



**Tecnoambiente
Centroamericano**

INFORME DE LA CONTRATACIÓN DIRECTA

N° 2015 CDS-00021-PRI, AYA

PARA LA DEFINICIÓN DE LA ZONA DE PROTECCIÓN

DE UNA TOMA DE AGUA EN

SAN MARCOS DE TARRAZÚ

Hidrogeól. Sandra Arredondo Li

Contraparte técnica y administrativa de la contratación:

MSc. Viviana Ramos Sánchez

Área Funcional de Hidrogeología-AYA

Agosto, 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
-05107

Firma: _____

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
1.1	OBJETIVO	6
1.1.1	<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	<i>6</i>
1.1.2	<i>METODOLOGÍA APLICADA.....</i>	<i>6</i>
2	GEOLOGÍA	8
2.1	GEOLOGÍA REGIONAL.....	8
2.2	SEDIMENTITAS Y VOLCANITAS NEÓGENAS	9
2.3	TECTÓNICA.....	9
2.4	GEOLOGÍA LOCAL	11
2.4.1	<i>FORMACIÓN GRIFO ALTO (GRUPO AGUACATE)</i>	<i>11</i>
3	HIDROGEOLOGÍA.....	17
3.1	CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS.....	17
4	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS SUELOS	23
4.1	SECTOR TOMA QUEBRADA LORO, TARRAZÚ.....	23
5	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL	30
5.1	TARRAZÚ	30
6	ZONAS DE PROTECCIÓN DE LA CAPTACIÓN QUEBRADA LORO.....	31
6.1	CUENCA HIDROGRÁFICA	31
7	CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS FUENTES.....	31
8	DELIMITACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA	34
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	36
10	REFERENCIAS.....	38

1 INTRODUCCIÓN

El estudio hidrogeológico realizado comprende la definición de la zona de protección para una fuente de captación de abastecimiento público, ubicada en el sector de San Marcos de Tarrazú, conocida como Toma Quebrada Loro, se indica que la ASADA de Santa Cecilia no cuenta con captaciones de nacientes solo de aguas superficiales en quebradas locales.

En el Cuadro N° 1, se resumen los datos de ubicación en coordenadas Lambert y altura de la naciente.

Cuadro N° 1. Manantiales analizados en el estudio.

Nombre de la fuente	Tipo de fuente	Este (m)	Norte (m)	Altura de cada fuente en (msnm)	Caudal (l/s)
Quebrada Loro	Quebrada	186.750	535.200	1805.5	20*

Nota:

* Valor promedio obtenido a partir de los Aforos realizados en la Quebrada Loro por el Acueducto Santa Cecilia, ver Anexo N° 1.

El acceso al sitio se realiza por caminos vecinales de tierra, y a pie hasta el sitio de toma. En la Figura 1 y Figura 2 se presentan los mapas de ubicación del sitio evaluado.

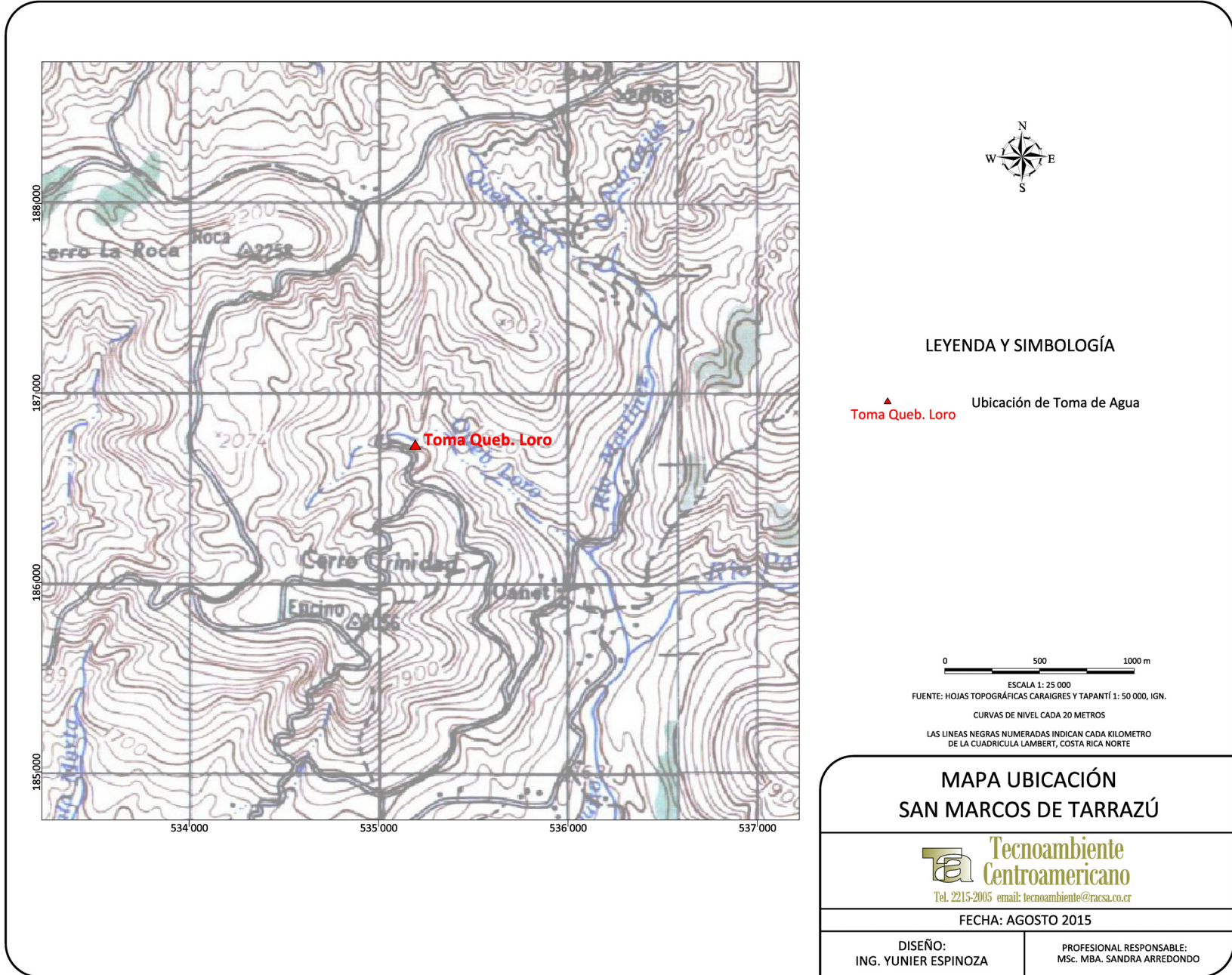


Figura 1. Ubicación Toma quebrada Loro.

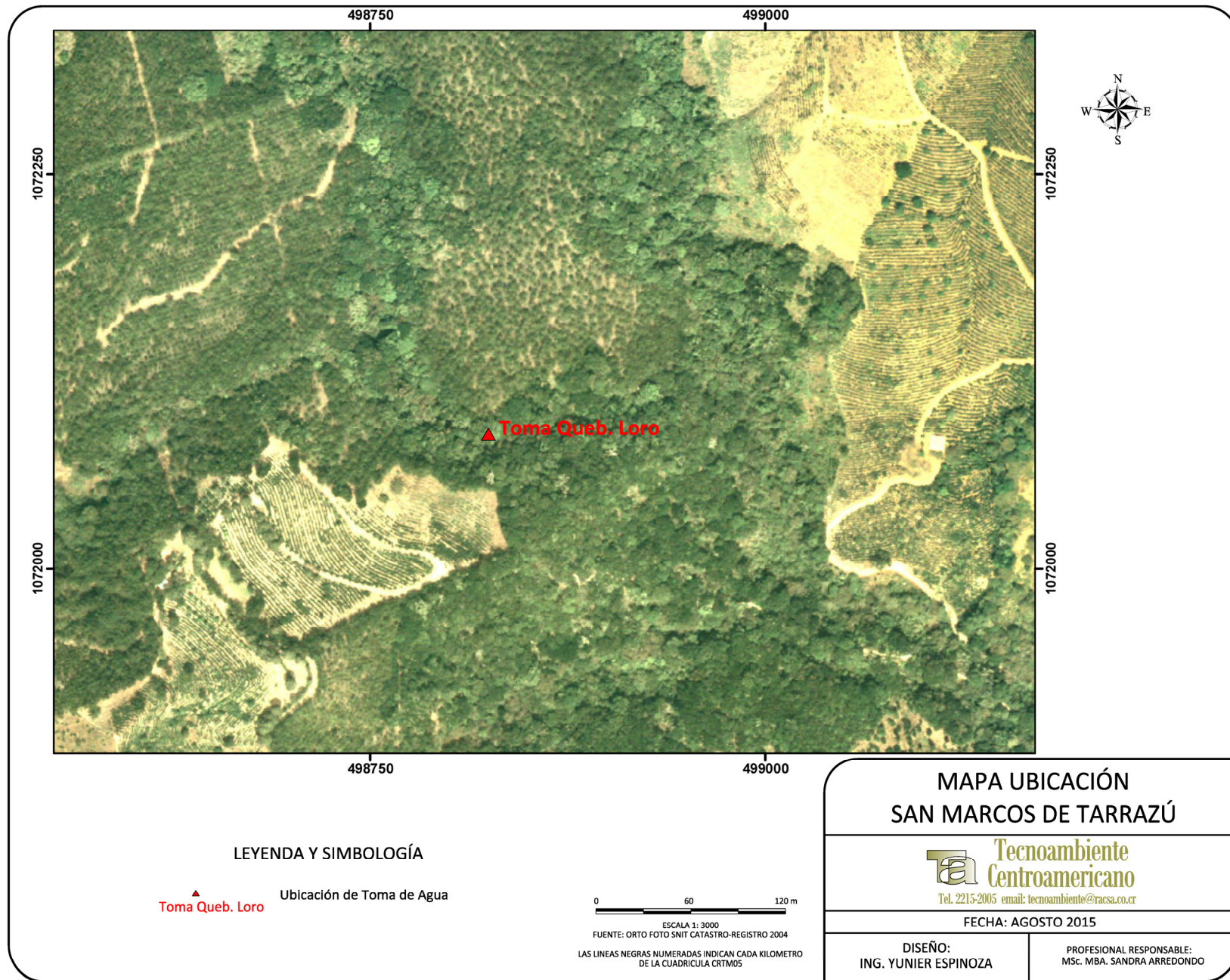


Figura 2. Ubicación de la toma quebrada Loro en ortofoto.

1.1 OBJETIVO

El objetivo es desarrollar un estudio hidrogeológico que contemple la definición de la zona de protección de la toma de agua de la Quebrada Loro que pertenece a la ASADA de Santa Cecilia de San Marcos de Tarrazú, con el fin de establecer la zona de influencia para definir de manera preventiva, políticas de manejo de la zona con el fin de evitar la contaminación potencial.

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos se han establecido:

- 1) Obtener un mapeo geológico de campo en los alrededores de la toma 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 toma de agua.
- 4) Ejecutar una campaña de pruebas de permeabilidad en los alrededores de la toma de la Quebrada Loro.
- 5) Obtener los datos de porosidad del suelo en la zona cercana a la toma de agua.
- 6) Definir el modelo hidrogeológico de la zona, con el fin de integrar el aspecto de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos.
- 7) Definir la zona de influencia de la toma de agua de la ASADA, con base en el criterio de Cuenca Hidrográfica.
- 8) Reportar la calidad del agua de la toma de agua con base en la información existente a la fecha.

1.1.2 METODOLOGÍA APLICADA

Para elaborar el estudio se realizó un mapeo geológico en 1 km² a escala 1:25000 que incluye un perfil hidrogeológico de la zona, 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 toma de agua con el fin de establecer el modelo geológico e hidrogeológico.

En caso de que sea 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, sin embargo no se localizó ningún pozo en la zona de estudio y se buscó información para identificar existencia de nacientes para complementar la información necesaria para elaborar la red de flujo del acuífero local.

Los datos de caudales se tomaron de los registros reportados por la ASADA. 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).

Se ejecutaron tres pruebas de permeabilidad utilizando el método Porchet con el fin de contar con información para ser utilizada en el caso que se requiera a futuro.

