

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



**INFORME DE RESULTADOS DE VISITA DE CAMPO A SAN RAFAEL
EVALUACIÓN DE CONDICIONES GEOLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS DE SITIO
SAN RAFAEL, CARMONA, NANDAYURE, GUANACASTE**



ASADA DE SAN RAFAEL

Elaboración:

MSc. A. Sofía Ramírez Vargas
Hidrogeóloga

Geól. José Daniel Vargas Bolaños

Asistencia de campo:
Gestor Experto Marvin Gómez Barquero
Funcionarios de la ASADA de San Rafael de Carmona

Supervisión, revisión y VB°:
MSc. Viviana Ramos Sánchez, Hidrogeóloga
Dirección del Área Funcional de Hidrogeología

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, Eric Alonso Bogantes Cabezas

N° Cédula: 5-251-0327

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como 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 y Catálogo en línea (OPAC).

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: gerenciageneral@aya.go.cr N° Teléfono: 2242-5090



Firmado digitalmente
por ERIC ALONSO
BOGANTES CABEZAS
(FIRMA)
Fecha: 2021.06.16
17:21:24 -06'00'

Firma: _____

**INFORME DE RESULTADOS DE VISITA DE CAMPO A SAN RAFAEL
EVALUACIÓN DE CONDICIONES GEOLÓGICAS E HIDROGEOLÓGICAS DE SITIO
SAN RAFAEL, CARMONA, NANDAYURE, GUANACASTE
ASADA DE SAN RAFAEL**

I. INTRODUCCIÓN

En atención al Decreto Ejecutivo N° 38642-MP-MAG (diario oficial La Gaceta N° 195 del viernes 10 de octubre de 2014), donde el Presidente de la República, Ministro de la Presidencia y el Ministro de Agricultura y Ganadería, declaran estado de emergencia la situación generada por la sequía que afecta los cantones de Liberia, Tilarán, Nicoya, Santa Cruz, Bagaces, Carrillo, Cañas, Abangares, Nandayure, La Cruz y Hojancha de la provincia de Guanacaste, los cantones de Aguirre, Garabito, Montes de Oro, Esparza y Cantón Central de la provincia de Puntarenas, y los cantones de Orotina, San Mateo y Atenas de la provincia de Alajuela; es que el día jueves 09 de julio del 2015, la Dirección del Área Funcional de Hidrogeología de la UEN de Gestión Ambiental de la Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo, por indicación de la Presidenta Ejecutiva del AyA, asiste en calidad de comitiva de la misma, a una reunión en Liberia de Guanacaste.

En dicha reunión, se indica por parte de la Presidenta, MSc. Yamileth Astorga Espeleta, que existen varias ASADAS de Guanacaste con problemas de abastecimiento de agua potable, por lo cual se solicita al Área Funcional de Hidrogeología el acompañamiento, para entrevistarse con varios funcionarios de dichas ASADAS. Lo anterior con el objetivo de conocer los problemas que aquejan a las diferentes comunidades afectadas y darles la atención necesaria dentro de las facultades y funciones que competen al Área Funcional de Hidrogeología.

En cumplimiento con lo acordado en la reunión del 09 de julio del 2015, celebrada en Liberia de Guanacaste, con respecto al tema del recurso hídrico administrado por varias ASADAS de distintas comunidades de Guanacaste; el Área Funcional de Hidrogeología de la UEN de Gestión Ambiental de AyA, según indicaciones de la Presidencia Ejecutiva de AyA, procedió a realizar varias visitas de campo a las diferentes localidades y sus alrededores.. Dentro de las giras se programó y realizó la visita de campo a la localidad de San Rafael de Carmona de Nandayure, para el día jueves 23 de julio del 2015. Lo anterior con el fin de *realizar un diagnóstico o valoración geológica de algunos sitios de interés para la ASADA*; así como, *determinar si las condiciones geológicas existentes en la zona, permiten o no valorar sitios para la posible perforación de un pozo de extracción de aguas subterráneas*, como medida previsor de abastecimiento futuro de la población de esta comunidad.

