFERO ARTESANAL	0
16662-P	413241	185734	SOLICITUD NUEVA	MAYRA DE LA TRINDAD LOPEZ BUSTOS	1-ACUIFERO	0
16913-P	413525	184700	SOLICITUD NUEVA	LUIS EMILIO MONTOYA CRUZ	1-ACUIFERO	0
14215-A	413543	183482	CANCELADO POR MOROSIDAD	INVERSIONES MONTOYA CRUZ, S.A	3-QUEBRADA SIN NOMBRE	1.05
15970-P	413578	183844	SOLICITUD NUEVA	SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRANEAS, RIEGO Y AVENIMIENTO	14-ACUIFERO	0
14215-A	413721	183868	CANCELADO POR MOROSIDAD	INVERSIONES MONTOYA CRUZ, S.A	2-QUEBRADA SIN NOMBRE	0.02
15436-P	413900	185303	OTORGADO	CARTER CONSTRUCCIONES S.A.	1-ACUIFERO	0.05
13858-P	413904	184529	INSCRITO	RAFAEL ANGEL SOLANO CHAVARRIA	1-ACUIFERO	0.05
13051-A	413913	182708	OTORGADO	MARIA CECILIA PORRAS CHACON	1-NACIMIENTO SIN NOMBRE	0.06
14215-A	414052	183908	CANCELADO POR MOROSIDAD	INVERSIONES MONTOYA CRUZ, S.A	1-QUEBRADA NOMBRE	1
14952-P	414099	184314	INSCRITO-ARTESANAL	ABRAN WINDOWS OF THE EAST,S.A	1-ACUIFERO	0.07
14807-P	414828	182935	OTORGADO	GRUPO SPQR S.A	1-ACUIFERO	0.05

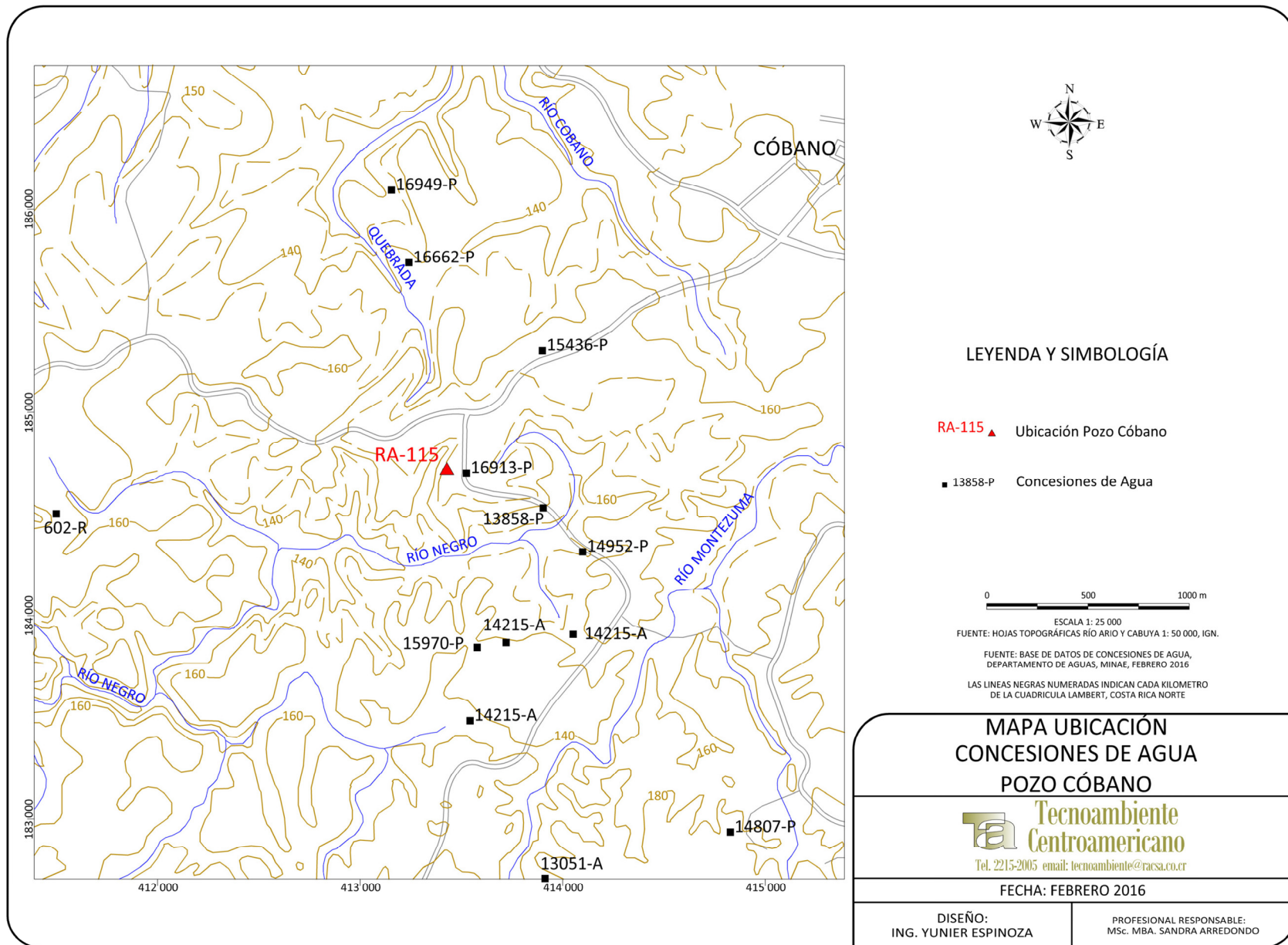


Figura 6. Mapa de Ubicación de concesiones de agua registrados en la Dirección de Aguas (Cóbano).

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

- a. Es un acuífero libre sedimentario.
- b. Se albergan en los depósitos de la Formación Montezuma de la zona.

A partir de estos criterios, las curvas isofreáticas fueron delimitadas tomando en cuenta todos los criterios técnicos indicados anteriormente y además las alturas de los niveles de cada pozo utilizado, con el fin de contar con la mayor cantidad de puntos de nivel de agua subterránea y considerando la topografía actual (Figura 7 y Figura 8).

Con base en ello, se elaboró el perfil hidrogeológico de la Figura 9.

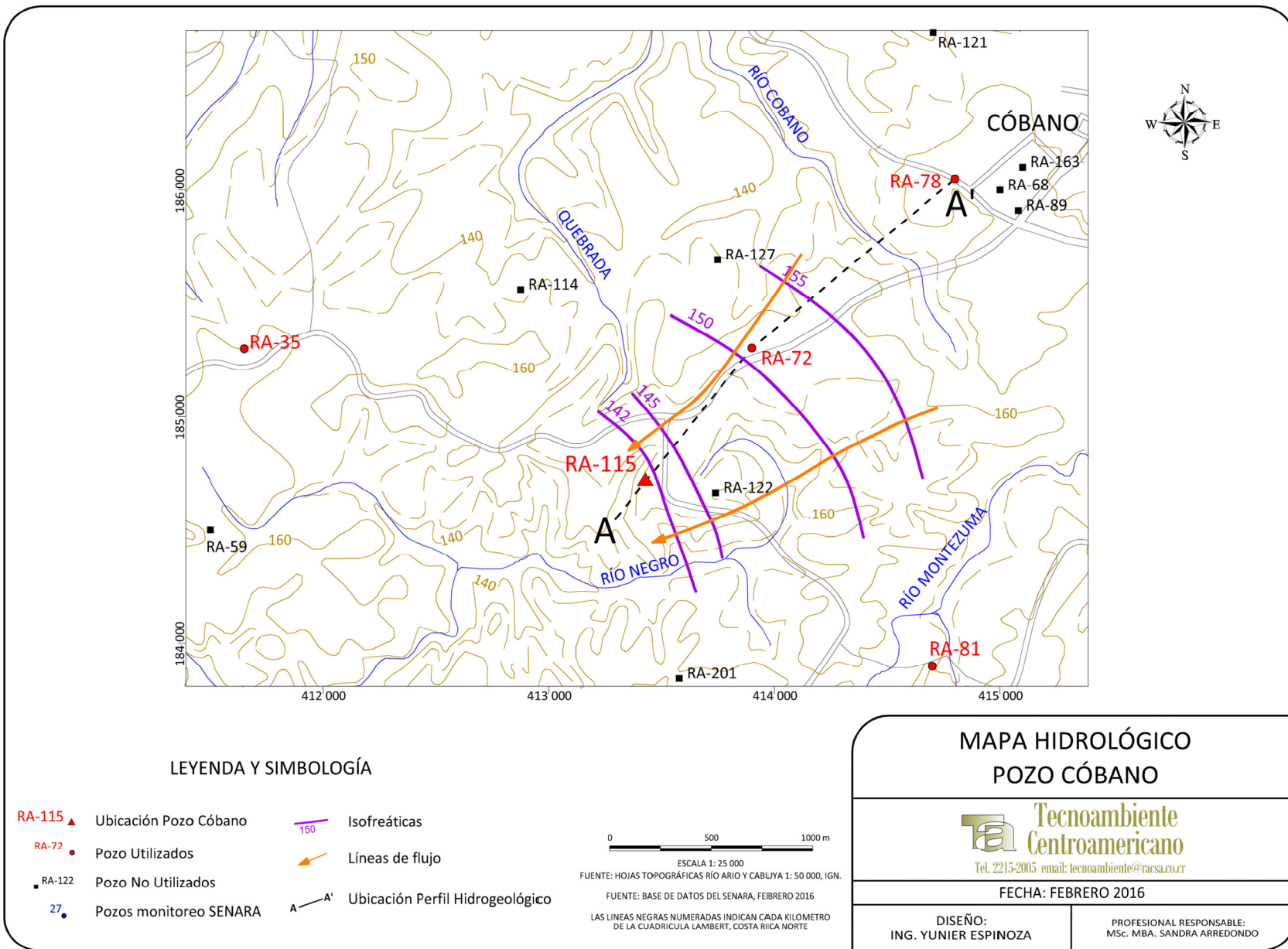


Figura 7. Mapa hidrológico.