La toma evaluada se ubica en la Quebrada Loro, y por ser una captación de agua superficial en una quebrada, la metodología aplicada para definir la zona de protección se basa en el principio de cuenca hidrográfica que es la que define el área de escurrimiento al punto de captación.

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 cordilleras neógenas del arco interno, estribaciones de la Cordillera de Talamanca.

Las estribaciones occidentales de la Cordillera de Talamanca en el sector de Los Santos están conformadas mayoritariamente por rocas volcánicas del Mioceno-Plioceno pertenecientes al Grupo Aguacate, intruidas por algunos plutones del Mioceno Superior y Plioceno. El frente de montaña hacia el suroeste está conformado por un límite tectónico activo, con la falla transcurrente Jaris en su límite.

En una perspectiva regional, los cerros en el área de Los Santos son una de las estribaciones más occidentales de la Cordillera de Talamanca, y las rocas que los conforman, han constituido parte del colmatamiento de la cuenca Candelaria, en la región Central de Costa Rica, y la zona transaccional a la Cuenca del Pacífico Central (Denyer & Alvarado, 2007). El basamento oceánico, en este caso de rocas basálticas de islas oceánicas acrecionadas, con edades del Cretácico – Eoceno (Formación Tulín), están sobreyacidos por una secuencia de rocas principalmente siliciclásticas, y algunas calizas someras, con edades del Eoceno Superior en adelante, que han colmatado la cuenca en el Mioceno Superior, y que asimismo han sufrido varios procesos de magmatismo (ambos términos rocosos: plutones y vulcanitas) en el Mioceno y principalmente desde el Plioceno. Las deformaciones principales han ocurrido al final del Eoceno y al final del Mioceno, y actualmente hay un neotectonismo importante, concomitante con la subducción activa.

Basamento y rocas sedimentarias paleógenas: El basamento de la cuenca de la región central – pacífica central de Costa Rica se encuentra aflorando más hacia el suroeste del área mostrada en el mapa. Son principalmente rocas de origen de arcos de islas oceánicas con afinidad toleítica, formados entre el Cretácico Superior y el Eoceno (un rango entre 70 y 40 Ma antes del presente), y que se agrupan en la Formación Tulín. Lo sobreyacen discordantemente, parches de rocas carbonatadas de plataforma somera del Eoceno Superior, de la Formación Fila de Cal, y a estas, de manera concordante, rocas clásticas (areniscas y brechas predominantes) de composición basáltica, de ambiente sublitoral, de la Formación Caraigres, que también en parte sobreyacen a la Fm. Tulín discordantemente, y tiene edad oligocena. Una espesa secuencia turbidítica de la cuenca

del Pacífico Central-Sur, la Formación Térraba, aparece de acá hasta el sur del sector Pacífico de Costa Rica. Los contactos son principalmente por sobre corrimiento de las secuencias, producidos desde el Mioceno terminal al presente.

2.2 SEDIMENTITAS Y VOLCANITAS NEÓGENAS

La cuenca somera del Oligoceno se iría colmatando a ambientes más someros, litorales a sublitorales con fuerte influencia volcánica, documentados por la Fm. Pacacua (Mioceno Inferior) y luego algunos similares anóxicos en el Mioceno Medio (Fm. Peña Negra). El volcanismo andesítico y explosivo cada vez más continentalizado de un arco de islas, está representado por toda una espesa secuencia volcánica extrusiva, piroclástica y epiclástica del Grupo Aguacate (Fms. La Cruz y Grifo Alto), con edades desde el Oligoceno hasta el Plioceno, en gran parte contemporáneas y aportadoras a las cuencas sedimentarias. Este vulcanismo del Neógeno se dio en un arco que se encontraba en un eje cercano a los Cerros de Escazú y de Los Santos (con algunos relictos conservados), el cual cesó en el Plioceno y saltó luego en el Pleistoceno hacia el noreste, iniciando el vulcanismo de la Cordillera Volcánica Central, sobre todo en el último millón de años.

En esta área, las interdigitaciones y relaciones estratigráficas entre las formaciones del Grupo Aguacate son más complejas y menos conocidas que hacia el centro del país. Algunos intrusivos gabroicos de edad Oligoceno-Mioceno y granitoides de edades Oligoceno-Plioceno han sido exhumados por levantamiento tectónico, y son contemporáneos en parte con ese magmatismo extrusivo. Sobresalen los stocks de Santa María de Dota, y el de Tapantí.

2.3 TECTÓNICA

Dos eventos tectónicos mayores han plegado y fallado las secuencias sedimentarias, principalmente al final del Eoceno y al final del Mioceno. Por eso, todas las rocas previas al Plioceno, se encuentran muy plegadas y dislocadas. El fallamiento actual incluye algunas estructuras inversas de sobrecorrimiento en la periferia de los cerros de Los Santos y Tapantí, pero sobre todo de desplazamiento de rumbo con direcciones NW a WNW, principalmente la Falla Jaris, que cruza desde el suroccidente de los Cerros de Escazú y cruza el sector de Los Santos, debido a una rotación del sector noroeste de Costa Rica y promovido por la subducción de la Cordillera del Coco, de modo que toda esta zona de deformación se ubica en el Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica. Los movimientos diferenciales, son los causantes de la tectónica de levantamiento de las estribaciones de Talamanca, y la exhumación de los plutones.

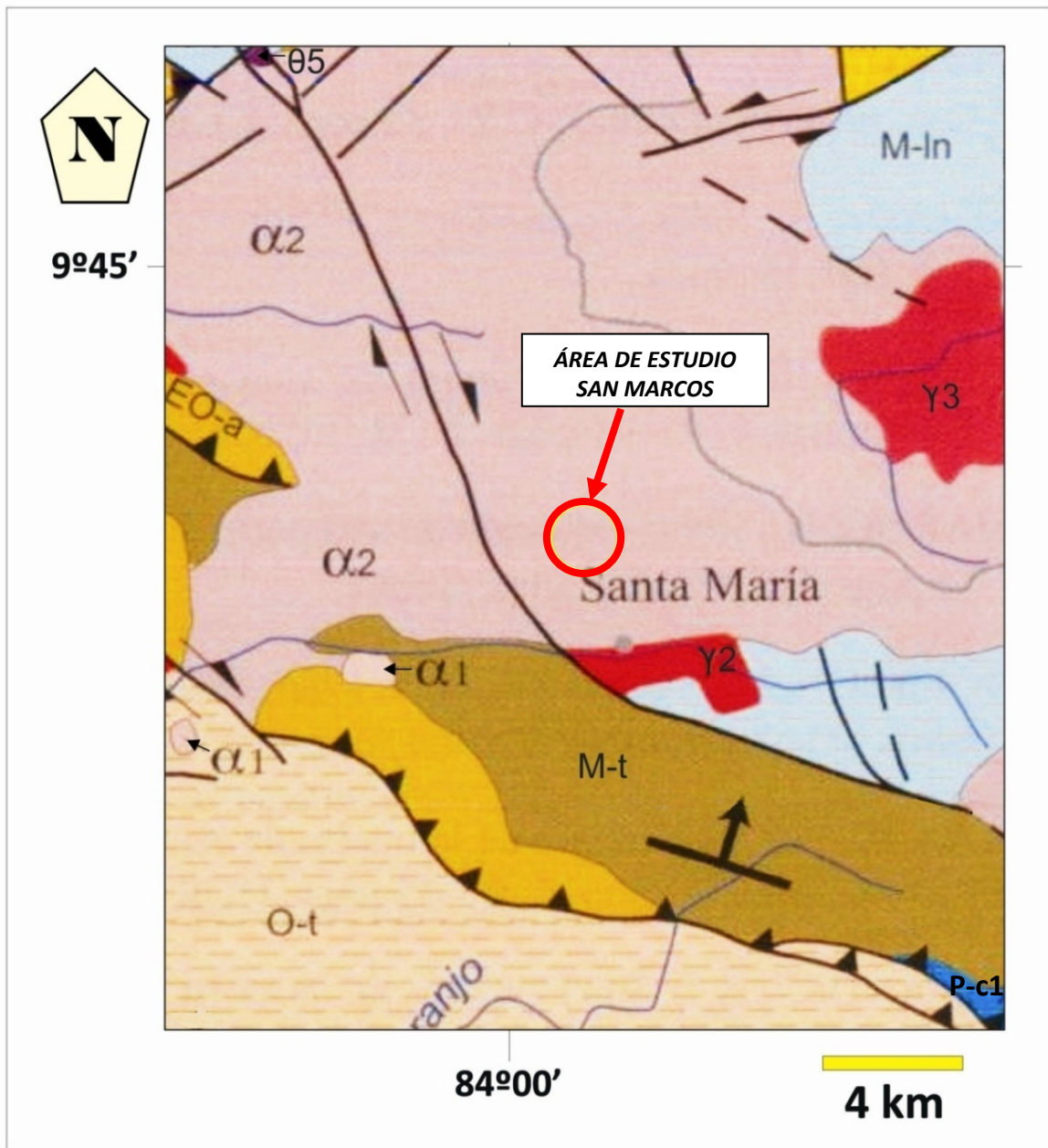


Figura 3. Mapa geológico regional, con la ubicación del área de la toma en Quebrada Loro, San Marcos de Tarrazú. La secuencia geológica comprende, de más antigua a más joven:

P-c1: Formación Fila de Cal, calizas de plataforma del Eoceno Superior;

O-t: Formación Térraba, turbiditas del Oligoceno;

EO-a: Formación Caraigres, areniscas y lutitas del Oligoceno;

Q5: Intrusivos gabroicos del Oligoceno-Mioceno.

α1: Volcanitas del Oligoceno-Plioceno (29-4 Ma);

α2: Volcanitas del Oligoceno-Mioceno Superior (29-7 Ma);

M-t: Formación Pacagua, sedimentitas someras del Mioceno Inferior-Medio;

M-In: Formación Peña Negra, sedimentitas marinas someras anóxicas del Mioceno Superior;

Y2: Intrusivos granitoides del Mioceno (11-6 Ma);

Y3: Intrusivos granitoides del Plio-Pleistoceno (6-2 Ma);

Las líneas negras discontinuas indican fallas posibles; las continuas, fallas paleotectónicas y neotectónicas, con las flechas indicando el movimiento de los bloques, y los triángulos, la vergencia de fallas inversas; líneas negras continuas con flecha divergente, indican el eje de homoclinal. Tomado y ligeramente adaptado de: Denyer & Alvarado (2007).

2.4 GEOLOGÍA LOCAL

El área de estudio se ubica según la clasificación morfotectónica de Costa Rica (Denyer et al., 2003, 2009), en las cordilleras neógenas del arco interno, estribaciones de la cordillera de Talamanca.

Las estribaciones occidentales de la Cordillera de Talamanca en el sector de Los Santos están conformadas mayoritariamente por rocas volcánicas del Mioceno-Plioceno pertenecientes al Grupo Aguacate, intruidas por algunos plutones del Mioceno Superior. El frente de montaña hacia el suroeste está conformado por un límite tectónico activo, con la falla transcurrente Jaris en su límite.

Los trabajos de base que se han utilizado para la compilación geológica y tectónica son los de Arias & Denyer (1990), Denyer & Arias (1991), y Denyer & Alvarado (2007). Estos trabajos y sus mapas han sido complementados con una revisión y afinamiento del mapa geológico aquí presentado (Figura 3).

La toma de aguas en la quebrada Loro, se encuentra entre los cerros Trinidad y La Roca, unos 3 km al nor-noreste de Santa Cecilia de San Marcos de Tarrazú (hoja Caraigres, escala 1:50 000, del IGN). La geología del área periférica corresponde con rocas volcánicas alteradas de la Formación Grifo Alto (Arias & Denyer, 1990; Denyer & Arias, 1991), del Mioceno - Plioceno (Fotografía 1). Los detalles sintéticos de la estratigrafía se dan a continuación.

2.4.1 FORMACIÓN GRIFO ALTO (GRUPO AGUACATE)

Denyer & Arias (1991) definieron esta formación para incluir volcanitas post-basculamiento, sobreyacentes a sedimentitas y volcanitas buzantes en el Valle Central. De modo que es un grupo heterogéneo que incluye los Basaltos La Garita, ignimbritas y lavas andesíticas varias, así como las volcanitas y rocas fuertemente mineralizadas del Cerro La Mina (cerca de Santa Ana), y todo un paquete de rocas volcánicas variadas, con diferentes grados de alteración hidrotermal, entre Corralillo, Frailes y San Marcos de Tarrazú. No se han hecho detalles de su geología o estratigrafía en estas zonas, de modo que en realidad son un grupo heterogéneo, que incluye rocas buzantes, en parte sin genéticamente, y en parte basculadas tectónicamente.