Según indicación por parte de la secretaria de la ASADA de San Rafael de Carmona de Nandayure, durante reunión el día de la gira (23 de julio del 2015), el área de interés es lo que se conoce como San Rafael Abajo, ya que San Rafael Arriba posee agua propia (de nacientes y río).

1.1 Objetivo General

- Visitar la zona de San Rafael de Carmona de Nandayure, para hacer una valoración geológica-hidrogeológica de la misma, con el fin de ubicar los sitios de interés para esta comunidad (en tema de recurso hídrico), así como para evaluar si las condiciones geológicas existentes, permiten o no obtener resultados favorables para proponer la

ubicación de algún punto factible de perforación futura de un pozo de extracción de aguas subterráneas en la zona.

1.2 Objetivos Específicos

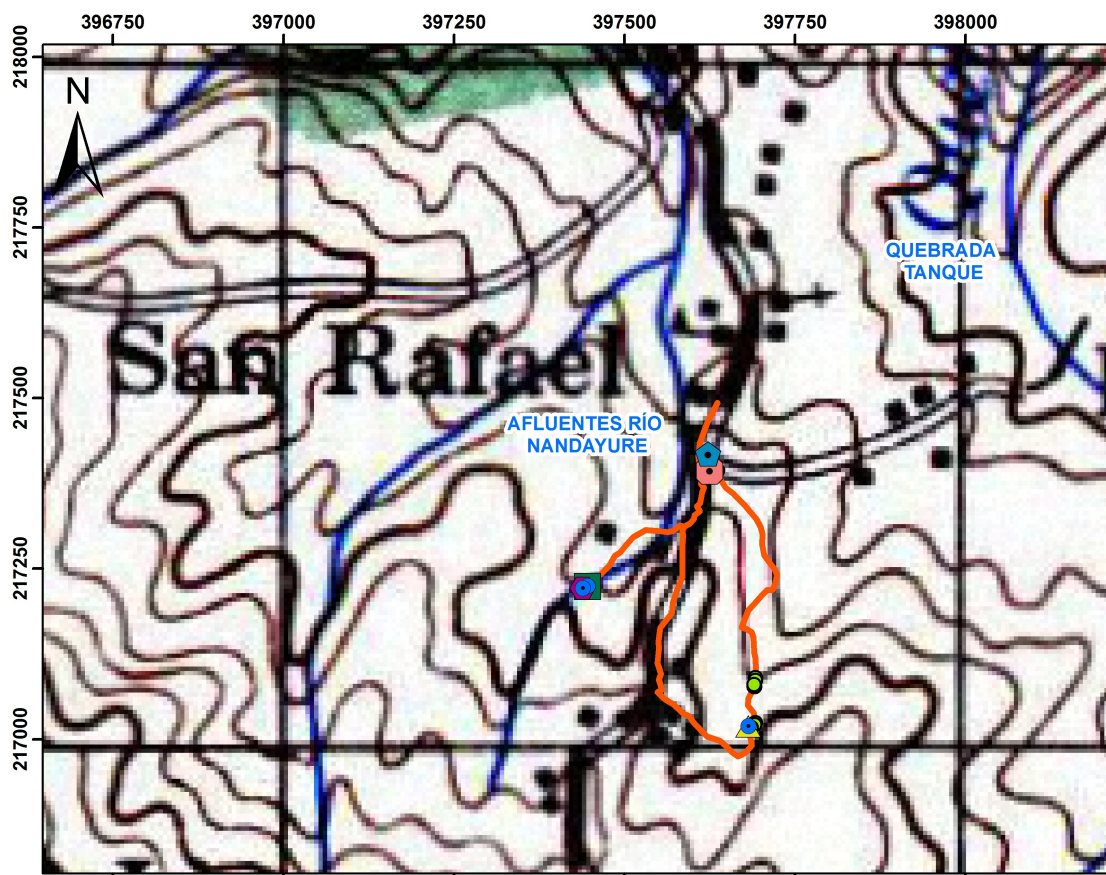
- Visitar la zona de San Rafael de Carmona de Nandayure, para hacer una valoración de esta área, desde el punto de vista geológico-hidrogeológico, con el fin de poder conocer mejor las condiciones del recurso hídrico de interés para esta comunidad (en este caso: reunión de las nacientes captadas).
- Determinar para la localidad de San Rafael de Carmona de Nandayure, si las condiciones geológicas existentes en ella, permiten o no valorar sitios para la posible perforación de un pozo de extracción de aguas subterráneas, como medida previsor de abastecimiento futuro de la población en esta área.