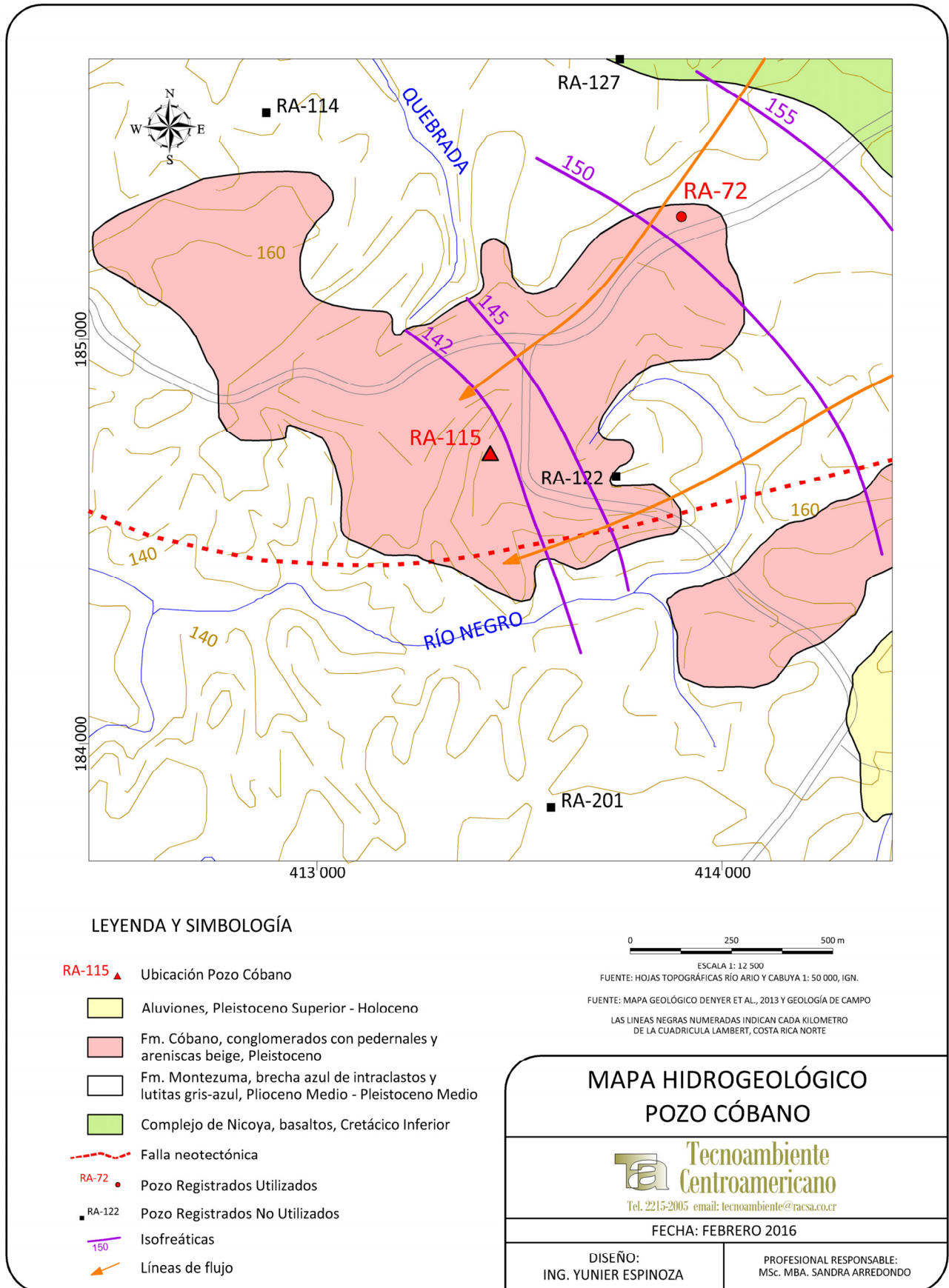


Figura 8. Mapa de Hidrogeológico (Cóbano).

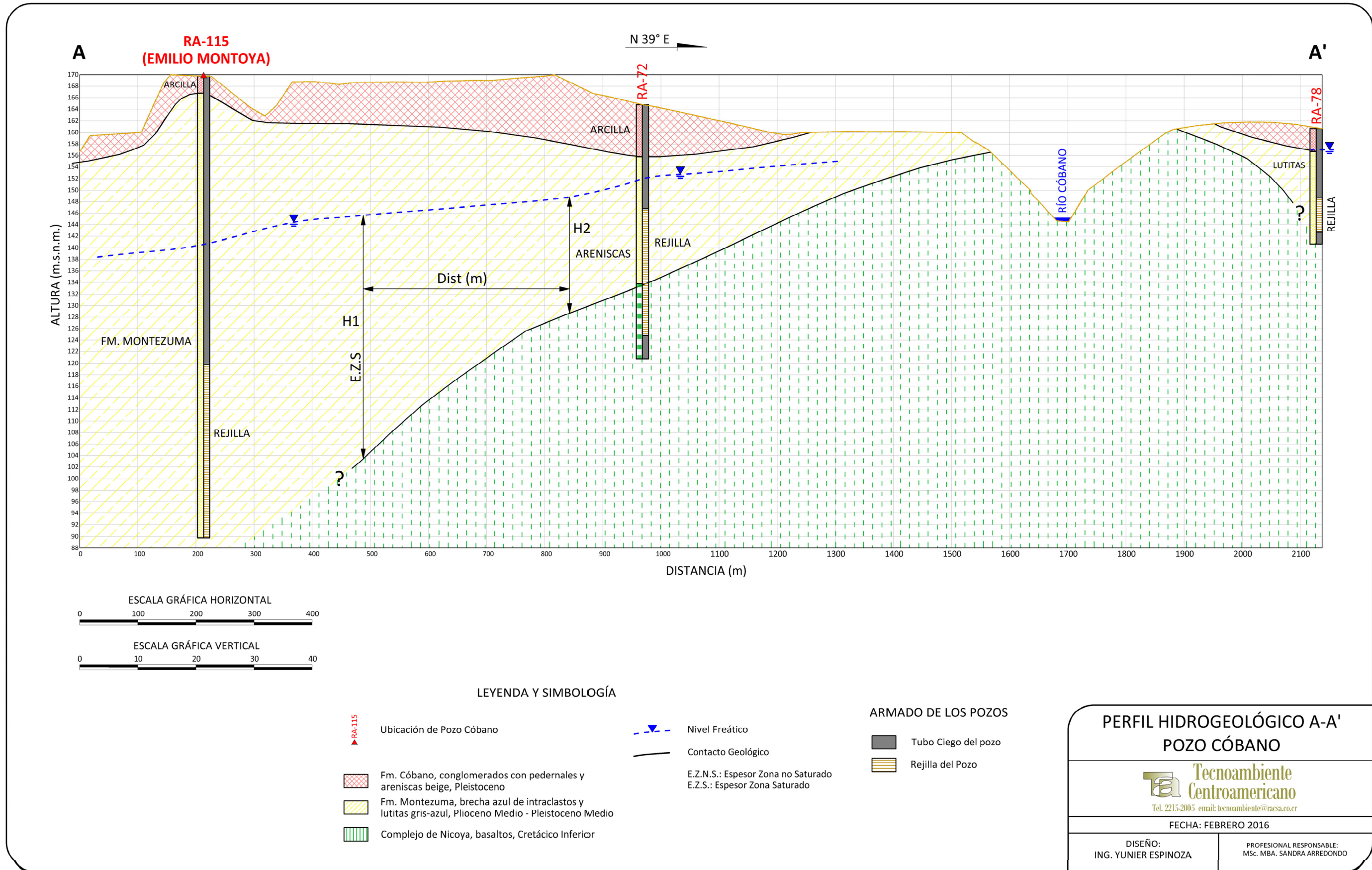





Figura 9. Perfil hidrogeológico A-A'.

4 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS SUELOS

4.1 POZO RA-115 (EMILIO MONTOYA)

Los resultados obtenidos de porosidad y permeabilidad en el campo para el Pozo, se presentan en el Cuadro N° 5 (Anexos N° 2 y Anexo N° 3). Las ubicaciones de las pruebas de permeabilidad coinciden con los puntos de muestreo se presentan la Figura 10.

Cuadro N° 5. Resultados de porosidad y permeabilidad.

PUNTO	MUESTRA	POROSIDAD (%)	PERMEABILIDAD (m/d)	ESTE (m)	NORTE (m)	FOTO
POZO RA-115 POZO EMILIO MONTOYA	CÓBANO-P1	48,80	0,2669	413430	184712	
	CÓBANO -P2	48,34	0,03969	413481	184661	
	CÓBANO -P3	47,83	0,08256	413538	184745	