Aflora, en el área de interés, en los cerros periféricos hacia el norte de San Marcos de Tarrazú, San Pablo de León Cortes, hasta Frailes y Corralillo, y particularmente en los cerros Trinidad y La Roca, al norte y este de las primeras dos localidades.

Al sur y al este del Cerro Trinidad afloran principalmente tobas laminadas, silicificadas, con colores blancuzcos y vivos con minerales secundarios, que muestran buzamientos hacia el NNE, y coluvios derivados de estas rocas (Fotografía 1).



Fotografía 1. Arriba: afloramiento de tobas silicificadas de la Formación Grifo Alto, al sureste del Cerro Trinidad, cerca del caserío Canet (535922 E – 185832 N), buzando 36° al azimut 24°. A la derecha se ve el detalle de las tobas. Abajo, dos diferentes vistas de coluvios asociados con las volcánicas silicificadas, en la vecindad de Canet (der.) y más hacia el oeste, ligeramente fuera del área mapeada (izq.).

Hacia el noreste del cerro Trinidad, en las cercanías de la quebrada Loro, afloran tobas y lavas con diversos grados de alteración hidrotermal, que gradan desde leve arcillificación y piritización, hasta arcillificación y silicificación intensas, de modo que las rocas gradan desde el gris oscuro de lavas casi sanas con pirita y sílice secundaria, hasta rocas totalmente blancas con arcillificación y silicificación intensas, o bien rocas coloridas por descomposición y oxidación de sulfuros (Fotografía 2).



Fotografía 2. Rocas de la Formación Grifo Alto, con alteración hidrotermal, en la periferia de la quebrada Loro. Arriba en 535394 E – 186599 N, lavas y tobas silicificadas y parcialmente arcillificadas. Abajo en 535497 E – 186590 N, tobas arcillificadas.

En el sitio de la toma de aguas en quebrada Loro, afloran lavas andesíticas grises porfíricas con fenocristales de plagioclasa y piroxenos cloritizados, con una matriz gris-rojiza, sílice secundario sustituyendo vidrio y en vetillas, así como pirita de tamaño submilimétrico diseminada en toda la roca (Fotografía 3). La roca no está muy alterada ni meteorizada, de modo que es una roca dura, con profuso fracturamiento. En la periferia hacia el cerro al norte, se presentan estas mismas lavas ligeramente más alteradas, con oxidación de sulfuros a colores rojizos, amarillos y de diversas tonalidades.

Los espesores de la secuencia no son observables en esta área, pero deben alcanzar centenas de metros en los cerros Trinidad y La Roca.



Fotografía 3. Arriba: Letrero ubicación Quebrada Loro, acueducto Santa Cecilia, sitio de presa y aforo, y toma en quebrada Loro (535194 E – 186754 N. Centro: lavas aflorantes en el sitio, y detalle macroscópico. Abajo: margen izquierda, con anuncio del sitio, y rocas lávicas alteradas aflorantes en la fila del lado de margen izquierda de la quebrada.

La edad de la Formación Grifo Alto aún es tema de discusión. Denyer & Arias (1991) propusieron que es entre 0,2 a 4 Ma con base en edades radiométricas publicadas hasta ese momento, y proponía que se interdigitaba con las lavas de la Formación Colima. Sugerían asimismo, una serie de posibles puntos de emisión, entre los que se encontraban los cerros La Roca y Trinidad. Con base en las edades reportadas por Marshall et al. (2003) ($5,01 \pm 0,011$ y $5,52 \pm 0,08$ Ma), y Mac Millan et al. (2004) ($4,04 \pm 0,04$ y $5,10 \pm 0,10$), la recopilación reciente de datos por Alvarado & Gans (2012) en rocas atribuibles a Grifo Alto, y en vista de que las rocas son un grupo heterogéneo, las edades están en el ámbito entre 3-9 Ma, y representen las rocas del paleoarco del Mioceno Superior y Plioceno, y quizás, del Pleistoceno Temprano.

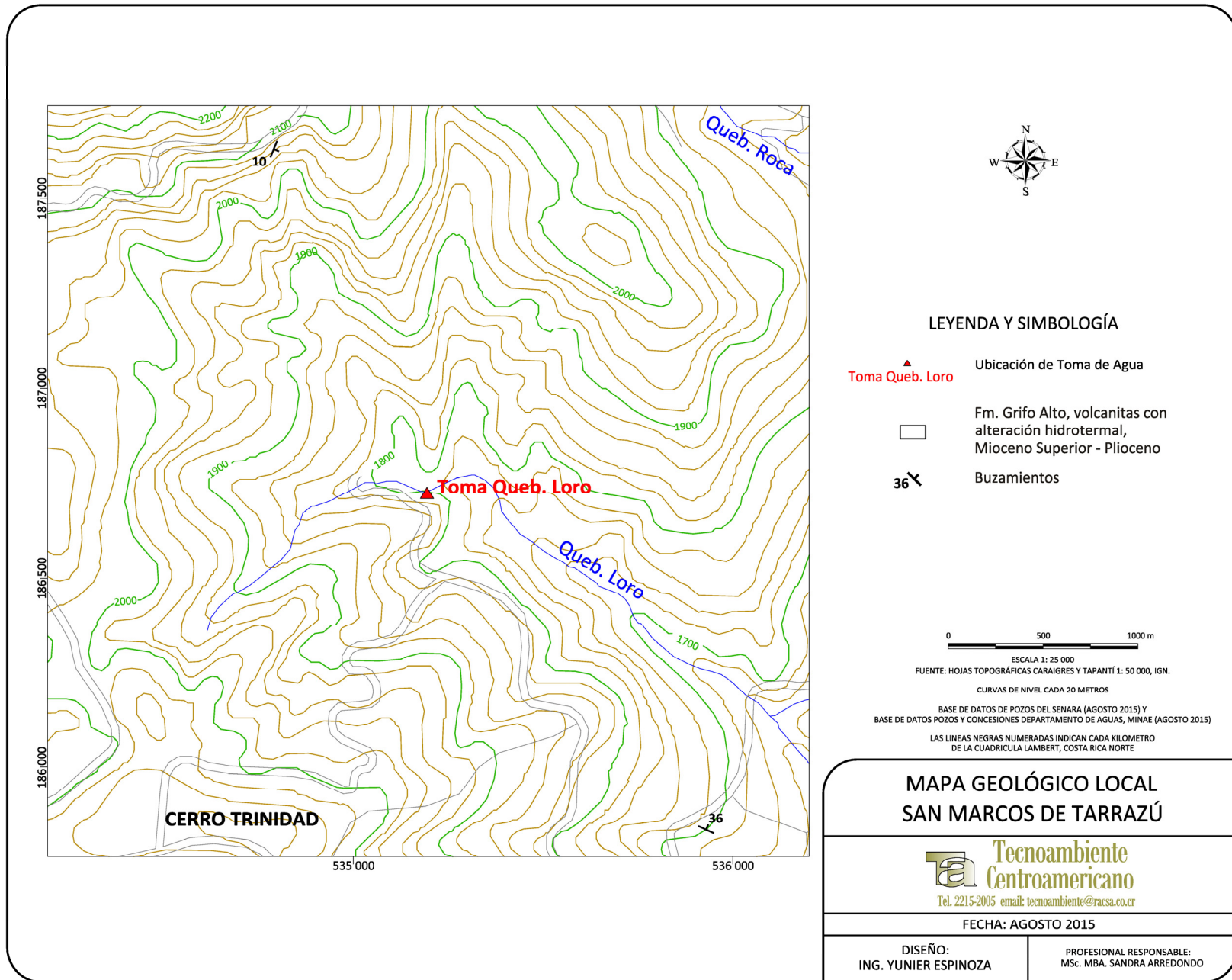


Figura 4. Mapa geológico en los alrededores de la toma Quebrada Loro.

3 HIDROGEOLOGÍA

3.1 CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS

En la zona de estudio, no hay pozos registrados en un radio de 2 km a la redonda de la toma de la Quebrada Loro, sin embargo sí existen nacientes reportadas, por ejemplo la de El Rodeo, de la cual se alimenta la Asada de El Rodeo y el pueblo homónimo, y en parte de la cual nace la quebrada Loro. Se aclara que ninguna de estas nacientes es captada por la ASADA de San Marcos de Tarrazú, es por otras ASADAS de la zona.

Debido a la alteración hidrotermal presente en las rocas observadas en el área de la toma y alrededores, con sulfuros y sulfatos, se considera que el agua en general sea ácida, situación respaldada en los análisis químicos realizados por el Laboratorio Nacional de Aguas del AyA.

La toma de quebrada Loro fue usada el año 2014 para aforos todos los días por un periodo de varios meses, con el propósito de evaluar la posibilidad de ser usada como fuente para energía hidroeléctrica. Los datos se mantienen en custodia de la ASADA.

En el Cuadro N° 2, se presenta la lista de concesiones registradas en la Dirección de Aguas del MINAE para la zona en la Figura 5 y en la Figura 6, se presentan las concesiones registradas solo de las nacientes que fueron utilizadas para la elaboración de las curvas isofreáticas.

En la Figura 7 se presenta el mapa hidrogeológico y en la Figura 8 el perfil hidrogeológico para el análisis.

A partir del análisis del perfil hidrogeológico se interpreta que el acuífero local albergado en la Formación Grifo Alto, descarga como flujo base en la Quebrada Loro, en el sector donde se ha definido el perfil, en otras zonas, debido a la topografía abrupta, el nivel aflora en forma de nacientes.

Cuadro N° 2. Lista de concesiones registradas en la Dirección de Aguas del MINAE, sector de Tarrazú.

Exped.	Fuente:	Este (m)	Norte (m)	ALTURA	Caudal (l/s)
73-R	3-NACIMIENTO NAC RAFAELON 1	534019	184966	1682	0.06
5473-A	1-NACIMIENTO DON ISMAEL	536400	185500	1640	0.5
12242-A	1-NACIMIENTO SIN NOMBRE	536400	185800	1637	0.28
6559-A	1-NACIMIENTO SIN NOMBRE	536200	185900	1640	0.05
426-R	1-NACIMIENTO F1	533250	186000	1773	0.72
1430-R	1-NACIMIENTO NACIENTE N°1 EVELIO	533267	186042	1789	0
1430-R	2-NACIMIENTO NACIENTE N°2 EVELIO	533281	186051	1796	0
6984-A	2-NACIMIENTO	533800	186100	1879	0.01
6984-A	1-NACIMIENTO	534100	186100	1960	1.02
4996-A	1-NACIMIENTO SIN NOMBRE	536850	186400	1777	0.04
475-R	2-NACIMIENTO F2	533660	186585	1891	1.95
475-R	1-NACIMIENTO F1	533480	186610	1816	0.51
213-R	1-NACIMIENTO F1	536950	186800	1972	2.5
386-R	5-NACIMIENTO F15	535100	187025	1846	4.61
386-R	2-NACIMIENTO F2	535100	187100	1873	0.68
386-R	1-NACIMIENTO F1	535125	187125	1891	0.62
386-R	4-NACIMIENTO F14	535125	187150	1903	2.9
386-R	3-NACIMIENTO F13	535140	187175	1919	7.5
386-R	12-NACIMIENTO NAC LA ROCA 7	534891	187199	1882	2.98
386-R	7-NACIMIENTO NAC LA ROCA 2	534878	187202	1888	2.98
386-R	6-NACIMIENTO NAC LA ROCA 1	534879	187202	1887	2.98
386-R	8-NACIMIENTO LA ROCA 3	534877	187206	1889	2.98
386-R	9-NACIMIENTO NAC LA ROCA 4	534888	187210	1885	2.98
386-R	10-NACIMIENTO NAC LA ROCA 5	534480	187211	2001	2.98
386-R	11-NACIMIENTO NAC LA ROCA 6	534890	187211	1885	2.98
73-R	1-NACIMIENTO SIN NOMBRE	533700	187350	2010	0.73
7549-A	2-NACIMIENTO EFRAIN UREÑA	533700	187400	2040	4.9
7549-A	1-NACIMIENTO CERRO LA ROCA	533400	187500	2032	3.7
402-R	1-NACIMIENTO F1	536100	188650	2012	0.16
402-R	2-NACIMIENTO F2	536125	188675	2000	0.33
4813-A	1-NACIMIENTO SIN NOMBRE	536800	188700	2072	0
73-R	4-QUEBRADA LORO 2	535188	188704	1973	9.4
73-R	5-QUEBRADA QUEBRADA KANET 3	535314	186844		7.18