1.3 Ubicación cartográfica de la zona de estudio

La **Figura 1** muestra la amplitud de la zona de estudio en San Rafael de Carmona, la cual se ubica específicamente entre las coordenadas Este 397400 - 397700 m y Norte 216960 - 217430 m, cuadrante Costa Rica Lambert Norte, hoja topográfica Cerro Azul (IGNCR), a escala 1:50 000. Además se presentan destacados los puntos de interés para la ASADA de San Rafael de Carmona (sitios visitados), acordados mediante reunión realizada en dicha localidad, el jueves 23 de julio del 2015.

Se aclara que el área de estudio abarca la localidad de San Rafael Abajo, como sus alrededores. Se estableció este recorrido debido a las vías de acceso a los sitios que son de interés para los funcionarios de la ASADA de San Rafael de Carmona.

Se indica que todos los puntos de control levantados en la gira, fueron establecidos en el campo. Las coordenadas fueron tomadas con GPS marca Garmin Montana 650 (precisión del dato de ubicación: ± 4 m).



INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADO

UEN GESTIÓN AMBIENTAL

ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA



Figura 1. Ubicación de la zona
de estudio. San Rafael,
Nandayure, Guanacaste.

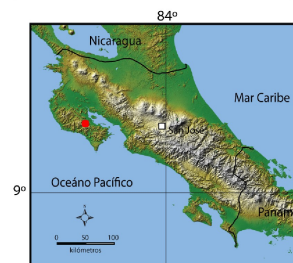
Base topográfica: hoja CERRO AZUL,
escala 1:50000, IGN.

Elaboró: Geól. José Daniel Vargas B.

Simbología

- Nacientes
- ◆ Tereno frente vía pública
- ▲ Naciente #1
- Naciente #2a
- ◆ Naciente #2b
- Tanque de reunión
- Sitios levantamiento
- Recorrido San Rafael

0 0.1 0.2 0.4
Km



Agosto, 2015

II. METODOLOGÍA SEGUIDA EN LA GIRA

Durante la visita de inspección al área de estudio, se realizaron las siguientes actividades, las cuales se describen oportunamente en el presente capítulo:

- Reunión con los funcionarios de la ASADA de San Rafael de Carmona.
- Descripción básica de campo de los sitios de interés acordados en la reunión con la ASADA.
- Análisis Geológico-Estructural de la zona de estudio.
- Resultados con respecto a la posible perforación de pozos en la zona.

Cabe aclarar que el modelo geológico de sitio, fue concretado posterior a la gira. Lo anterior debido a que para este tipo de investigaciones, se hace necesario someter a verificación el modelo levantado en el campo. Se indica que se ha realizado para estos efectos, el debido proceso de correlación de la información.

2.1. Reunión con los funcionarios de la ASADA de San Rafael de Carmona.

El día jueves 23 de julio del 2015, integrantes de la Asociación Administradora de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados de San Rafael de Carmona y personeros de AyA, nos reunimos en el pueblo de San Rafael. Estuvieron presentes por parte de la ASADA, primero el señor Danilo Sánchez (Tesorero), quien nos remite con la señora Carmen Lidia Cruz Segura (Secretaria). Participa en la gira el señor Rodolfo Sibaja Oviedo, parte de la comunidad. Por parte del AyA se apersonaron: el Gestor Experto Marvin Gómez, el Geól. José Daniel Vargas Bolaños y la MSc. Sofía Ramírez Vargas, del Área Funcional de Hidrogeología.