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

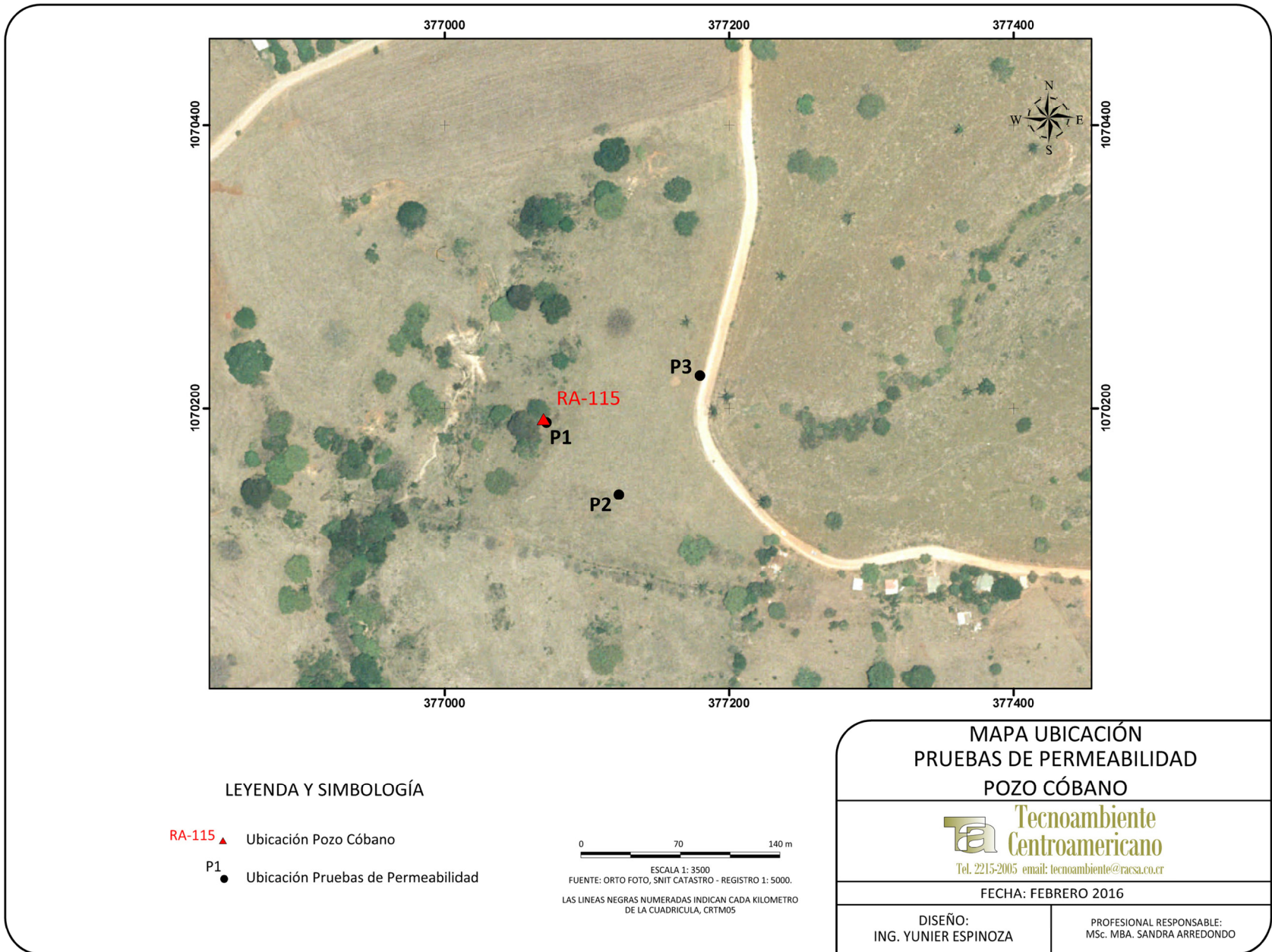


Figura 10. Ubicación Pruebas de Permeabilidad Cóbano.

5 MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

En la zona donde se ubica el pozo, se identifica un acuífero albergado en depósitos sedimentarios subyacen un basamento de basaltos.

La gradiente hidráulica del acuífero sedimentario presenta una dirección de sur-este a nor-oeste con una gradiente de 0,014, misma que fue calculada a partir del nivel freático presente en el pozo RA-115 hasta la isofreática 150 m.s.n.m. y con una distancia horizontal entre ellas de 633,606 m, sobre una línea perpendicular a las isofreáticas (Figura 7, Figura 8 y Figura 9).

Los caudales que puede rendir el acuífero se pueden clasificar de medio a bajo rendimiento ya que el pozo analizado registra hasta 4,3 L/s según prueba de bombeo realizada para el pozo de interés, y la transmisividad obtenida por medio de la prueba de bombeo ejecutada por AyA regional de Cóbano el 25 de Agosto del 2015 y analizada por Tecnoambiente Centroamericano S.A. es 107,52 m²/d (Anexo N° 4).

Los caudales se tomaron a partir de información aportada por AyA oficina en Cóbano (Anexo N° 1 y Anexo N° 4) y se presentan en el Cuadro N° 6.

Cuadro N° 6. Caudales registrados por AyA

Pozo	Caudal (l/s)
RA-115 (EMILIO MONTOYA)	3,4

En el Cuadro N° 7 se presentan los parámetros hidráulicos obtenidos y calculados para el acuífero sedimentario presente en el sector de Cóbano.

Cuadro N° 7. Parámetros hidráulicos del acuífero en el sector de Cóbano, obtenidos a partir de literatura internacional y valores en acuíferos similares en investigaciones hidrogeológicas del país.

Pozo N°	Porosidad del acuífero sedimentario (tomado de Custodio & Llamas, 1984) (%)	Transmisividad (m²/d)	Espesor saturado promedio (m) **	Permeabilidad (m/día) ***
RA-115 EMILIO MONTOYA	25	107,52*	51,29	2,096

Nota:

* Tomado de Prueba de Bombeo Pozo RA-115, 25 Agosto 2015, analizada por Tecnoambiente Centroamericano S.A.

** Tomado de la descripción del pozo perforado RA-115 y el perfil hidrogeológico.

*** 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° 8, se resumen los datos hidráulicos para el cálculo de L para el pozo RA-115 en Cóbano, Puntarenas:

Cuadro N° 8. Resumen de los datos hidráulicos para el cálculo de L

Pozo N°	Transmisividad (m ² /d)	Gradiente (adimensional)	Caudal (L/s)	Caudal (m/día)	L (ancho del tubo de flujo) (m)
RA-115 EMILIO MONTOYA	107,52	0,014	3,4	293,76	195,153

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.
- θ : 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.

En el Cuadro N° 9 y Cuadro N° 10 se determinan los tiempos de transito vertical para cada una de las zona no saturadas, se calculó el tiempo de transito del suelo arcilloso y de la Formación Montezuma presente en el pozo RA-115.

Entonces se tiene que:

Cuadro N° 9. Resultados Tiempos de Tránsito vertical zona no saturada en suelo limoso

Pozo N°	Espesor ZNS Suelo-Arcilloso (b) tomado del informe del pozo (m)	Θ INTA (Fracción de %)	K Promedios de las pruebas de Porchet (m/d)	t (tiempo de tránsito vertical) días
RA-115 EMILIO MONTOYA	3,00	48,32	0,1297	11,175

Cuadro N° 10. Resultados Tiempos de Tránsito vertical zona no saturada en Acuífero Sedimentario

Pozo N°	Espesor ZNS Fm. Montezuma (b) (m)	Θ Tomado de Custodio & Llamas, 1984. (Fracción de %)	K del acuífero sedimentario Tomado del Cuadro N° 7 (m/d)	t (tiempo de tránsito vertical) días
RA-115 EMILIO MONTOYA	25,71	25	2,0963	3,066

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 degradación de las bacterias patógenas, entonces por ese motivo, se calculará el tiempo de tránsito en la zona saturada (ZS) para eliminar las bacterias y conocer la zona de protección absoluta del pozo, tomando en cuenta la diferencia entre 70 días menos los días obtenidos en la zona no saturada para cada una, situación que se presenta en el Cuadro N° 11.

Cuadro N° 11. 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)
RA-115 EMILIO MONTOYA	14,241	55,759

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" :

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

Donde:

Cuadro N° 12. Distancia Zona de Protección Inmediata.

Pozo N°	Tiempo faltante para calcular en la ZS (días)	Ø Acuífero (Custodio & Llamas, 1984) (Fracción de %)	K Permeabilidad del acuífero sedimentario promedio (tomado a partir del Cuadro N° 7) (m/d)	Gradiente del acuífero para el pozo (adimensional)	Distancia de la zona de protección inmediata (m)
RA-115 EMILIO MONTOYA	55,146	25	2,0963	0,014	6,546

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:

$$r = (Qt/\pi*n*b)^{0,5} \text{ (fórmula F-1)}$$

En este caso se calcula con la fórmula dada considerando:

- Q = caudal de cada pozo en m³/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.

$$r = (Qt/\pi*n*b)^{0,5} \text{ (fórmula F-1)}$$

Cuadro N° 13. Resumen de datos y resultados Método Radio Fijo

Pozo N°	Caudal (m ³ /d)	Porosidad del acuífero (n) (%)	Tiempo (días)	b Espesor saturado del acuífero para el pozo (m)	Radio fijo (m)
RA-115 EMILIO MONTOYA	293,76	25	55,146	51,29	20,165

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° 14. Resultados por medio del Método Grubb.

Pozo N°	Caudal del pozo (m ³ /d)	L Longitud entre dos puntos de observación del NF (m)	K Conductividad hidráulica del acuífero (m/d)	h1	h2	h1 ² -h2 ²	Y/2 (max) M	Y total (max) M
RA-115 EMILIO MONTOYA	293,76	355,00	2,096	42,184	20,149	1373,507	36,219	72,437

En el Cuadro N° 15 y en la Figura 12, se presenta el resumen de las zonas de protección obtenidos por diferentes métodos:

Cuadro N° 15. Zonas de protección absoluta por diferentes métodos.

MÉTODO	RA-115
Tiempo de tránsito de degradación de bacterias	6,546
Radio fijo con tiempos de tránsito	20,165

El ancho de la zona de captura definido por el método de Grubb, para el pozo es de:

Cuadro N° 16. Zona de Captura Método de Grubb

Pozo N°	L (método Grubb) (m)
RA-115 EMILIO MONTOYA	72,437

El ancho de la zona de captura definido por el método de Darcy, para el pozo es de:

Cuadro N° 17. Ancho de Captura Método de Darcy

Pozo N°	L (ancho del tubo de flujo) (m)
RA-115 EMILIO MONTOYA	195,153

Con base en el análisis realizado a partir de los valores hidráulicos y trabajo de campo realizado, se considera que el método de Radio Fijo y con el método de Darcy, para el RA-115 (Emilio Montoya) se ha definido un ancho de la zona de captura o tubo de flujo es 195,153 m y la zona de protección inmediata de 20,165 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.