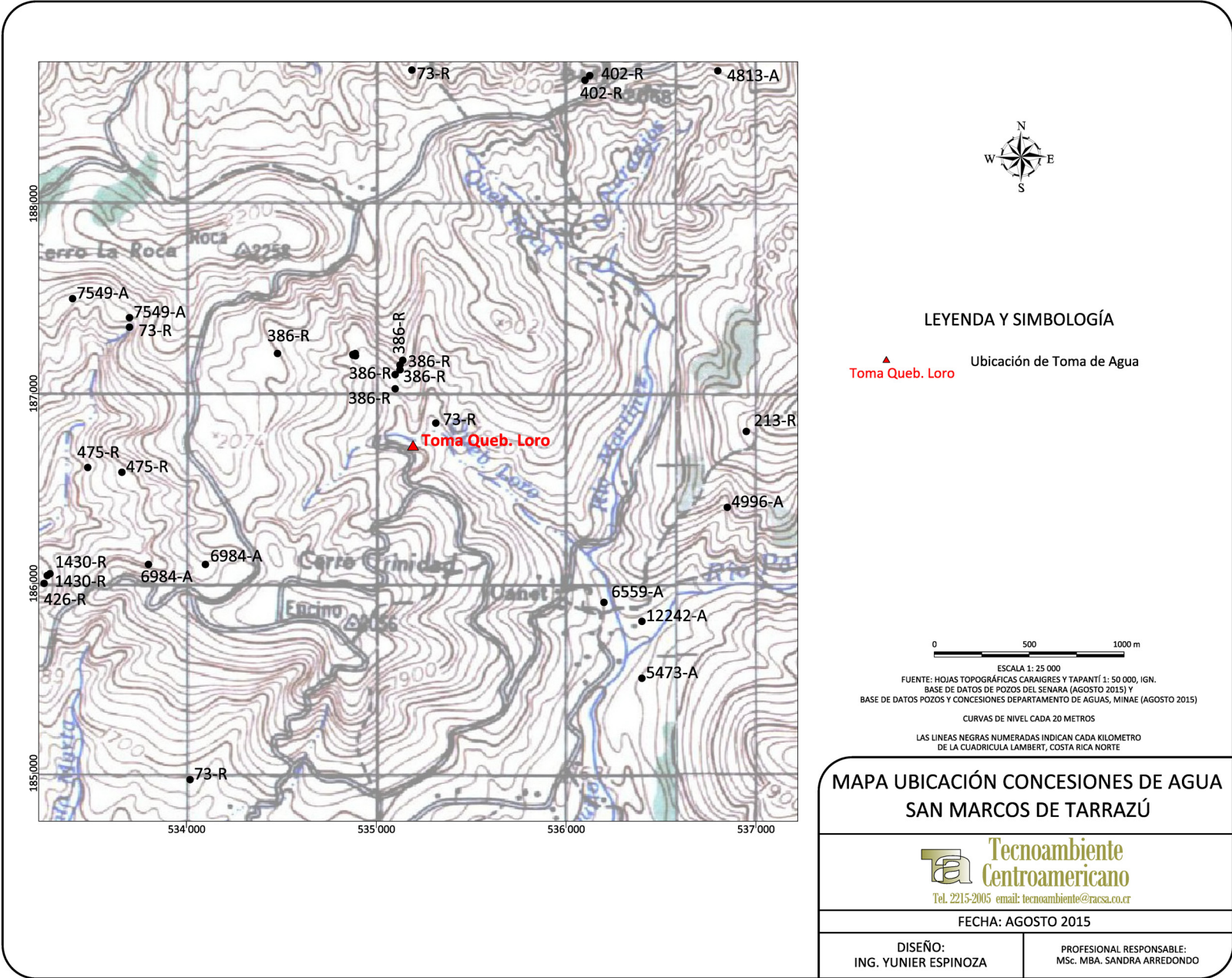


Figura 5. Mapa de Ubicación de concesiones de agua registrados en la Dirección de Aguas (Tarrazú).

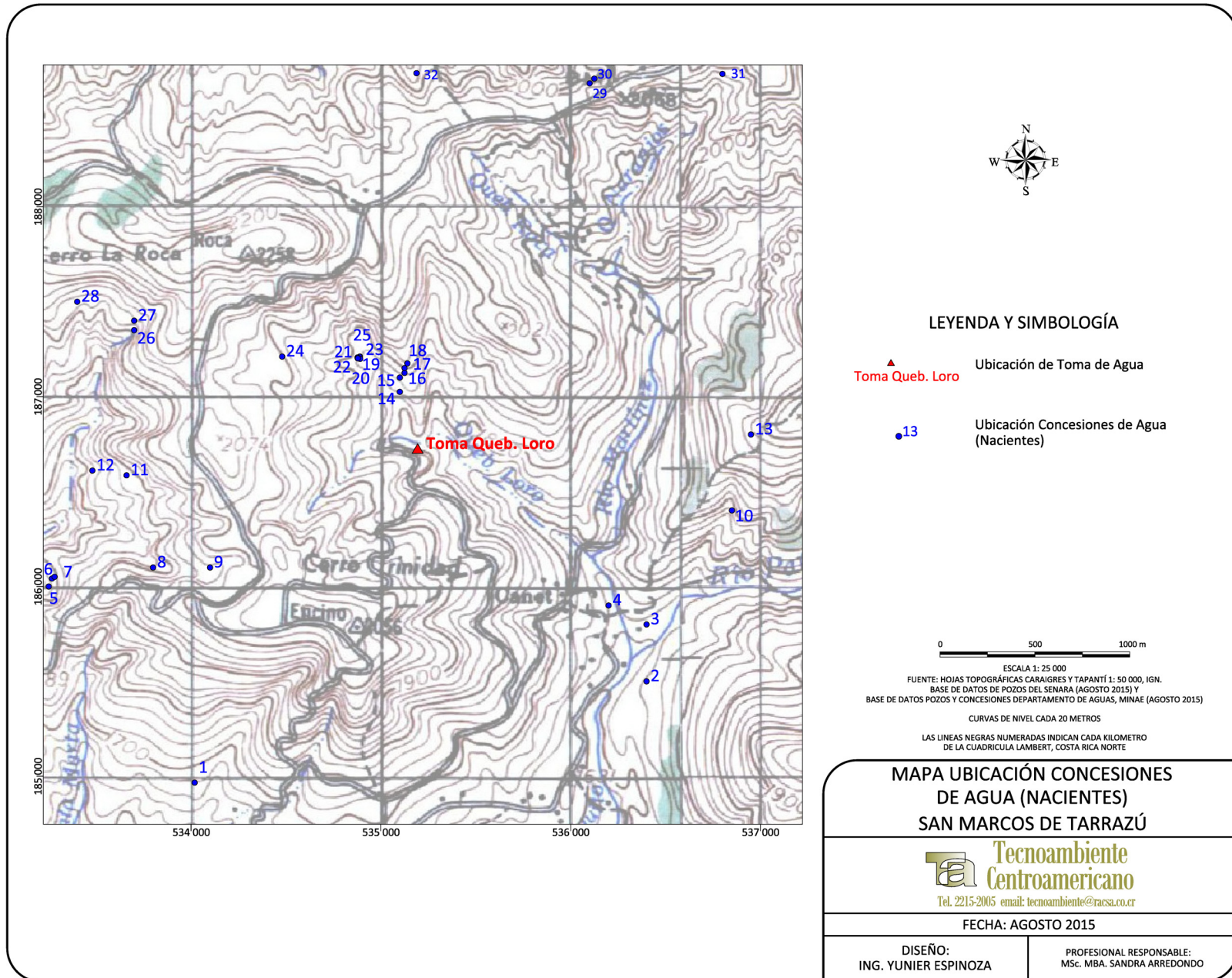


Figura 6. Mapa de ubicación de concesiones de agua solo de nacientes en la zona.

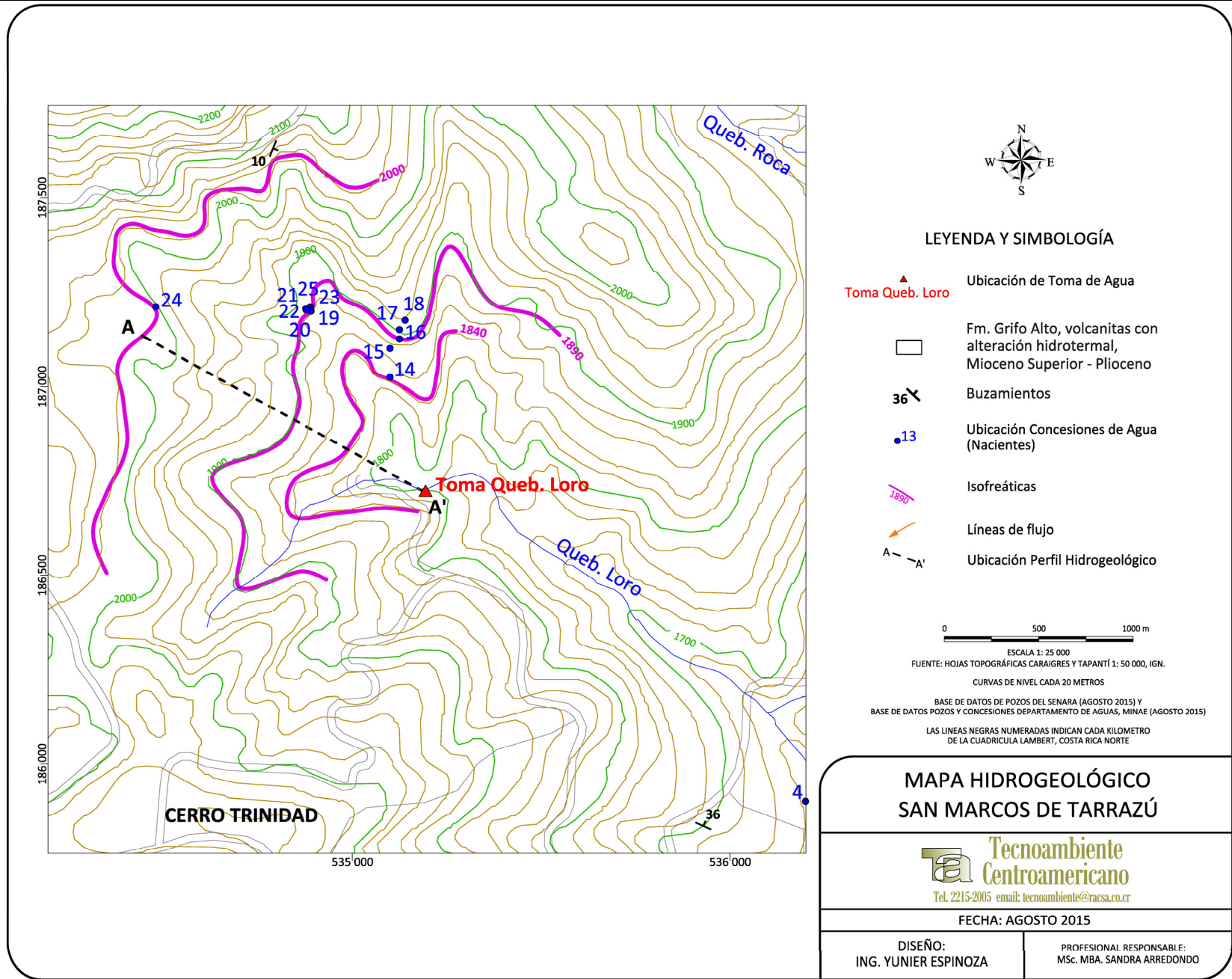


Figura 7. Mapa hidrogeológico de la zona.