Entre los temas expuestos por los funcionarios de la ASADA de San Rafael de Carmona se mencionan los siguientes aspectos (minuta de la reunión):

1. Según indica el señor Danilo Sánchez (Tesorero), cito: “ellos está bien de agua por ahora con las nacientes. No hay urgencia. Hay como 20 familias no permanentes -20 abonados”. Por parte del AyA se solicita el nombre del presidente de la ASADA para aclarar esta situación y saber si es necesario proseguir con la visita o no. Para lo cual se nos indica que el presidente de la ASADA se llama don Mauricio Gómez, sin embargo, que no se encontraba en ese momento. Se pide referencia de algún otro miembro de la ASADA y se nos remite entonces con la secretaria de la ASADA.
2. La señora Carmen Lidia Cruz Segura (Secretaria), indica, cito: “que sí están interesados en que se realice la visita de campo. Que San Rafael se divide en dos partes: los de San Rafael Arriba, que cuentan con agua propia de nacientes y río (son como 10 casas); y los de San Rafael Abajo que son ellos, que aprovechan dos nacientes”.
3. Existe una necesidad de recurso hídrico, pues existe un temor de que las captaciones de nacientes en la zona, utilizadas por la ASADA para abastecimiento público, no den abasto para la demanda actual o futura de agua requerida por la comunidad. Se indica por los

funcionarios de la ASADA que en San Rafael no existen pozos artesanales (excavados), ni perforados.

4. Se requiere entonces por parte de la ASADA, realizar la visita conjunta con el AyA a las *dos nacientes* que son captadas y de interés para esta localidad (San Rafael Abajo), así como el *tanque de reunión* de las aguas de estas nacientes. Se dará el acompañamiento a las nacientes por parte del Señor Rodolfo Sibaja Oviedo, miembro de la comunidad.

5. Existe interés por parte de la ASADA para una eventual perforación de un pozo para abastecimiento público, sin embargo, actualmente no cuentan con ninguna propiedad o sitio previamente establecido para llevar a cabo la obra, ni ninguna gestión con los vecinos para una eventual solicitud de algún terreno. Sin embargo, se indica que los miembros de la comunidad están concientes de la necesidad de agua existente y se indica que habría anuencia de la población a colaborar. Por cuanto, el AyA buscará algún sitio dentro de la localidad en función de diagnosticar si es posible recomendar una futura perforación de pozo de extracción de agua para abastecimiento público.

6. Se llega a los siguientes acuerdos:

6.1. Los funcionarios de AyA: el Gestor Experto Marvin Gómez, el Geól. José Daniel Vargas y la MSc. Sofía Ramírez Vargas, realizarán visita de campo en la localidad, acompañados por el Sr. Rodolfo Sibaja, en representación de la ASADA de San Rafael de Carmona. El objetivo acordado fue el siguiente:

6.1.1. Visitar por parte de los funcionarios del Área Funcional de Hidrogeología, los sitios de interés para la ASADA de San Rafael de Carmona, (punto 4 de este apartado), para hacer las observaciones del caso.

- Nota: Se hizo la indicación por parte del Área Funcional de Hidrogeología, que en este proceso se aprovecharía también, para realizar una visita general de la zona con el fin de observar los aspectos geológicos de la localidad y determinar la factibilidad de la misma para establecer un posible sitio de perforación de un pozo (cualquiera que resultara adecuado).