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 PUNTO DE NO RETORNO

El puntos de no retorno para la 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 RA-115 (EMILIO MONTOYA)

$$X_0 = 293,76 / (2\pi * 107,52 * 0,014)$$

$$(\text{Punto de no retorno}) = 31,060 \text{ m}$$

Con base en los resultados obtenidos para el cálculo del punto de no retorno, se observa que para el Pozo RA-115 (Emilio Montoya), es de 31,060 m, pero por criterio de experto se mantiene un valor de 15 m.

En la Figura 11 y Figura 12 se observan las zonas de protección determinadas para el pozo RA-115, tanto sobre hoja topográfica como en ortofoto.

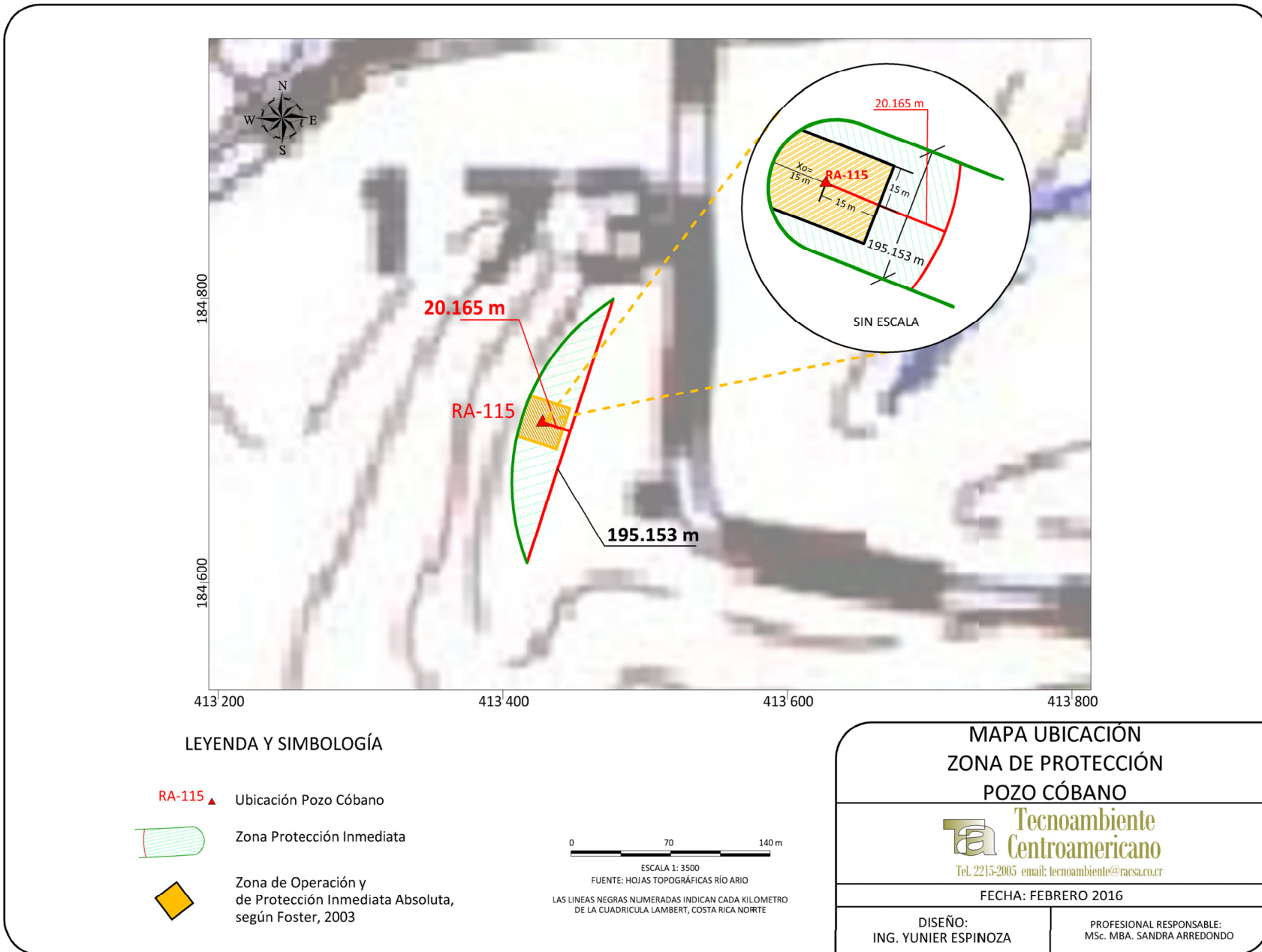


Figura 11. Ubicación Zonas de Protección Pozo RA-115 (Emilio Montoya), hoja topográfica.