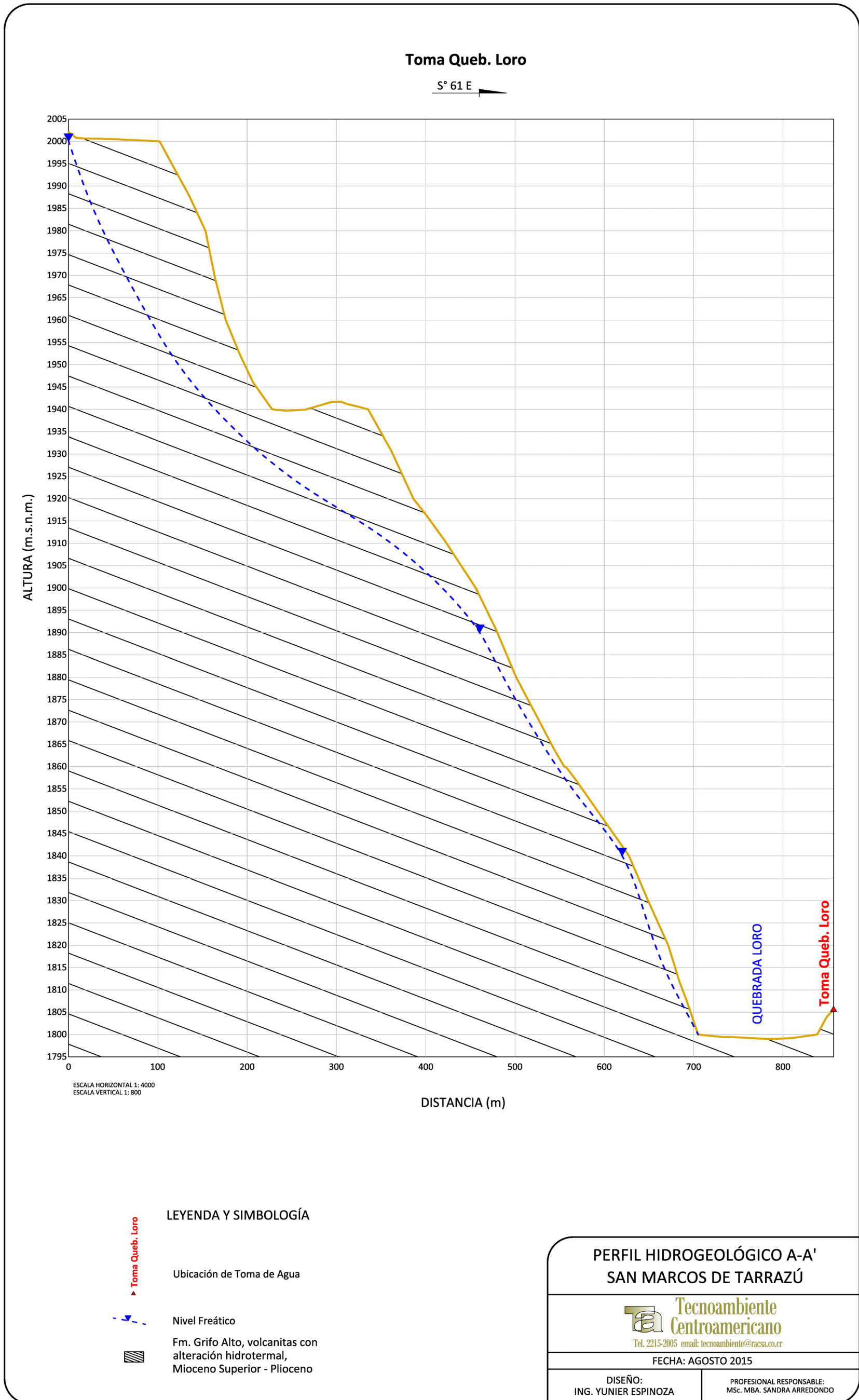


Figura 8. Perfil hidrogeológico.

4 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS SUELOS

4.1 SECTOR TOMA QUEBRADA LORO, TARRAZÚ

Los resultados obtenidos de porosidad y permeabilidad en el campo, para la Toma de la Quebrada Loro en Palmichal de Acosta, se presentan en el Cuadro N° 3, Cuadro N° 4 (Anexo N° 2 y Anexo N° 3) y Cuadro N° 5.

Las ubicaciones de las pruebas de permeabilidad que coinciden con los puntos de muestreo se presentan la Figura 9.




Cuadro N° 3. Resultados de porosidad (Laboratorio INTA, Anexo N° 2)

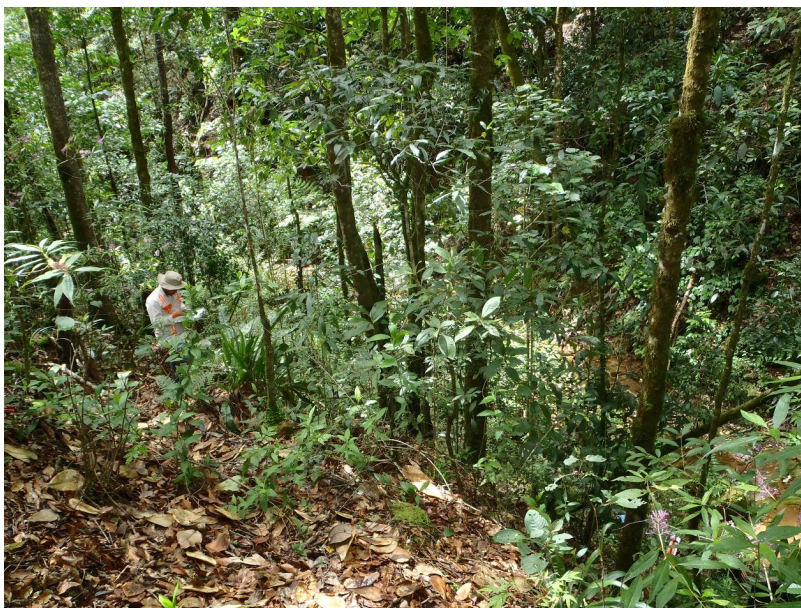
N° Muestra	Punto de muestreo para la toma Quebrada Loro	Porosidad (%)
Quebrada Loro	P7	46,12
	P8	51,24
	P9	50,49
	Promedio	49,28

Cuadro N° 4. Resultados de permeabilidad (método Porchet, Anexo N° 3)

N° Muestra	Punto de prueba de permeabilidad para la toma Quebrada Loro	Permeabilidad(m/d)
Quebrada Loro	P7	5,73
	P8	3,59
	P9	1,21
	Promedio	3,51

Cuadro N° 5. Resumen Pruebas de Permeabilidad

PUNTO	MUESTRA	POROSIDAD (%)	PERMEABILIDAD (m/d)	FOTO
Quebrada Loro	P7	46,12	5,73	
Quebrada Loro	P8	51,24	3,59	
Quebrada Loro	P9	50,49	1,21	



Fotografía 4. Margen izquierda del sitio de toma.



Fotografía 5. Muestreo y medición permeabilidad en margen izquierda del sitio de toma, punto 1.



Fotografía 6. Muestreo y medición permeabilidad en margen izquierda del sitio de toma, punto 1.



Fotografía 7. Medición de permeabilidad en margen izquierda del sitio de toma, punto 1.



Fotografía 8. Medición de permeabilidad en margen izquierda del sitio de toma, punto 1.



Fotografía 9. Medición de permeabilidad en colina sobre margen izquierda del sitio de toma, punto 2.



Fotografía 10. Medición de permeabilidad en colina sobre margen izquierda del sitio de toma, punto 2.



Fotografía 11. Muestreo de suelo en colina sobre margen izquierda del sitio de toma, punto 2.

La ubicación en campo de las Pruebas de permeabilidad se pueden observar en la Figura 9.

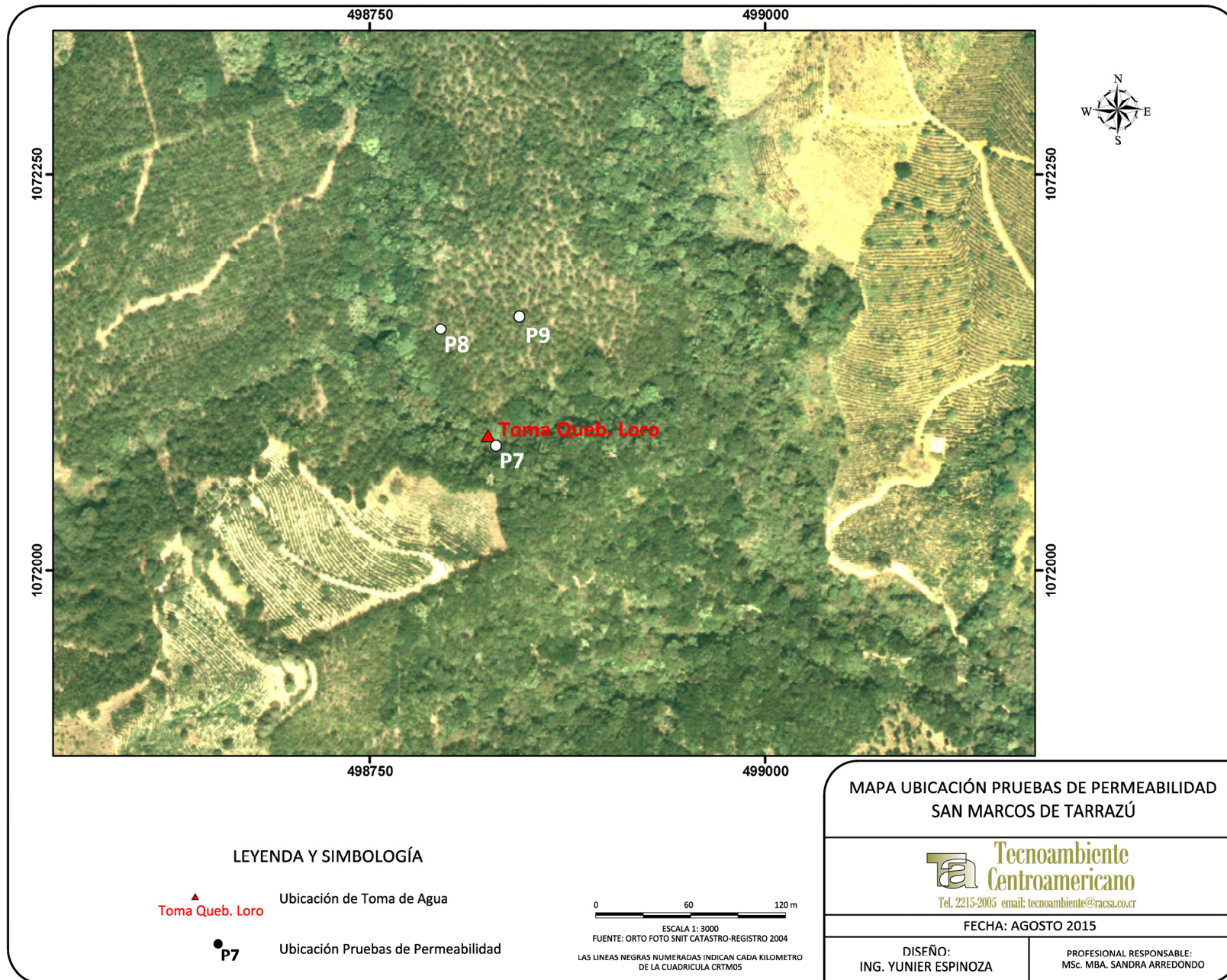


Figura 9. Ubicación Pruebas de Permeabilidad Tarrazú.

5 MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

5.1 TARRAZÚ

El acuífero local se alberga en las rocas volcánicas de Grifo Alto, que en la zona presentan cierto grado de alteración hidrotermal, estas son rocas del Mioceno Superior.

El acuífero presenta un flujo fisural, y descarga en forma de nacientes en diferentes sectores de la zona de estudio, sin embargo ninguna de las nacientes son captadas por la ASADA de Santa Cecilia de San Marcos de Tarrazú, que fue quien solicitó el estudio al AyA, ésta ASADA capta una quebrada llamada Loro.

A partir de las ubicaciones y alturas de las nacientes que están registradas en la zona de estudio, se elaboraron las isofreáticas que muestran una dirección de flujo noreste-suroeste y descargan en dirección a la quebrada Loro que es captada aguas abajo de las nacientes.