2.2. Descripción básica de campo de los sitios de interés acordados en la reunión con la ASADA.

2.2.1. Captación Naciente 1

Se visita el sitio de la primera naciente, según lo indicado por los funcionarios de la ASADA de San Rafael de Carmona, en propiedad del Sr. Cio Ricco (**Figs. 1 y 2**). Este sitio está actualmente en uso, consta de una captación de agua realizada junto el cauce de una quebrada sin nombre (afluente de la quebrada Tanque, según hoja topográfica Cerro Azul del IGN). Cabe mencionar que el día de la visita, el nivel del agua dentro de la captación se encontraba muy bajo.

Cerca de la toma se encuentra además un tanque de almacenamiento del acueducto de la ASADA. El lugar presenta una pendiente bastante abrupta y el terreno es quebrado, son las serranías o cabeceras del río Nandayure.

Se indica que la cumbre donde se ubica San Rafael (cerca de donde se localiza este terreno), es una divisoria de aguas de varias microcuencas de quebradas importantes (permanentes, según hoja topográfica Cerro Azul del IGN), la cual posee una altura promedio que ronda los 500 msnm. Estos cerros dividen las aguas superficiales de al menos dos microcuencas de las muchas quebradas que alimentan al río Nandayure (la de la quebrada Tanque y la de otro afluente sin nombre; cabe agregar que el río Nandayure, desarrolla su cauce principal pendiente abajo, a unos 2000 m hacia el N de San Rafael, cerca de Carmona).



Figura 2. Naciente (foto izquierda: 397682 E / 217019 N) y tanque de almacenamiento (foto derecha: 397692 E / 217024 N), en rocas basálticas del Complejo de Nicoya.
Coordenadas sitio: 397686 E / 217017 N

En el sitio de captación, la geología presente consta de rocas lávicas basálticas oscuras, las cuales han sido correlacionadas con materiales del Complejo de Nicoya, que se describirá oportunamente en la sección de Geología de este informe.

Luego de hacer la valoración de este terreno y alrededores, se constató que no se presentan condiciones favorables para la perforación de un pozo (debido a restricciones geológicas propias del terreno, al acceso de los puntos; así como a que los sitios se ubican en una cumbre alta que funciona de divisoria de aguas, cerca de donde afloran nacientes que podrían aminorar su caudal con la presencia de un pozo). Por cuanto se indica a los funcionarios de dicha ASADA, lo siguiente:

1. Se concluye y recomienda en primera instancia a la ASADA de San Rafael, solicite la colaboración a la Subgerencia de Sistemas Comunes de AyA, para que los asesore con respecto a ubicar tomas de aguas superficiales de los ríos principales más cercanos, con tal de proveerse de la dotación de agua que necesitan. Así como que los asesore con respecto a mejorar las tomas de nacientes existentes en la zona y ubicar nuevas.

2. Se debe aclarar para este sitio, que la propiedad se descarta para efectos de una futura perforación, debido a condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas propias del terreno.

2.2.2. Captación Naciente 2

Se visita el sitio de la segunda naciente, según lo indicado por los funcionarios de la ASADA de San Rafael de Carmona, en propiedad del Sr. Walter Sibaja Umaña (**Fig. 3**). Este sitio está actualmente en uso, consta de una captación de agua realizada junto el cauce de una quebrada sin nombre (afluente de la quebrada Tanque, según hoja topográfica Cerro Azul del IGN). Cabe mencionar que el día de la visita, el nivel del agua dentro de la captación se encontraba muy bajo.

Consta de dos captaciones realizadas junto el cauce de un río sin nombre afluente del río Nandayure, las cuales presentan una separación de 10 m entre ellas.

Se indica que la cumbre donde se ubica San Rafael (cerca de donde se localiza este terreno), es una divisoria de aguas de varias microcuencas de quebradas importantes (permanentes, según hoja topográfica Cerro Azul del IGN), la cual posee una altura promedio que ronda los 500 msnm. Estos cerros dividen las aguas superficiales de al menos dos microcuencas de las muchas quebradas que alimentan al río Nandayure (la de la quebrada Tanque y la de otro afluente sin nombre; cabe agregar que el río Nandayure, desarrolla su cauce principal pendiente abajo, a unos 2000 m hacia el N de San Rafael, cerca de Carmona).