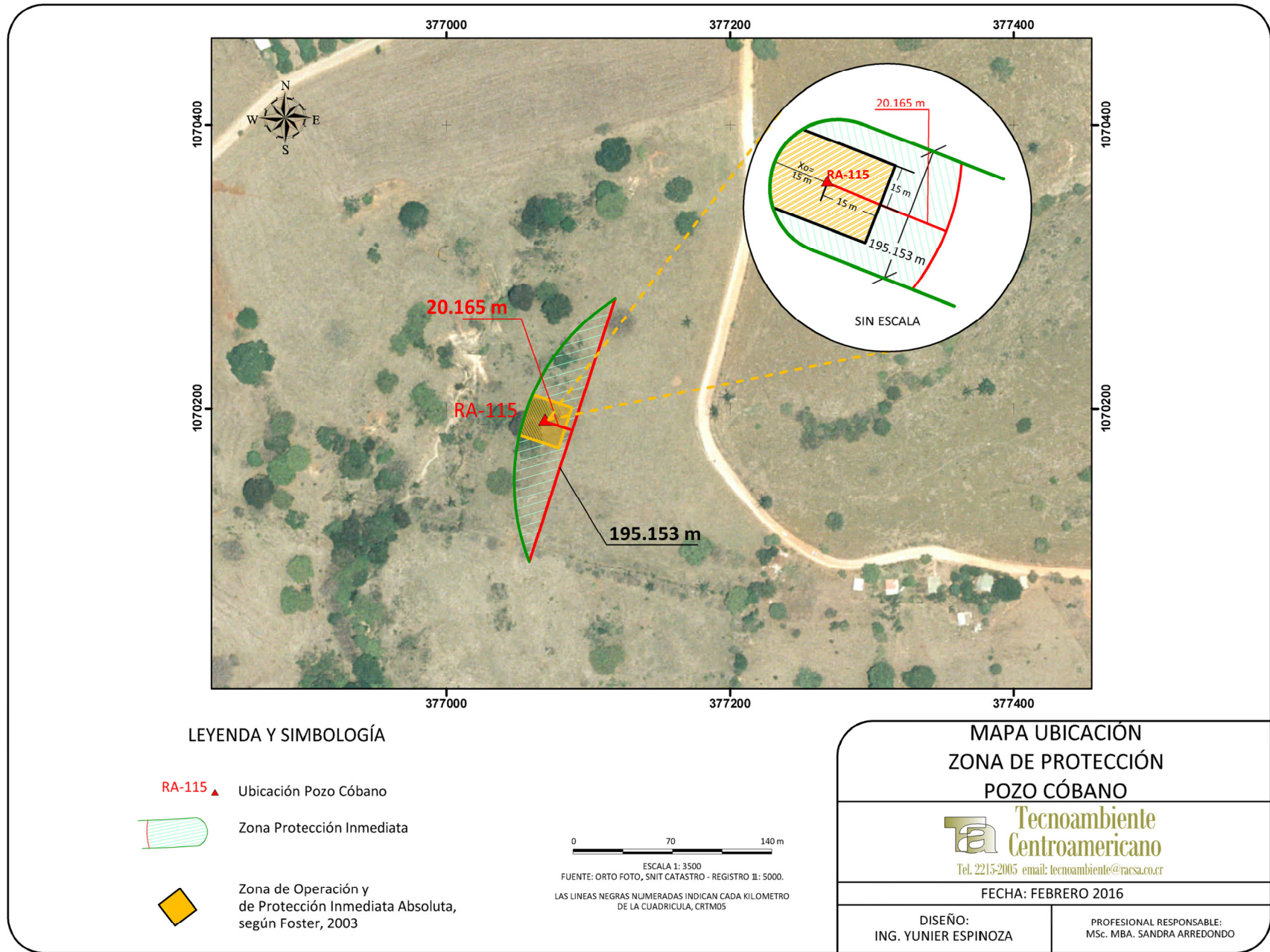


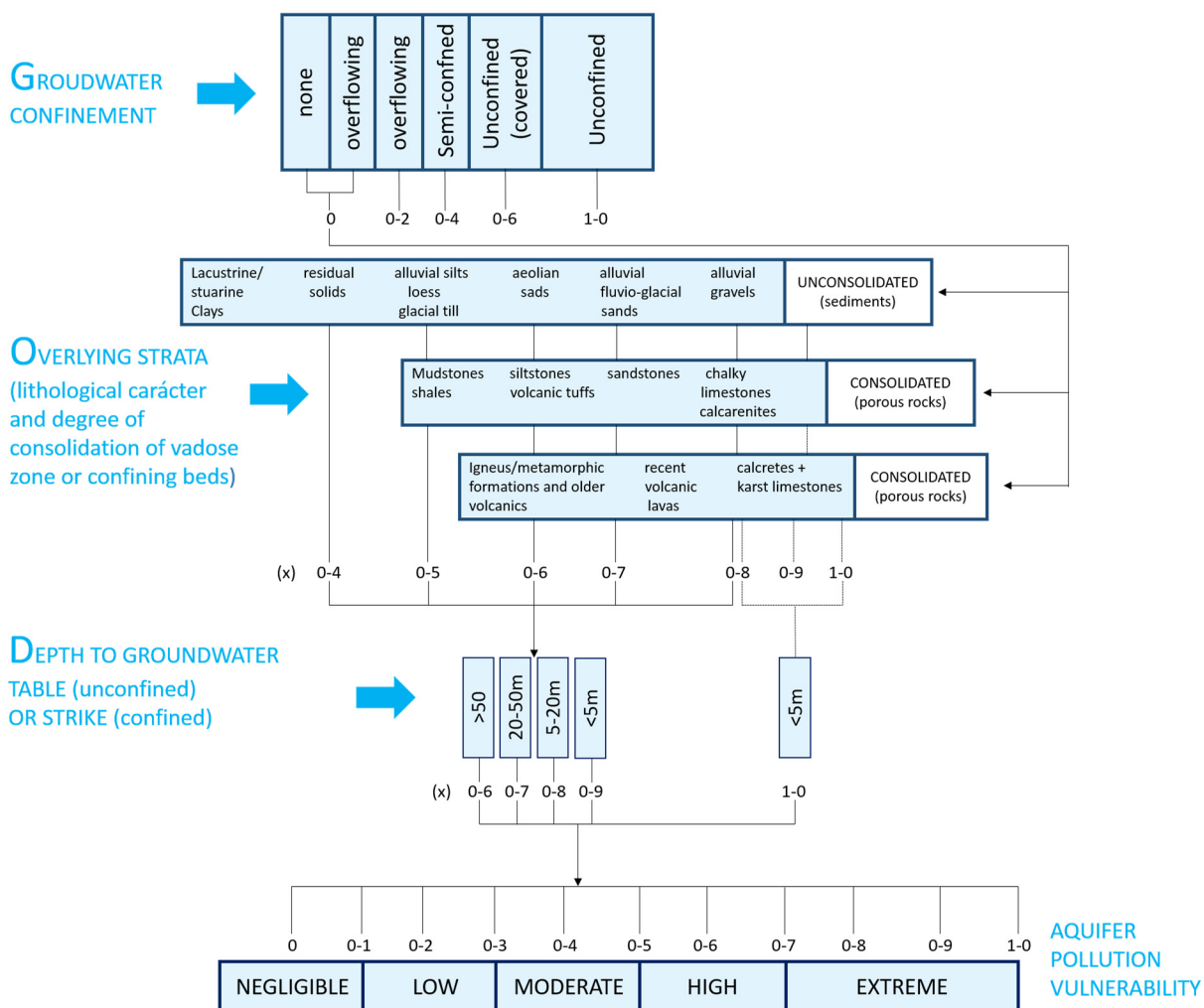
Figura 12. Ubicación Zonas de Protección Pozo RA-115 (Emilio Montoya), ortofoto.

7 CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS FUENTES

En el Anexo N° 5 se adjuntan los resultados físicos químicos y bacteriológicos que hay disponibles en el Laboratorio Nacional de Aguas del AYA, del reporte presentado se puede concluir, que la condición de calidad del agua en la actualidad es excelente al momento de la elaboración del presente estudio, no obstante es recomendable realizar muestreos para análisis por lo menos semestrales, tanto físico-químicos como bacteriológicos ya que en las ortofotos del pozo evaluada se observa una extensión del uso del suelo para agricultura y ganadería.

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 13).



Fuente: Foster, et al, 2002.

Figura 13. Diagrama determinación de vulnerabilidad acuífera

8.1 ACUÍFERO SEDIMENTARIO PARA EL POZO RA-115 (EMILIO MONTOYA)

Clasificación GOD	Descripción del factor	Valor asignado	Tipo de vulnerabilidad
Grado de confinamiento	No confinado cubierto	0,80	Moderada - Baja
Tipo de característica litológica de la zona vadosa	suelos residuales arcillosos	0,47	
Profundidad del nivel freático	29 m	0,78	
Evaluación de vulnerabilidad	0,293		

En la Figura 14, se presenta el mapa de vulnerabilidad acuífera para la zona de estudio.

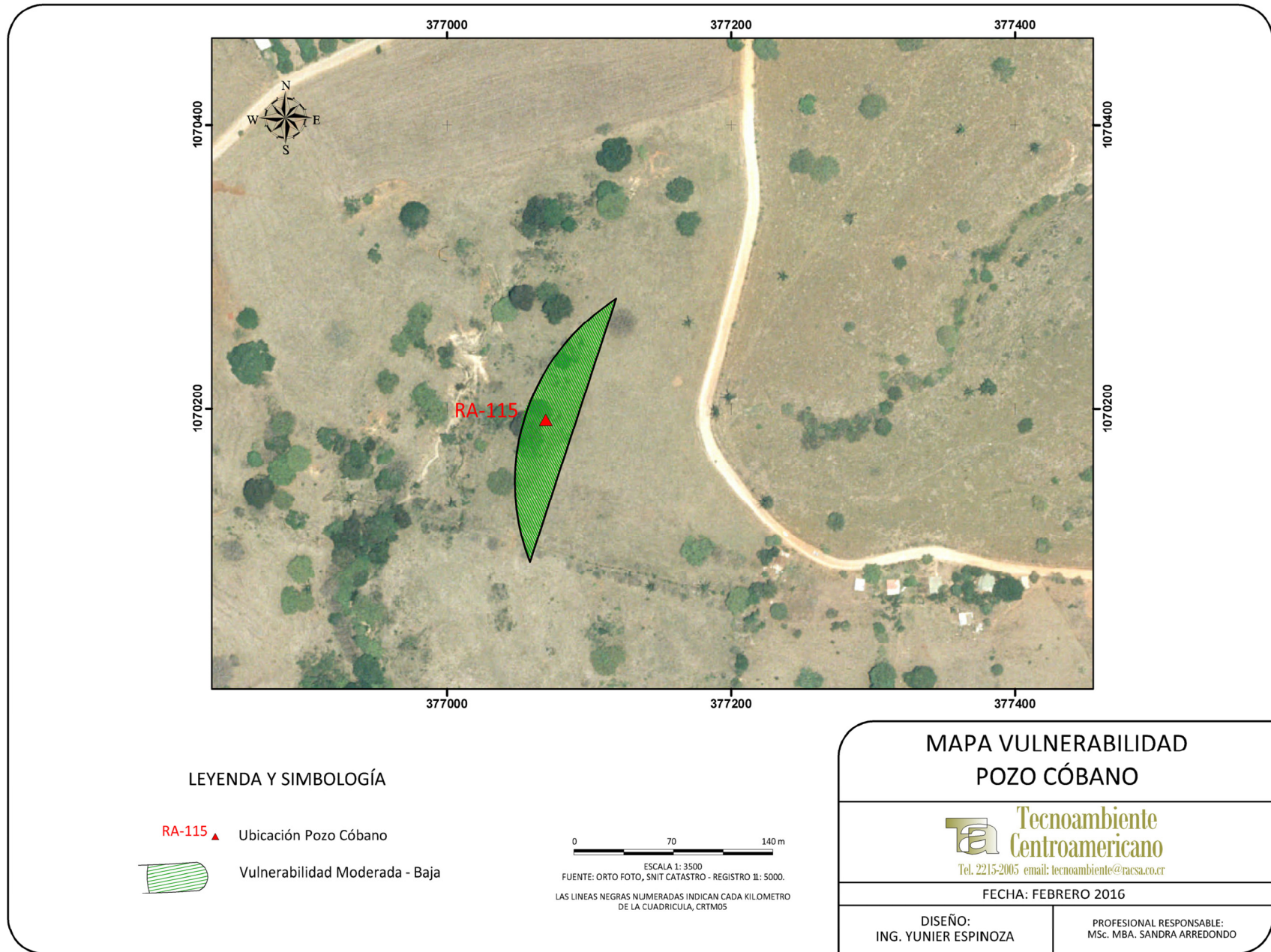


Figura 14. Mapa Vulnerabilidad Acuífera.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la zona de estudio se ha identificado un acuífero sedimentario que registra bajos rendimientos en pozos individuales, los valores obtenidos son del orden de los 3,4 L/s.

El basamento del acuífero está formado por depósitos de la Formación Monterverde que a su vez subyacen una cubierta de materiales de Basaltos del Complejo de Nicoya.

La gradiente del acuífero presenta una dirección de flujo de sureste-noroeste y con una gradiente hidráulica de 0,014.

Con base en el análisis realizado se determinó que el pozo RA-115 (Emilio Montoya), presenta un ancho de la zona de protección de 195,153 m por medio de Darcy, el límite de la zona es de 20,165 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 31,060 m, sin embargo por criterio de experto se mantiene un valor de 15 m. Adicionalmente, se delimitó una Zona Operacional y de Zona de Protección Absoluta de 15 m alrededor del pozo.

Con base en las condiciones intrínsecas del acuífero, la vulnerabilidad calculada es Moderada - Baja, obtenido a través del método GOD.

Los datos de calidad del agua registrados al momento del estudio, muestran una excelente calidad tanto físico química como bacteriológica, sin embargo se recomienda mantener muestreos de calidad del agua por lo menos semestrales para verificar que las condiciones no varíen en el tiempo.

En la zona operación y 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. Al momento de realizado el estudio, la calidad del agua desde el punto de vista químico del pozo cumple con el reglamento de agua potable vigente, bacteriológicamente el análisis no reporte la presencia de coliformes fecales, ni plaguicidas. Se recomienda realizar análisis de calidad de aguas por lo menos semestrales para monitorear el comportamiento a lo largo del año hidrológico y verificar si se mantiene su calidad en el tiempo.