El caudal de captación de la quebrada Loro registrado por la ASADA es del orden de los 20 L/seg y los aforos los realiza la respectiva ASADA.

Los caudales registrados en el archivo de la Dirección de Aguas del MINAE, de las nacientes que descargan el acuífero volcánico local presentan caudales máximos de unos 3 L/s, por lo que se clasifica de bajo rendimiento en brotes naturales o en nacientes.

6 ZONAS DE PROTECCIÓN DE LA CAPTACIÓN QUEBRADA LORO

6.1 CUENCA HIDROGRÁFICA

Cuando las tomas de agua se realizan en una quebrada o río, son tomas de aguas superficiales que cierran un punto de control en el sitio de toma de la cuenca hidrográfica donde se ubican.

Tomando en consideración la definición de cuenca hidrográfica como la unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto que puede ser un punto de control como una toma de agua o a otra cuenca o al mar.

En ese sentido, la zona de protección de la toma Quebrada Loro, se extiende en superficie por toda la zona que comprende la cuenca hidrográfica que se cierra en el punto de la toma de agua misma, esto por cuanto cualquier actividad que se realice gradiente arriba de la toma, puede incidir en la calidad y cantidad de la captación.

Estas tomas de agua son más susceptibles a ser afectadas que las nacientes, debido a su misma naturaleza superficial, sin embargo un buen manejo del uso del suelo en la zona de influencia que se define en la Figura 10 y Figura 11 puede mantener un equilibrio entre la calidad, calidad y desarrollo de la zona.

7 CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS FUENTES

En el Anexo N° 4 se adjuntan los resultados físico químicos y bacteriológicos que hay disponibles en el Laboratorio Nacional de Aguas del AYA, para la fuente analizada.

A partir de los análisis físico-químicos se observa que el agua de la toma tiene carácter ácido, reportándose un valor de pH en un rango que fluctúa entre 3,20 y 3,50; no obstante, previo a la conducción hacia los usuarios, específicamente en el tanque de almacenamiento se le da un tratamiento tal que el pH se logra estabilizar a un valor de 7,12, que se considera básicamente neutro y adecuado para el abastecimiento público. Se recomienda mejorar la captación de la toma de agua, para que la obra de captación retenga sedimentos en la medida de lo posible para prevenir turbidez del agua de captación.

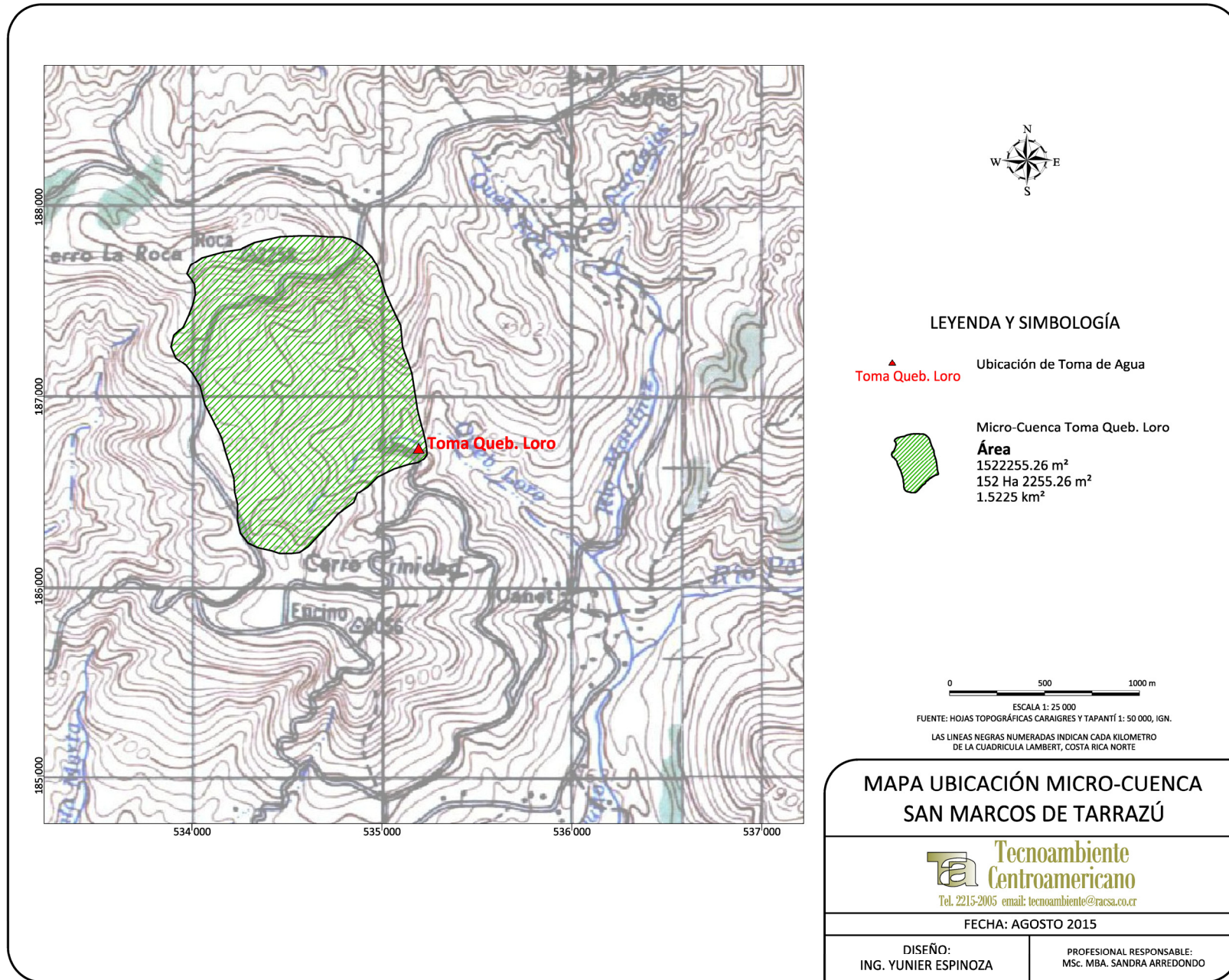


Figura 10. Ubicación micro-cuenca de la toma Quebrada Loro.

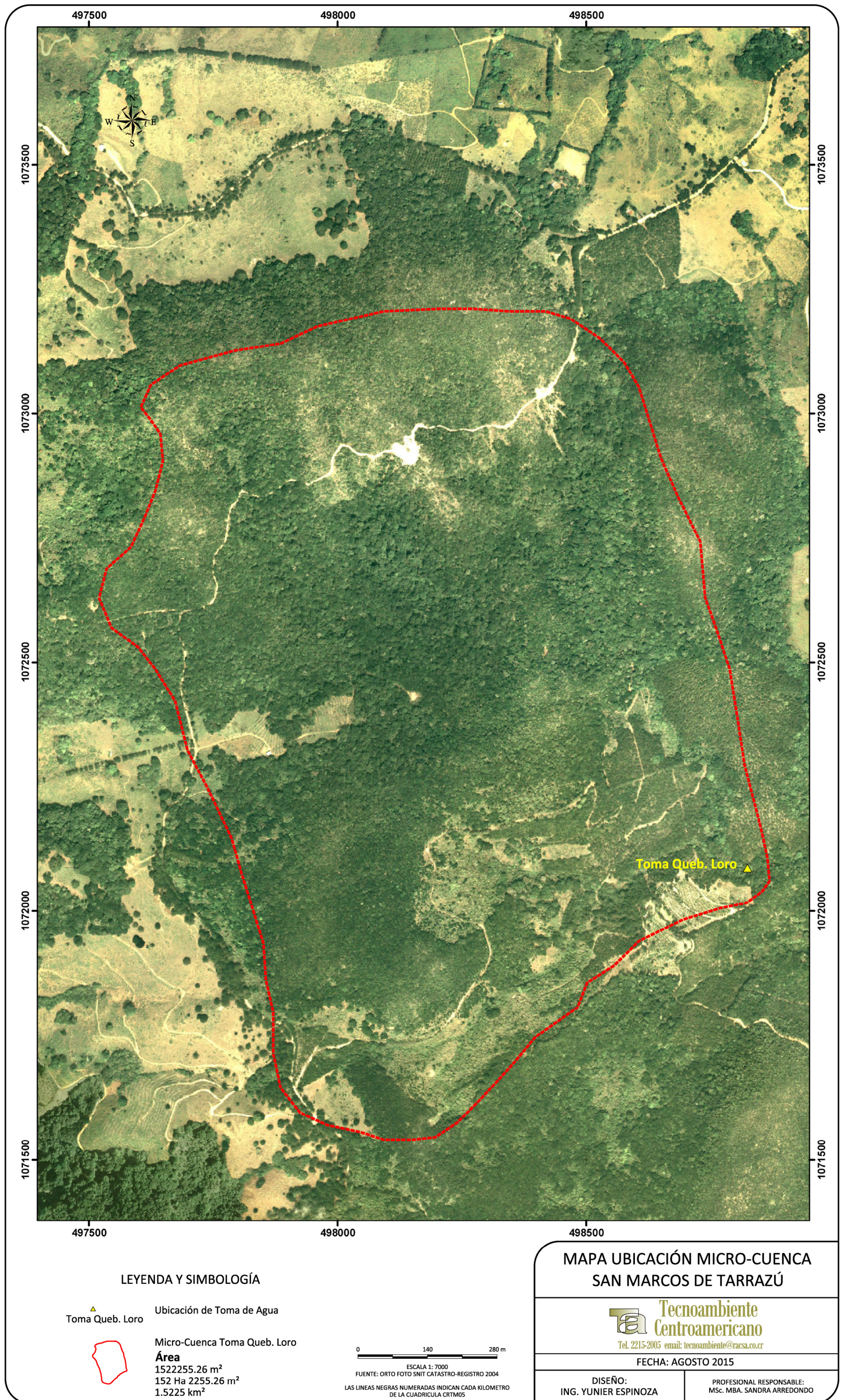


Figura 11. Ubicación micro-cuenca Quebrada Loro en ortofoto.

8 DELIMITACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

El área de la cuenca definida por la toma de agua en la Quebrada Loro por parte de la ASADA de Santa Cecilia de San Marcos de Tarrazú tiene un área de 1,5225 km², que equivale aproximadamente a unas 152,2 hectáreas.

Esta zona que fue definida a partir de los límites de la cuenca hidrográfica que se define aguas arriba de la toma y se considera como la zona de influencia que dependiendo del uso del suelo, puede generar contaminación potencial a la toma, por ese motivo es necesario definir un plan de Manejo de Cuenca que considere las actividades antrópicas que se desarrollan en la actualidad y establecer recomendaciones para el desarrollo socioeconómico de esta área de forma tal que considere la captación de la Quebrada Loro.

Se recomienda una zona de protección regulada por los puntos de análisis de permeabilidad con una distancia del sitio de toma promedio de 85 m y delimitada por el borde de la cuenca en su parte inferior Figura 12, esta zona define un área de 14 307,94 m² equivalentes a 1,430 Hectareas.

Esta condición, no implica un impedimento para el desarrollo económico de la zona, lo que se requiere es que se realice un plan de manejo de esta área para que suceda un crecimiento ordenado y adecuado.

Como el área definida como de influencia a la toma Loro es relativamente grande, se recomienda que se establezca una zona de protección preventiva y operacional de unos 15 m alrededor de la captación donde no se permita que se realice ninguna actividad antrópica que pueda afectar la calidad de la captación.