Captación de naciente 2a.
Coordenadas 397446 E / 217224 N



Captación de naciente 2b.
Coordenadas 397439 E / 217221 N

Figura 3. Nacientes captadas en rocas gabroicas del Intrusivo de Potrero.

En el sitio de captación, la geología presente consta de rocas gabroicas oscuras, las cuales han sido correlacionadas con materiales del Intrusivo de Potrero, el cual se describirá oportunamente en la sección de Geología de este informe.

Luego de hacer la valoración de este terreno y alrededores, se constató que no se presentan condiciones favorables para la perforación de un pozo (debido a restricciones geológicas propias del terreno, al acceso de los puntos; así como a que los sitios se ubican en una cumbre alta que

funciona de divisoria de aguas, cerca de donde afloran nacientes que podrían aminorar su caudal con la presencia de un pozo). Por cuanto se indica a los funcionarios de dicha ASADA, lo siguiente:

1. Se concluye y recomienda en primera instancia a la ASADA de San Rafael, solicite la colaboración a la Subgerencia de Sistemas Comunes de AyA, para que los asesore con respecto a ubicar tomas de aguas superficiales de los ríos principales más cercanos, con tal de proveerse de la dotación de agua que necesitan. Así como que los asesore con respecto a mejorar las tomas de nacientes existentes en la zona y ubicar nuevas.

2. Se debe aclarar para este sitio, que la propiedad se descarta para efectos de una futura perforación, debido a condiciones geológicas, geomorfológicas e hidrogeológicas propias del terreno.

2.2.3. Tanque de almacenamiento y distribución de la ASADA

Se visita el tanque que almacena y distribuye el agua a la comunidad de San Rafael Abajo, según lo indicado por los funcionarios de la ASADA de San Rafael de Carmona (**Fig. 4**). Este sitio está actualmente en uso. Se ubica frente la vía pública que comunica la comunidad de San Rafael con el centro de Carmona (carretera secundaria N° 161-numeración según hoja topográfica Cerro Azul del IGN).

Se indica que la cumbre donde se ubica San Rafael (cerca de donde se localiza este terreno), es una divisoria de aguas de varias microcuencas de quebradas importantes (permanentes, según hoja topográfica Cerro Azul del IGN), la cual posee una altura promedio que ronda los 500 msnm. Estos cerros dividen las aguas superficiales de al menos dos microcuencas de las muchas quebradas que alimentan al río Nandayure (la de la quebrada Tanque y la de otro afluente sin nombre; cabe agregar que el río Nandayure, desarrolla su cauce principal pendiente abajo, a unos 2000 m hacia el N de San Rafael, cerca de Carmona).



Figura 4. Tanque de almacenamiento y distribución de la ASADA (punto elegido para prospección geofísica). Coordenadas: 397625 E / 217393 N

En el sitio la geología presente consta de rocas gabroicas oscuras, las cuales han sido correlacionadas con materiales del Intrusivo de Potrero, el cual se describirá oportunamente en la sección de Geología de este informe.

No se observó en este terreno ninguna naciente (afloramiento de aguas subterráneas en superficie).

Luego de hacer la valoración de este terreno y alrededores, se constató que no se presentan condiciones favorables para la perforación de un pozo (debido a restricciones geológicas propias del terreno, así como a que el lugar se ubica en una cumbre alta que funciona de divisoria de aguas). Sin embargo, considerando todo lo indicado por los funcionarios de dicha ASADA, se recomienda lo siguiente:

1. Se concluye y recomienda en primera instancia a la ASADA de San Rafael, solicite la colaboración a la Subgerencia de Sistemas Comunes de AyA, para que los asesore con respecto a ubicar tomas de aguas superficiales de los ríos principales más cercanos, con tal de proveerse de la dotación de agua que necesitan. Así como que los asesore con respecto a mejorar las tomas de nacientes existentes en la zona y ubicar nuevas.