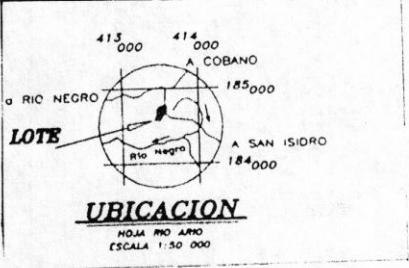
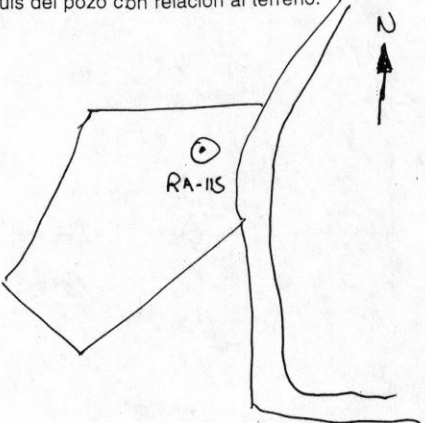
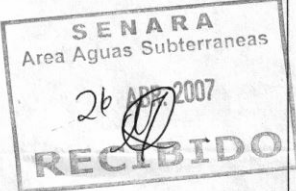

10 REFERENCIAS

- AGUILAR, T. & FISCHER, R., 1986: MOLUSCOS DE LA FORMACIÓN MONTEZUMA, PLIOCENO-PLEISTOCENO, COSTA RICA. – GEOLOGICA ET PALEOTOLOGICA, 20: 209-241.
- 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., 2013: MAPA GEOLÓGICO DE LA HOJA RÍO ARÍO. – 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, Febrero 2016, Base de datos de Concesiones y Pozos Registrados.
- Hauff, F., Hoernle, K., Bogaard, P., Alvarado, G.E. & Garbe-Schönberg, G., 2000: Age and geochemistry of basaltic complexes in western Costa Rica: Contributions to the geotectonic evolution of Central America. – *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 1 (5), doi: 10.1029/1999GC000020.
- 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, Febrero 2016, Base de datos de pozo.

ANEXO N° 1

POZOS

POZO RA-115 (POZO EMILIO MONTOYA)



<p>REPORTE DE PERFORACIÓN Página 1</p>		<p>Empresa perforadora: <i>Perforaciones Galbani SA.</i></p>															
Pozo Número: <i>RA-115</i>	Bitácora No. CGCR: <i>4082-07</i>	<p>UBICACION CARTOGRAFICA</p> 															
<p>Localidad: <i>Cobano Pintorenas</i></p>		<p>Hoja: <i>Dio Anis</i> No. <i>3145-I</i></p>															
<p>Croquis del pozo con relación al terreno:</p> 		<p>Escala: <i>1:50.000</i></p>															
<p>Propietario: <i>Luis E. Montoya Cruz</i></p>		<p>Latitud: <i>184.700</i> Longitud: <i>413.525</i></p>															
Uso que se dará al agua: <i>Domestico y riego</i>	Método de perforación: <i>Rotación con Aire</i>	Equipo de perforación: <i>IR-T4</i>															
Inicio de perforación: <i>25-10-06</i>	Final de perforación: <i>27-10-06</i>	Profundidad total: <i>80 m</i>															
<p>VARIACION DE NIVEL DE AGUA Y AVANCE DE LA PERFORACION:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Prof. (m)</th> <th>Nivel (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><i>15</i></td> <td><i>15</i></td> </tr> <tr> <td><i>80</i></td> <td><i>15</i></td> </tr> </tbody> </table>		Prof. (m)	Nivel (m)			<i>15</i>	<i>15</i>	<i>80</i>	<i>15</i>	<p>DESCRIPCION LITOLOGICA DETALLADA:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tramo (m)</th> <th>Descripción</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>0-3m</i></td> <td><i>arcillo rojo plástico</i></td> </tr> <tr> <td><i>3-80m</i></td> <td><i>roca arenosa verde Fm. Curú. areniscas Mastichense</i></td> </tr> </tbody> </table>		Tramo (m)	Descripción	<i>0-3m</i>	<i>arcillo rojo plástico</i>	<i>3-80m</i>	<i>roca arenosa verde Fm. Curú. areniscas Mastichense</i>
Prof. (m)	Nivel (m)																
<i>15</i>	<i>15</i>																
<i>80</i>	<i>15</i>																
Tramo (m)	Descripción																
<i>0-3m</i>	<i>arcillo rojo plástico</i>																
<i>3-80m</i>	<i>roca arenosa verde Fm. Curú. areniscas Mastichense</i>																
																	
<p>CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS ENCONTRADAS</p> <p><i>Acuífero en areniscas de la Fm. Curú</i></p> <p style="text-align: right;"><i>Per</i></p>																	

REPORTE FINAL DE PERFORACIÓN Página 2			POZO No. RA-115
PROFUNDIDAD (M)	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	DETALLES CONSTRUCTIVOS	OTROS DETALLES
10	Arcilla roja 	Sello cemento 210 N.E. 15m Sin grava	SELLO SANITARIO Tipo: cemento 210 Prof: 6 m m
20			FILTRO DE GRAVA Tipo: sin grava Tramo:
30	Alternancia de arenas y lutitas		DESARROLLO Tipo: aire Horas: 3
40	de Fm Curú	PVC ciego SDR 26 ϕ 127mm	DESINFECCIÓN Cloro
50	Masticlera		CALIDAD DEL AGUA OK
60			LODOS/ADITIVOS USADOS Espumante
70			PRUEBA DE BOMBEO Equipo: Sumergible Profundidad (m) 75 Fecha: 27-10-06 Horas de bombeo: 12 Caudal (L/S): 1 1/3 Nivel Inicial: 15 Nivel final: 65 ¿Estabilizado? si Tiempo recuperación: 45' % recuperación: 95% Transm. (m2/D): Capacidad esp.
80		PVC nominal SDR 26/127mm ϕ	

RECOMENDACIONES			
EQUIPO A INSTALAR			
Bomba: <u>Sumergible</u>	Capacidad: <u>1 1/3</u>	Profundidad: <u>75m</u>	Motor: <u>1 1/2 HP</u>
Cable <u>TSS 3x10</u>	Tubería descarga <u>1 1/4"</u>	Electrodo encendido/apagado <u>20/75</u>	
EXPLOTACIÓN			
Caudal en litros por segundo: <u>1 1/3</u>	Horas diarias: <u>6</u>	Nivel de bombeo máximo: <u>75</u>	
EXPLOTACIÓN			
De conformidad con la ley de Aguas #276, deberá el propietario del pozo solicitar la respectiva concesión de aprovechamiento de aguas ante el Departamento de Aguas del MINAE.			

Supervisó: Geól: <u>Diego Felipe León Pinzon</u>	Representante de la empresa: <u>Edwin Goldoni</u>
Firma: <u>[Firma]</u>	Firma: <u>Edwin Goldoni González</u>
Fecha: <u>23-10-06</u> Carné <u>148</u>	Fecha: <u>27-10-06</u> Cédula <u>1-860-785</u>

ANEXO N° 2
RESULTADOS LABORATORIO DEL
INTA, MAG

 <p style="font-size: small;">Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria</p>	<p>RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS</p> <p>Laboratorio de Suelos</p> <p>Tel-Fax: 2278-0514; e-mail: labsuelos@inta.go.cr</p>	<p>LDS F 17</p> 
--	--	---

NOMBRE **TECNOAMBIENTE CENTROAMERICANO S.A.**
 FAX: **2215-2003**
 LUGAR: **COBANO, PUNTARENAS**

FECHA: 26/11/2015

INFORME #:

IDENT.		D.aparente	D.Real	Porosidad	
# LAB.	#CAMPO	(gr/cc)	(gr/cc)	(%)	
5104	P1	1.07	2.09	48.80	Pi-26a (P1) Cobano
5105	P2	1.09	2.11	48.34	Pi-78a (P2) Cobano
5106	P3	1.08	2.07	47.83	Pi-25a (P3) Cobano


 Ing. Alexis Vargas-Villagra

INTA-CÓBANO -POZO RA-115

ANEXO N° 3

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: AyA POZO COBANO "EMILIO MONTOYA"

**PRUEBA DE PERMEABILIDAD # 1
POZO COBANO - P1**



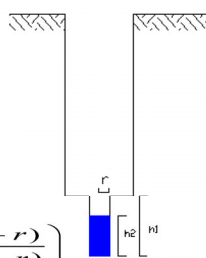
Este (m)	493757.0
Fecha:	29/10/2015
t1 (min)	0.0
t2 (min)	120.0
H1 (cm)	22.0
H2 (cm)	9.2
Diametro (cm)	8.6
r (cm)	4.3

Norte (m)	238842.0
Hora:	09:10 a.m.
t1 (s)	0.0
t2 (s)	7200.0
H1 (mm)	220.0
H2 (mm)	92.0
Diametro (cm)	86.0
r (mm)	43.0

k (cm/min)	0.0135283
------------	-----------

k (mm/s)	0.0022547
----------	-----------

Observaciones: Día Soleado, despejado, Suelo Limoso, rojizo



t1 (d)	0.0000	t1 (seg)	0.00
t2 (d)	0.0833	t2 (seg)	7200.00
H1 (m)	0.2200	H1 (cm)	22.00
H2 (m)	0.0920	H2 (cm)	9.20
r (m)	0.0430	r (cm)	4.30

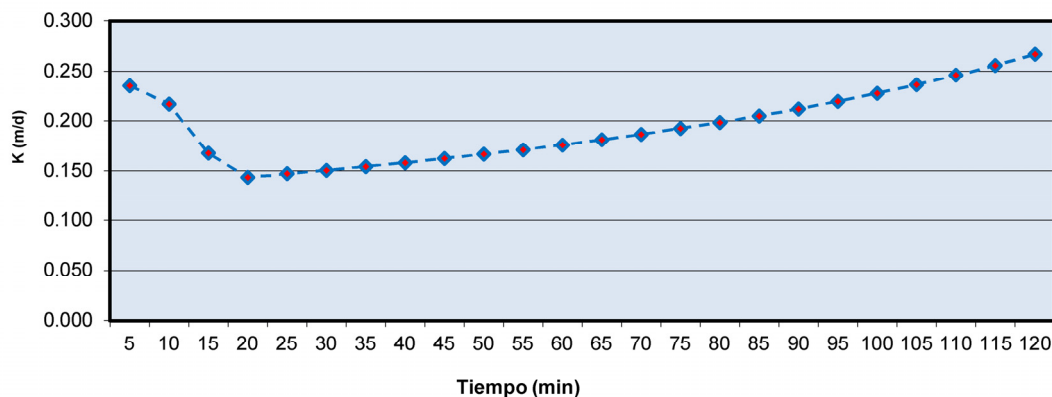
FORMULA APLICADA

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

k (m/d)	0.1948072	k (cm/seg)	0.0002255
---------	-----------	------------	-----------