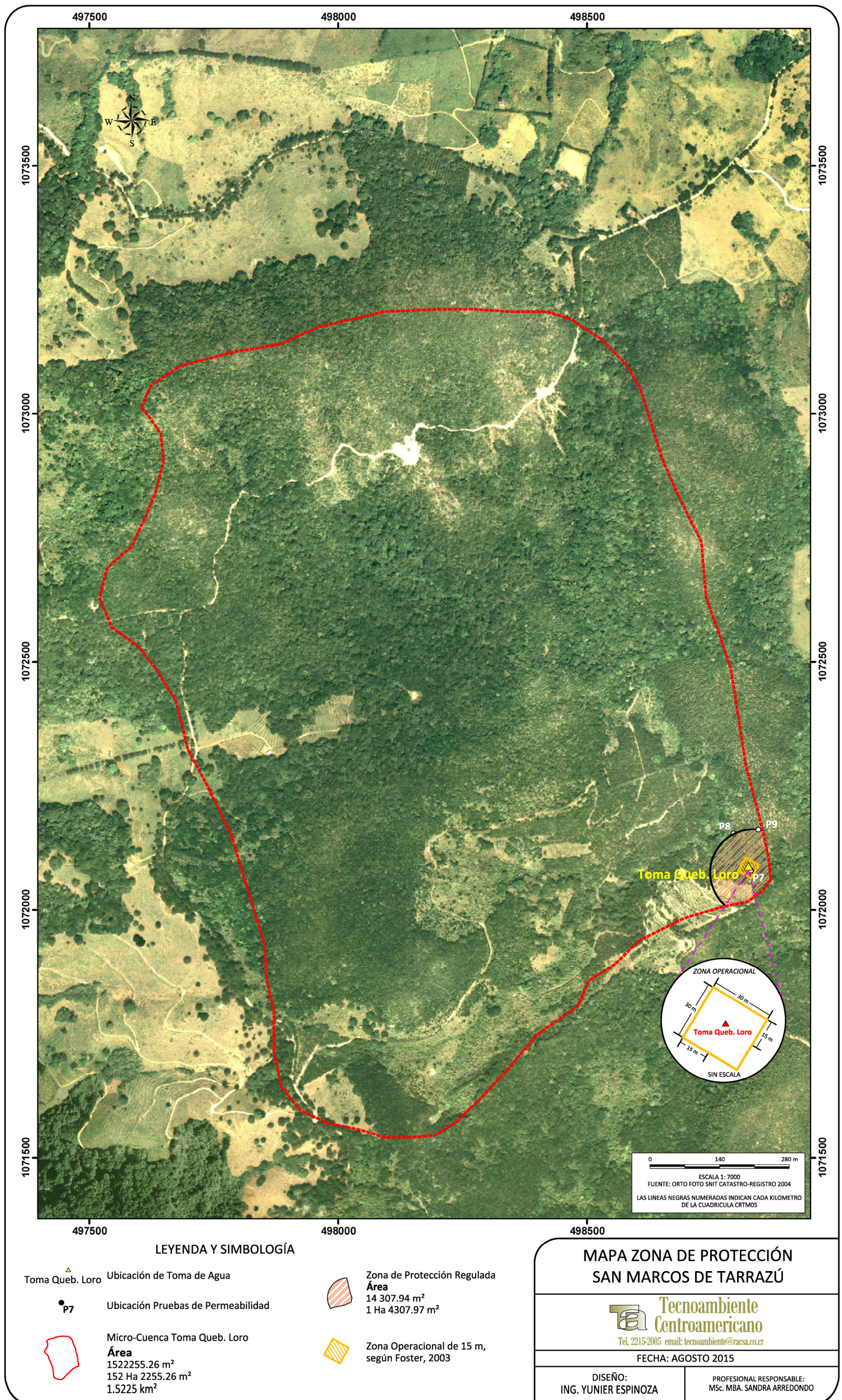


Figura 12. Zona de protección y de manejo de la toma Quebrada Loro en ortofoto.

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La toma de la ASADA Santa Cecilia de San Marcos de Tarrazú, denominado Quebrada Loro, es una toma de agua superficial, esta ASADA no cuenta con tomas de agua en nacientes ni pozos, por ese motivo se procedió a definir el área de la zona de influencia de esta toma, considerando el criterio de Cuenca Hidrográfica.

No obstante esta ASADA no cuenta con captaciones de nacientes, durante la investigación se procedió a analizar la geología e hidrogeología local, identificándose un acuífero local albergado en los materiales volcánicos de la Formación Grifo Alto que presenta descarga del mismo en forma de nacientes algunas captadas por otras ASADAS y también descarga como flujo base de los ríos y quebradas de la zona.

Con base en la presencia de nacientes dispersas que en algunos casos son captadas por otras ASADAS cercanas, se confeccionaron las curvas isofreáticas que muestran la red de flujo con dirección de la gradiente hidráulica en sentido noroeste –sureste, descargando hacia la Quebrada Loro.

Las permeabilidades obtenidas a partir de pruebas de permeabilidad con el método Porchet, muestran valores de infiltración de moderados a altos en suelos residuales desarrollados sobre las rocas volcánicas de Grifo Alto que albergan al acuífero local.

La cuenca delimitada por la captación de la quebrada Loro, presenta un área de 1,5225 km² que equivale a unas 152,2 hectáreas, dentro de la cual se ha delimitado la zona de protección regulada definida por los puntos donde se efectuaron las pruebas de permeabilidad con una distancia promedio desde la toma de 85 m y delimitada por el borde de la cuenca en su parte baja, para un área de 14 307,94 m² equivalentes a 1,430 Hectareas.

A partir de las características de las rocas que afloran en la zona se considera que el pH o acidez de la fuente es normal que presente valores bajos o sea, ácidos, donde el rango varía entre 3,20 y 3,50, por tal motivo al agua de abastecimiento se le realiza un tratamiento en el tanque de almacenamiento que permite neutralizar el agua a niveles de 7,12 y de esta forma cumple con la norma de potabilidad.

Con el fin de mantener buenas características de calidad y cantidad en la fuente captada, se recomienda realizar un manejo integral de la cuenca sin embargo, se recomienda que se establezca una zona de protección preventiva y operacional de unos 15 m alrededor de la captación donde no se permita que se realice ninguna actividad antrópica que pueda afectar la calidad de la captación.

Además, se recomienda realizar análisis de calidad de aguas y mediciones de caudales periódicas a lo largo del año hidrológico y verificar si se mantiene su calidad y cantidad en el tiempo.

10 REFERENCIAS

- 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.
- Arias, O. & Denyer, P., 1990: Geología de la hoja Caraigres. - Instituto Geográfico Nacional, 1 hoja escala 1:50 000.
- Denyer, P. & Arias, O., 1991: Estratigrafía de la Región Central de Costa Rica. - Revista Geológica de América Central, 12:1-59.
- Denyer, P. & Alvarado, G.E., 2007: Mapa geológico de Costa Rica. – Escala 1:400 000. Librería Francesa S.A., San José.
- 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.
- Mac Millan, I., Gans, P.B. & Alvarado, G., 2004: Middle Miocene present plate tectonic history of the southern Central American Volcanic Arc. – Tectonophysics, 392: 325-348.
- Marshall, J.S., Idleman, B.D., Gardner, T.W. & Fisher, D.M., 2003: Landscape evolution within a retreating volcanic arc, Costa Rica, Central America. - Geology, 31 (5):419-422.

ANEXO N° 1

REGISTRO DE AFOROS QUEBRADA LORO

ANEXO N° 2
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: **TECNOAMBIENTE CENTROAMERICANO S.A.**

FECHA: 29/07/2015

BARRANCA-PALMICHAL-SAN MARCOS

FAX: 2215-2003

INFORME #:

IDENT.		D.aparente	D.Real	Porosidad	
# LAB.	#CAMPO	(gr/cc)	(gr/cc)	(%)	
3447	Puntarenas	1,1 5	2,21	47,9 6	P1-P1
3448	Puntarenas	1,1 2	2,22	49,5 5	P1-P2
3449	Puntarenas	1,1 6	2,19	47,0 3	P1-P3
3450	Puntarenas	1,1 8	2,23	47,0 9	P2-P1
3451	Puntarenas	1,1 5	2,21	47,9 6	P2-P2
3452	Puntarenas	1,2 1	2,26	46,4 6	P2-P3
3453	Acosta	1,2 7	2,32	45,2 6	P1-PALMICHAL
3454	Acosta	1,3 1	2,31	42,3 9	P2-PALMICHAL
3455	Acosta	1,1 4	2,19	47,9 5	P3-PALMICHAL
3456	Acosta	1,1 3	2,18	48,1 7	P4-PALMICHAL
3457	Acosta	1,1 1	2,14	48,1 3	P5-PALMICHAL
3458	Acosta	1,1 2	2,15	47,9 1	P6-PALMICHAL
3459	Tarrazu	1,2 5	2,32	46,1 2	P7-San Marcos-Sta Cecilia
3460	Tarrazu	0,9 8	2,01	51,2 4	P8-San Marcos-Sta Cecilia
3461	Tarrazu	1,0 1	2,04	50,4 9	P9-San Marcos-Sta Cecilia



Ing. Alexis Vargas Villagra

INTA-TARRAZÚ

ANEXO N° 3 PRUEBAS DE PERMEABILIDAD

PROYECTO: Aya PALMICHAL P7-SAN MARCOS-SANTA CECILIA

PRUEBA DE PERMEABILIDAD # 1 PALMICHAL - P7 SN.MARCOS- STA.CECILIA	Este (m)	535199.0	Norte (m)	186713.0
	Fecha:	08/07/2015	Hora:	
	t1 (min)	0.0	t1 (s)	0.0
	t2 (min)	5.0	t2 (s)	300.0
	H1 (cm)	13.0	H1 (mm)	130.0
	H2 (cm)	5.4	H2 (mm)	54.0
	r (cm)	8.6	r (mm)	86.3
	k (cm/min)	0.4987295	k (mm/s)	0.0831216

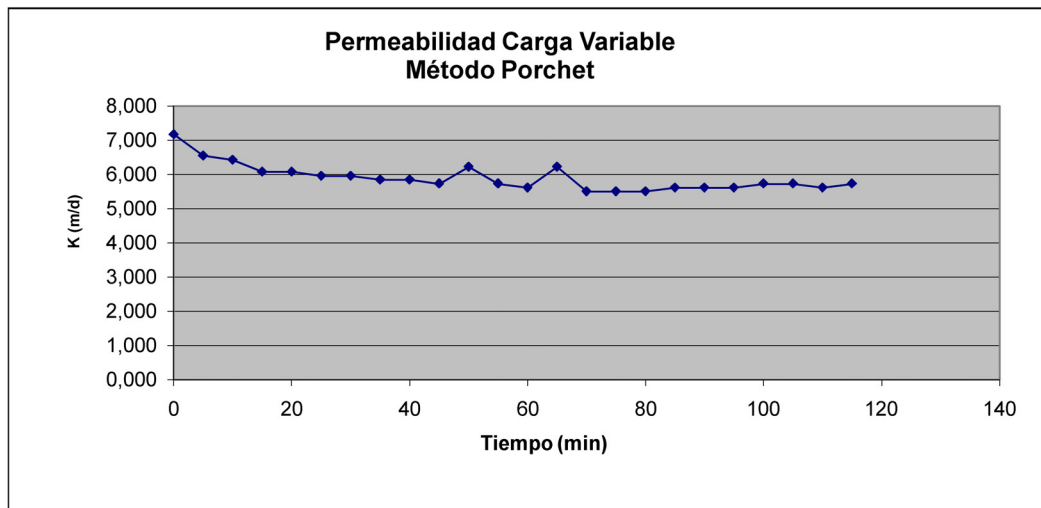
t1 (d)	0.0000	t1 (seg)	0.00
t2 (d)	0.0035	t2 (seg)	300.00
H1 (m)	0.1300	H1 (cm)	13.00
H2 (m)	0.0540	H2 (cm)	5.40
r (m)	0.0863	r (cm)	8.63

FORMULA APLICADA

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

k (m/d)	7.1817049	k (cm/seg)	0.0083122
---------	-----------	------------	-----------