T1 (min)	T2 (min)	H1 (cm)	H2 (cm)	Radio (cm)	k (cm/min)	k (mm/s)	k (m/d)	k (cm/seg)
0	5	22.0	21.10	4.3	0.0163311	0.0027218	0.2351675	0.0002722
5	10	21.1	20.30	4.3	0.0150562	0.0025094	0.2168099	0.0002509
10	15	20.3	19.70	4.3	0.0116486	0.0019414	0.1677394	0.0001941
15	20	19.7	19.20	4.3	0.0099541	0.0016590	0.1433397	0.0001659
20	25	19.2	18.70	4.3	0.0101901	0.0016983	0.1467367	0.0001698
25	30	18.7	18.20	4.3	0.0104374	0.0017396	0.1502986	0.0001740
30	35	18.2	17.70	4.3	0.0106971	0.0017828	0.1540378	0.0001783
35	40	17.7	17.20	4.3	0.0109700	0.0018283	0.1579678	0.0001828
40	45	17.2	16.70	4.3	0.0112572	0.0018762	0.1621035	0.0001876
45	50	16.7	16.20	4.3	0.0115598	0.0019266	0.1664616	0.0001927
50	55	16.2	15.70	4.3	0.0118792	0.0019799	0.1710606	0.0001980
55	60	15.7	15.20	4.3	0.0122167	0.0020361	0.1759209	0.0002036
60	65	15.2	14.70	4.3	0.0125740	0.0020957	0.1810655	0.0002096
65	70	14.7	14.20	4.3	0.0129528	0.0021588	0.1865201	0.0002159
70	75	14.2	13.70	4.3	0.0133551	0.0022259	0.1923136	0.0002226
75	80	13.7	13.20	4.3	0.0137832	0.0022972	0.1984785	0.0002297
80	85	13.2	12.70	4.3	0.0142397	0.0023733	0.2050518	0.0002373
85	90	12.7	12.20	4.3	0.0147275	0.0024546	0.2120755	0.0002455
90	95	12.2	11.70	4.3	0.0152498	0.0025416	0.2195975	0.0002542
95	100	11.7	11.20	4.3	0.0158106	0.0026351	0.2276727	0.0002635
100	105	11.2	10.70	4.3	0.0164142	0.0027357	0.2363646	0.0002736
105	110	10.7	10.20	4.3	0.0170657	0.0028443	0.2457465	0.0002844
110	115	10.2	9.70	4.3	0.0177711	0.0029619	0.2559042	0.0002962
115	120	9.7	9.20	4.3	0.0185374	0.0030896	0.2669379	0.0003090
					0.0131077	0.0021846	0.1887514	0.0002185

**Permeabilidad Carga Variable
Método Porchet**



PROYECTO: AyA POZO COBANO "EMILIO MONTOYA"



**PRUEBA DE PERMEABILIDAD # 2
POZO COBANO - P2**

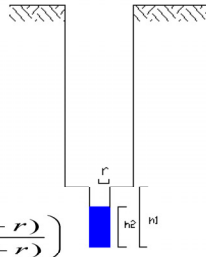
Este (m)	413481.0
Fecha:	09/12/2015
t1 (min)	0.0
t2 (min)	15.0
H1 (cm)	18.0
H2 (cm)	6.6
Diametro (cm)	8.6
r (cm)	4.3
<hr/>	
k (cm/min)	0.1195616

Norte (m)	184661.0
Hora:	12:20 p.m.
t1 (s)	0.0
t2 (s)	900.0
H1 (mm)	180.0
H2 (mm)	66.0
Diametro (cm)	86.0
r (mm)	43.0
<hr/>	
k (mm/s)	0.0199269

Observaciones: Día Soleado, despejado, Suelo Limoso, café - rojizo

FORMULA APLICADA

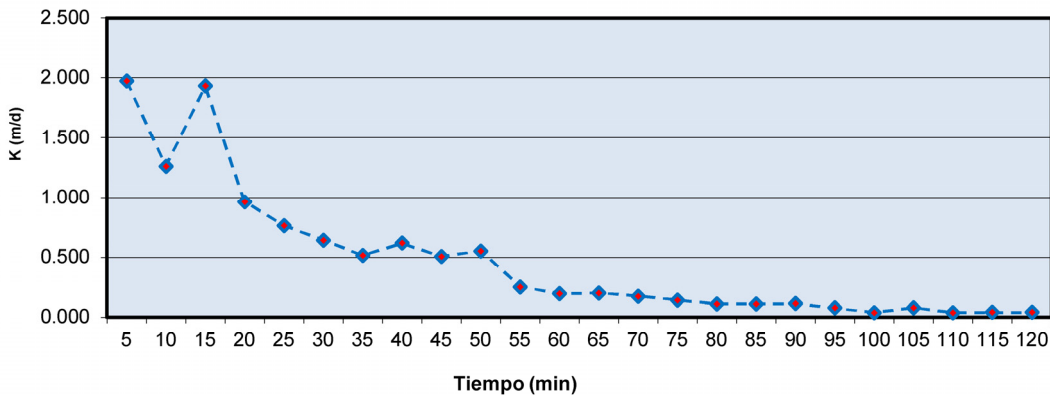
$$K = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \times \ln \left(\frac{(2h_1 + r)}{(2h_2 + r)} \right)$$



t1 (d)	0.0000	t1 (seg)	0.00
t2 (d)	0.0104	t2 (seg)	900.00
H1 (m)	0.1800	H1 (cm)	18.00
H2 (m)	0.0660	H2 (cm)	6.60
r (m)	0.0430	r (cm)	4.30
<hr/>			
k (m/d)	1.7216868	k (cm/seg)	0.0019927

T1 (min)	T2 (min)	H1 (cm)	H2 (cm)	Radio (cm)	k (cm/min)	k (mm/s)	k (m/d)	k (cm/seg)
0	5	18.0	12.5	4.3	0.1370685	0.0228447	1.9737864	0.0022845
5	10	12.5	9.8	4.3	0.0875949	0.0145991	1.2613665	0.0014599
10	15	9.8	6.6	4.3	0.1340214	0.0223369	1.9299076	0.0022337
15	20	18.0	15.1	4.3	0.0668186	0.0111364	0.9621882	0.0011136
20	25	15.1	13.1	4.3	0.0529900	0.0088317	0.7630565	0.0008832
25	30	13.1	11.6	4.3	0.0445225	0.0074204	0.6411239	0.0007420
30	35	11.6	10.5	4.3	0.0358541	0.0059757	0.5162989	0.0005976
35	40	10.5	9.3	4.3	0.0428570	0.0071428	0.6171411	0.0007143
40	45	9.3	8.4	4.3	0.0352015	0.0058669	0.5069011	0.0005867
45	50	8.4	7.5	4.3	0.0383422	0.0063904	0.5521279	0.0006390
50	55	18.0	17.2	4.3	0.0174201	0.0029034	0.2508495	0.0002903
55	60	17.2	16.6	4.3	0.0135444	0.0022574	0.1950397	0.0002257
60	65	16.6	16.0	4.3	0.0139850	0.0023308	0.2013836	0.0002331
65	70	16.0	15.5	4.3	0.0120120	0.0020020	0.1729721	0.0002002
70	75	15.5	15.1	4.3	0.0098572	0.0016429	0.1419432	0.0001643
75	80	15.1	14.8	4.3	0.0075441	0.0012573	0.1086344	0.0001257
80	85	14.8	14.5	4.3	0.0076788	0.0012798	0.1105744	0.0001280
85	90	14.5	14.2	4.3	0.0078184	0.0013031	0.1125849	0.0001303
90	95	14.2	14.0	4.3	0.0052924	0.0008821	0.0762102	0.0000882
95	100	14.0	13.9	4.3	0.0026708	0.0004451	0.0384598	0.0000445
100	105	13.9	13.7	4.3	0.0053919	0.0008987	0.0776437	0.0000899
105	110	13.7	13.6	4.3	0.0027215	0.0004536	0.0391900	0.0000454
110	115	13.6	13.5	4.3	0.0027389	0.0004565	0.0394396	0.0000456
115	120	13.5	13.4	4.3	0.0027564	0.0004594	0.0396924	0.0000459
					0.0355094	0.0059182	0.5113356	0.0005918

**Permeabilidad Carga Variable
Método Porchet**



PROYECTO: AYA POZO COBANO "EMILIO MONTOYA"

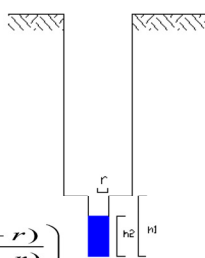
**PRUEBA DE PERMEABILIDAD # 3
POZO COBANO - P3**



Observaciones: Día Soleado, despejado, Suelo Limoso, pardo

Este (m)	413538.0
Fecha:	29/10/2015
t1 (min)	0.0
t2 (min)	30.0
H1 (cm)	12.0
H2 (cm)	5.3
Diametro (cm)	8.6
r (cm)	4.3
<hr/>	
k (cm/min)	0.0459742

Norte (m)	184745.0
Hora:	03:15 p.m.
t1 (s)	0.0
t2 (s)	1800.0
H1 (mm)	120.0
H2 (mm)	53.0
Diametro (cm)	86.0
r (mm)	43.0
<hr/>	
k (mm/s)	0.0076624