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	5.40	8.63	0.4987295	0.0831216	7.1817049	0.0083122
5	10	13.0	5.90	8.63	0.4554189	0.0759031	6.5580316	0.0075903
10	15	13.0	6.00	8.63	0.4470116	0.0745019	6.4369669	0.0074502
15	20	13.0	6.30	8.63	0.4222703	0.0703784	6.0806921	0.0070378
20	25	13.0	6.30	8.63	0.4222703	0.0703784	6.0806921	0.0070378
25	30	13.0	6.40	8.63	0.4141783	0.0690297	5.9641681	0.0069030
30	35	13.0	6.40	8.63	0.4141783	0.0690297	5.9641681	0.0069030
35	40	13.0	6.50	8.63	0.4061616	0.0676936	5.8487265	0.0067694
40	45	13.0	6.50	8.63	0.4061616	0.0676936	5.8487265	0.0067694
45	50	13.0	6.60	8.63	0.3982186	0.0663698	5.7343474	0.0066370
50	55	13.0	6.17	8.63	0.4329045	0.0721508	6.2338254	0.0072151
55	60	13.0	6.60	8.63	0.3982186	0.0663698	5.7343474	0.0066370
60	65	13.0	6.70	8.63	0.3903480	0.0650580	5.6210114	0.0065058
65	70	13.0	6.17	8.63	0.4329045	0.0721508	6.2338254	0.0072151
70	75	13.0	6.80	8.63	0.3825486	0.0637581	5.5086998	0.0063758
75	80	13.0	6.80	8.63	0.3825486	0.0637581	5.5086998	0.0063758
80	85	13.0	6.80	8.63	0.3825486	0.0637581	5.5086998	0.0063758
85	90	13.0	6.70	8.63	0.3903480	0.0650580	5.6210114	0.0065058
90	95	13.0	6.70	8.63	0.3903480	0.0650580	5.6210114	0.0065058
95	100	13.0	6.70	8.63	0.3903480	0.0650580	5.6210114	0.0065058
100	105	13.0	6.60	8.63	0.3982186	0.0663698	5.7343474	0.0066370
105	110	13.0	6.60	8.63	0.3982186	0.0663698	5.7343474	0.0066370
110	115	13.0	6.70	8.63	0.3903480	0.0650580	5.6210114	0.0065058
115	120	13.0	6.60	8.63	0.3982186	0.0663698	5.7343474	0.0066370
					0.4235438	0.0705906	5.9056009	0.0070591



PROYECTO: Aya PALMICHAL P8-SAN MARCOS-SANTA CECILIA

PRUEBA DE PERMEABILIDAD # 2 PALMICHAL - P8 SN.MARCOS- STA.CECILIA	Este (m)	535164.0	Norte (m)	186787.0
	Fecha:	08/07/2015	Hora:	
	t1 (min)	0.0	t1 (s)	0.0
	t2 (min)	5.0	t2 (s)	300.0
	H1 (cm)	18.0	H1 (mm)	180.0
	H2 (cm)	11.8	H2 (mm)	118.0
	r (cm)	8.6	r (mm)	86.3
	k (cm/min)	0.2809139	k (mm/s)	0.0468190

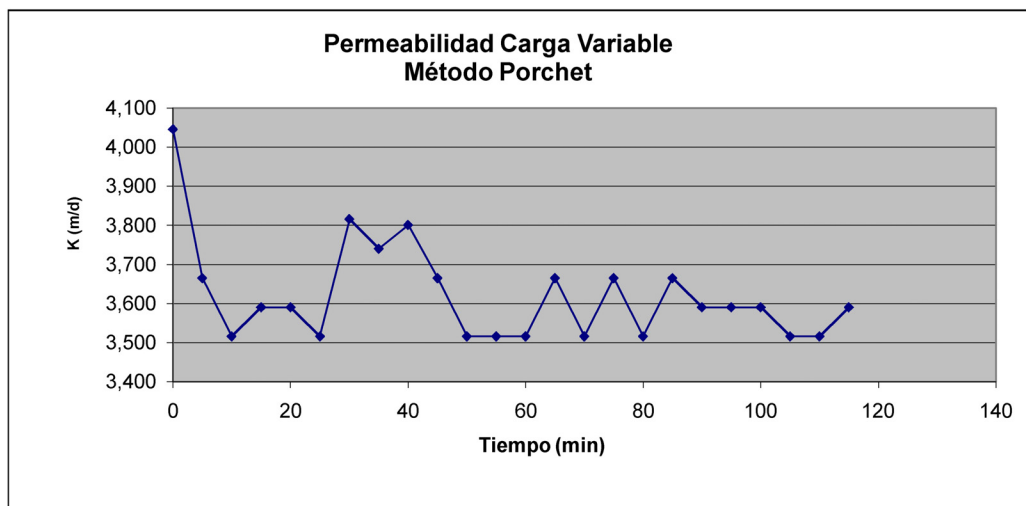
t1 (d)	0.0000	t1 (seg)	0.00
t2 (d)	0.0035	t2 (seg)	300.00
H1 (m)	0.1800	H1 (cm)	18.00
H2 (m)	0.1180	H2 (cm)	11.80
r (m)	0.0863	r (cm)	8.63

FORMULA APLICADA

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

k (m/d)	4.0451603	k (cm/seg)	0.0046819
---------	-----------	------------	-----------

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	11.80	8.63	0.2809139	0.0468190	4.0451603	0.0046819
5	10	18.0	12.30	8.63	0.2545446	0.0424241	3.6654424	0.0042424
10	15	18.0	12.50	8.63	0.2442184	0.0407031	3.5167454	0.0040703
15	20	18.0	12.40	8.63	0.2493661	0.0415610	3.5908715	0.0041561
20	25	18.0	12.40	8.63	0.2493661	0.0415610	3.5908715	0.0041561
25	30	18.0	12.50	8.63	0.2442184	0.0407031	3.5167454	0.0040703
30	35	18.0	12.10	8.63	0.2649958	0.0441660	3.8159401	0.0044166
35	40	18.0	12.20	8.63	0.2597544	0.0432924	3.7404634	0.0043292
40	45	18.0	12.12	8.63	0.2639450	0.0439908	3.8008081	0.0043991
45	50	18.0	12.30	8.63	0.2545446	0.0424241	3.6654424	0.0042424
50	55	18.0	12.50	8.63	0.2442184	0.0407031	3.5167454	0.0040703
55	60	18.0	12.50	8.63	0.2442184	0.0407031	3.5167454	0.0040703
60	65	18.0	12.50	8.63	0.2442184	0.0407031	3.5167454	0.0040703
65	70	18.0	12.30	8.63	0.2545446	0.0424241	3.6654424	0.0042424
70	75	18.0	12.50	8.63	0.2442184	0.0407031	3.5167454	0.0040703
75	80	18.0	12.30	8.63	0.2545446	0.0424241	3.6654424	0.0042424
80	85	18.0	12.50	8.63	0.2442184	0.0407031	3.5167454	0.0040703
85	90	18.0	12.30	8.63	0.2545446	0.0424241	3.6654424	0.0042424
90	95	18.0	12.40	8.63	0.2493661	0.0415610	3.5908715	0.0041561
95	100	18.0	12.40	8.63	0.2493661	0.0415610	3.5908715	0.0041561
100	105	18.0	12.40	8.63	0.2493661	0.0415610	3.5908715	0.0041561
105	110	18.0	12.50	8.63	0.2442184	0.0407031	3.5167454	0.0040703
110	115	18.0	12.50	8.63	0.2442184	0.0407031	3.5167454	0.0040703
115	120	18.0	12.40	8.63	0.2493661	0.0415610	3.5908715	0.0041561
					0.2537325	0.0422888	3.6218967	0.0042289



PROYECTO: AyA PALMICHAL P9-SAN MARCOS-SANTA CECILIA

PRUEBA DE PERMEABILIDAD # 3 PALMICHAL - P9 SN.MARCOS- STA.CECILIA	Este (m)	525213.8
	Fecha:	08/07/2015
	t1 (min)	0.0
	t2 (min)	25.0
	H1 (cm)	120.0
	H2 (cm)	12.3
	r (cm)	8.6
	k (cm/min)	0.3473597

Norte (m)	186795.0
Hora:	
t1 (s)	0.0
t2 (s)	1500.0
H1 (mm)	1200.0
H2 (mm)	123.0
r (mm)	86.3
k (mm/s)	0.0578933

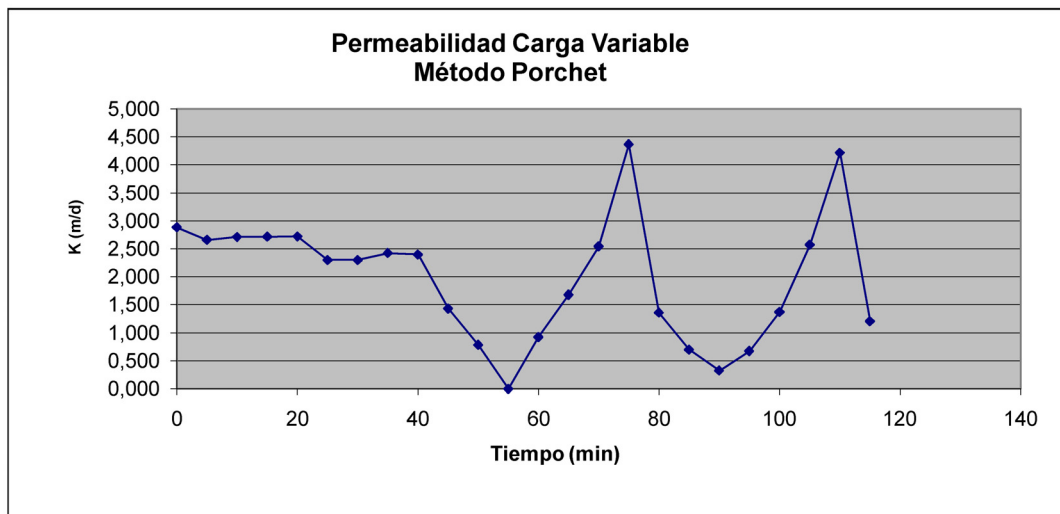
t1 (d)	0.0000	t1 (seg)	0.00
t2 (d)	0.0174	t2 (seg)	1500.00
H1 (m)	1.2000	H1 (cm)	120.00
H2 (m)	0.1230	H2 (cm)	12.30
r (m)	0.0863	r (cm)	8.63

FORMULA APLICADA

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

k (m/d)	5.0019797	k (cm/seg)	0.0057893
---------	-----------	------------	-----------

T1 (min)	T2 (min)	H1 (cm)	H2 (cm)	Radio (cm)	k (cm/min)	k (mm/s)	k (m/d)	k (cm/seg)
0	5	14.0	10.20	8.63	0.2006801	0.0334467	2.8897937	0.0033447
5	10	10.2	7.40	8.63	0.1849517	0.0308253	2.6633046	0.0030825
10	15	7.4	5.10	8.63	0.1886224	0.0314371	2.7161623	0.0031437
15	20	14.0	10.40	8.63	0.1888702	0.0314784	2.7197302	0.0031478
20	25	10.4	7.50	8.63	0.1894263	0.0315711	2.7277390	0.0031571
25	30	7.5	5.50	8.63	0.1600503	0.0266751	2.3047247	0.0026675
30	35	14.0	10.90	8.63	0.1600335	0.0266723	2.3044827	0.0026672
35	40	10.9	8.20	8.63	0.1685904	0.0280984	2.4277015	0.0028098
40	45	8.2	6.00	8.63	0.1668427	0.0278071	2.4025354	0.0027807
45	50	14.0	12.00	8.63	0.0997934	0.0166322	1.4370251	0.0016632
50	55	12.0	11.00	8.63	0.0545866	0.0090978	0.7860476	0.0009098
55	60	11.0	11.00	8.63	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
60	65	11.0	9.90	8.63	0.0643237	0.0107206	0.9262613	0.0010721
65	70	9.9	8.10	8.63	0.1168436	0.0194739	1.6825475	0.0019474
70	75	8.1	5.80	8.63	0.1768166	0.0294694	2.5461587	0.0029469
75	80	5.8	2.80	8.63	0.3036157	0.0506026	4.3720659	0.0050603
80	85	14.0	12.10	8.63	0.0945199	0.0157533	1.3610872	0.0015753
85	90	12.1	11.20	8.63	0.0486631	0.0081105	0.7007481	0.0008111
90	95	11.2	10.80	8.63	0.0225413	0.0037569	0.3245944	0.0003757
95	100	10.8	10.00	8.63	0.0469297	0.0078216	0.6757873	0.0007822
100	105	10.0	8.50	8.63	0.0955268	0.0159211	1.3755864	0.0015921
105	110	8.5	6.10	8.63	0.1789597	0.0298266	2.5770196	0.0029827
110	115	6.1	3.10	8.63	0.2931974	0.0488662	4.2220430	0.0048866
115	120	14.0	12.30	8.63	0.0840687	0.0140115	1.2105894	0.0014011
					0.1405209	0.0234201	1.9730723	0.0023420



ANEXO N° 4
RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS Y
BACTERIOLÓGICOS DISPONIBLES EN EL
LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS DEL AYA