FORMULA APLICADA

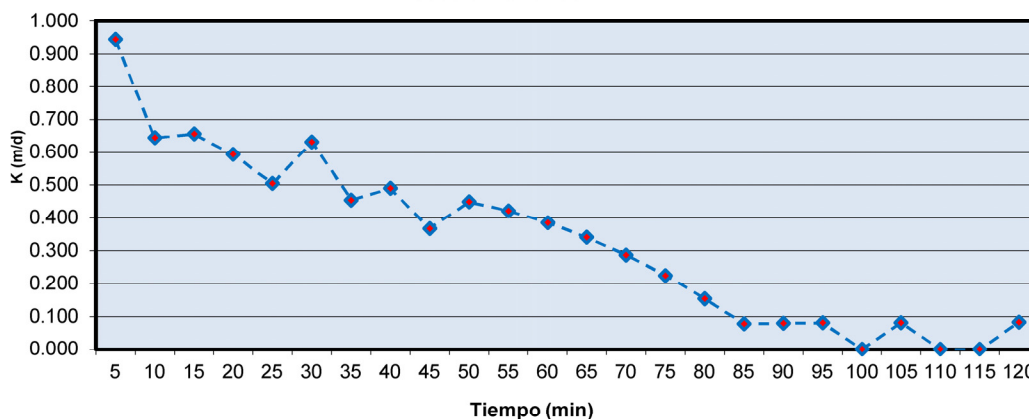
$$K = \frac{r}{2(t_2 - t_1)} \times \ln \left(\frac{(2h_1 + r)}{(2h_2 + r)} \right)$$

t1 (d)	0.0000	t1 (seg)	0.00
t2 (d)	0.0208	t2 (seg)	1800.00
H1 (m)	0.1200	H1 (cm)	12.00
H2 (m)	0.0530	H2 (cm)	5.30
r (m)	0.0430	r (cm)	4.30

k (m/d)	0.6620286	k (cm/seg)	0.0007662
---------	-----------	------------	-----------

T1 (min)	T2 (min)	H1 (cm)	H2 (cm)	Radio (cm)	k (cm/min)	k (mm/s)	k (m/d)	k (cm/seg)
0	5	12.0	10.00	4.3	0.0655257	0.0109210	0.9435707	0.0010921
5	10	10.0	8.80	4.3	0.0447156	0.0074526	0.6439043	0.0007453
10	15	8.8	7.70	4.3	0.0455232	0.0075872	0.6555347	0.0007587
15	20	7.7	6.80	4.3	0.0412017	0.0068670	0.5933046	0.0006867
20	25	6.8	6.10	4.3	0.0350193	0.0058366	0.5042785	0.0005837
25	30	6.1	5.30	4.3	0.0438596	0.0073099	0.6315788	0.0007310
30	35	12.0	11.00	4.3	0.0315159	0.0052527	0.4538294	0.0005253
35	40	11.0	10.00	4.3	0.0340098	0.0056683	0.4897413	0.0005668
40	45	10.0	9.30	4.3	0.0255160	0.0042527	0.3674298	0.0004253
45	50	9.3	8.50	4.3	0.0311448	0.0051908	0.4484856	0.0005191
50	55	8.5	7.80	4.3	0.0292346	0.0048724	0.4209776	0.0004872
55	60	7.8	7.20	4.3	0.0267444	0.0044574	0.3851189	0.0004457
60	65	7.2	6.70	4.3	0.0236323	0.0039387	0.3403054	0.0003939
65	70	6.7	6.30	4.3	0.0198879	0.0033147	0.2863863	0.0003315
70	75	6.3	6.00	4.3	0.0155439	0.0025906	0.2238316	0.0002591
75	80	6.0	5.80	4.3	0.0106838	0.0017806	0.1538464	0.0001781
80	85	5.8	5.70	4.3	0.0054431	0.0009072	0.0783808	0.0000907
85	90	5.7	5.60	4.3	0.0055129	0.0009188	0.0793857	0.0000919
90	95	5.6	5.50	4.3	0.0055845	0.0009307	0.0804167	0.0000931
95	100	5.5	5.50	4.3	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
100	105	5.5	5.40	4.3	0.0056580	0.0009430	0.0814749	0.0000943
105	110	5.4	5.40	4.3	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
110	115	5.4	5.40	4.3	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
115	120	5.4	5.30	4.3	0.0057334	0.0009556	0.0825612	0.0000956
					0.0248162	0.0041360	0.3573537	0.0004136

**Permeabilidad Carga Variable
Método Porchet**



ANEXO N° 4
ANÁLISIS PRUEBA DE BOMBEO
POZO RA-115

PRUEBA DE ABATIMIENTO DEL POZO LUIS EMILIO MONTOYA

25/08/2015 AL

27/08/15

FECHA
HORA

NIVEL DINAMICO (m)

18:00:00	36.87
19:00:00	34.31
20:00:00	34.14
21:00:00	37.3
22:00:00	36.9
23:00:00	36.83
00:00:00	37.1
05:45:00	37.25
06:38:00	37.28
07:12:00	37.28
07:40:00	37.3
08:13:00	37.25
08:35:00	37.22
09:05:00	37.33
09:30:00	37.32
10:02:00	37.33
10:30:00	37.34
11:12:00	37.34
12:00:00	37.32
13:00:00	37.34
14:00:00	37.34
15:00:00	37.34
16:00:00	37.34
17:30:00	37.36
18:00:00	37.36
19:30:00	37.37
20:30:00	37.37
21:30:00	37.39
22:30:00	37.38
23:00:00	37.38
00:00:00	37.39
01:00:00	37.39
01:30:00	37.39
02:00:00	37.38
03:30:00	37.38
04:00:00	37.38
04:30:00	37.37
06:00:00	37.38

PROFUNDIDAD	54m
DIAMETRO DEL ADEME	5"
NIVEL ESTATICO	29,20m
NIVEL DINAMICO	37,38m
CARGA MANOMETRICA	16psi
CAUDAL	3,4 L/s

Tiempo (min)	N. Dinámico (m)
1.00	36.87
60.00	34.31
120.00	34.14
180.00	37.30
240.00	36.90
300.00	36.83
360.00	37.10
705.00	37.25
758.00	37.28
792.00	37.28
820.00	37.30
853.00	37.25
875.00	37.22
905.00	37.33
930.00	37.32
962.00	37.33
990.00	37.34
1032.00	37.34
1080.00	37.32

1140.00	37.34
1200.00	37.34
1260.00	37.34
1320.00	37.34
1410.00	37.36
1440.00	37.36
1530.00	37.37
1590.00	37.37
1650.00	37.39
1710.00	37.38
1740.00	37.38
1800.00	37.39
1860.00	37.39
1890.00	37.39
1920.00	37.38
2010.00	37.38
2040.00	37.38
2070.00	37.37
2160.00	37.38

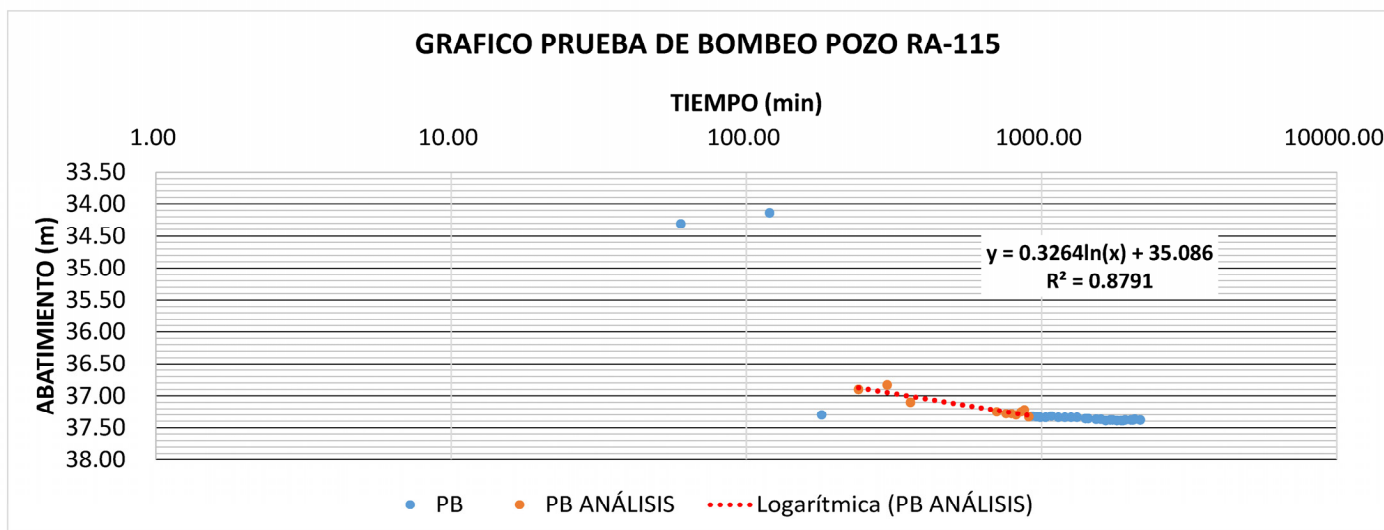
ANÁLISIS DE RESULTADOS

q (l/s)	3.4
Q (m3/día)	293.76
S1	36.83
S2	37.33
ΔS	0.50
T	107.52

DATOS PRUEBA BOMBEO	
Tiempo (min)	N. Dinámico (m)
1.00	36.87
60.00	34.31
120.00	34.14
180.00	37.30
240.00	36.90
300.00	36.83
360.00	37.10
705.00	37.25
758.00	37.28
792.00	37.28
820.00	37.30
853.00	37.25
875.00	37.22
905.00	37.33
930.00	37.32
962.00	37.33
990.00	37.34
1032.00	37.34
1080.00	37.32
1140.00	37.34
1200.00	37.34
1260.00	37.34
1320.00	37.34
1410.00	37.36
1440.00	37.36
1530.00	37.37
1590.00	37.37
1650.00	37.39
1710.00	37.38
1740.00	37.38
1800.00	37.39
1860.00	37.39
1890.00	37.39
1920.00	37.38
2010.00	37.38
2040.00	37.38
2070.00	37.37
2160.00	37.38

DATOS LÍNEA DE AJUSTE	
Tiempo (min)	N. Dinámico (m)
240.00	36.90
300.00	36.83
360.00	37.10
705.00	37.25
758.00	37.28
792.00	37.28
820.00	37.30
853.00	37.25
875.00	37.22
905.00	37.33

Constante	0.183
q (l/s)	3.4
Q (m³/día)	293.76
s1	36.83
s2	37.33
Δs	0.50
T (m²/día)	107.52



ANEXO N° 5
RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS Y
BACTERIOLÓGICOS DISPONIBLES EN EL
LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS DEL AYA