2. Es necesario aclarar que la localidad de San Rafael no es apta para optar por un aprovechamiento de agua subterránea mediante la perforación de un pozo. Sin embargo, antes de descartar del todo esta opción, lo más recomendable es que se efectúe un análisis de estudios geofísicos previo, mediante Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) en cruz en el terreno o al menos en línea recta sobre la calle frente a esta propiedad (Fig. 4). Lo anterior, por el tipo y las condiciones topográficas y de las rocas presentes (principalmente intrusivos cubiertos de su propia regolita). De acuerdo con las observaciones, no se puede asegurar que a profundidad, estos materiales sean capaces en algún grado, de almacenar y/o transmitir el agua subterránea de forma efectiva. Se recomienda para ello, solicitar la colaboración a la Subgerencia de Sistemas Comunes de AyA (para darle el apoyo a la ASADA de San Rafael), para la contratación de este tipo de estudios. Estos trabajos podrían eventualmente brindar alguna información para poder tener un control litológico de la zona a profundidad. Establecer una pequeña campaña de sondeos geofísicos es recomendable si se piensa evaluar la posibilidad de realizar o no una propuesta viable de perforación de un pozo de exploración-producción en este sector, de la localidad de San Rafael, debido además a que no existen reportes de pozos de gran caudal en la zona u otro dato de aguas subterráneas captadas mediante pozo. Se recomienda que dichos estudios geofísicos sean realizados de forma adecuada. Para ello se ha marcado un punto de referencia dentro de la propiedad (segunda opción dada por la ASADA). El punto es una propuesta para la realización de los SEV correspondientes (no para la perforación), se levantaron las coordenadas en el campo: **397625 E / 217393.**

2.1. A partir de los resultados obtenidos, determinar si se realiza o no una perforación en este punto. De resultar favorable dicho sitio, se recomienda para ello, solicitar la colaboración a la Subgerencia de Sistemas Comunes de AyA, para que gestione con la UEN Administración de Proyectos (AID, mediante la Unidad Técnica de Perforaciones), el apoyo para este tipo de trabajo (soporte técnico-profesional necesario, para la ejecución del mismo). En este caso, la ASADA deberá mediar en la tramitación con respecto a la posible propiedad a perforarse.

2.2.4. Terreno frente a vía pública

El día 23 de julio del 2015 (en la tarde), se procedió por parte del Área Funcional de Hidrogeología a realizar inspección visual de los terrenos que están sobre la ruta 161 para la localidad de San Rafael Abajo (carretera secundaria N° 161-numeración según hoja topográfica Cerro Azul del IGN). Esto se realizó desde la carretera (sin ingresar a ninguna de las propiedades), ya que no se contaban con los permisos de ingreso a los terrenos y ya para esta parte de la gira, no se contaba con el acompañamiento por parte de los funcionarios de la ASADA de San Rafael de Carmona.

El recorrido anterior se hizo con la finalidad de buscar alguna propiedad que pudieran considerarse a futuro por la ASADA, para la contratación de investigaciones geofísicas, en caso de haber un interés de encontrar algún sitio de perforación futura de algún pozo en la zona.

Se logra ubicar una propiedad plana cerca del centro de la comunidad de San Rafael (más o menos a 200 m al sur), según lo indicado por los funcionarios de la ASADA de San Rafael de Carmona. La misma está frente a la vía pública que comunica la comunidad de San Rafael con el centro de Carmona. Se trata de un lote de fácil acceso. Este terreno se ubica en un sector aguas abajo de las nacientes de la ASADA de San Rafael (Abajo, **Fig. 5**).



Figura 5. Terreno frente a vía pública (punto elegido para prospección geofísica).
Coordenadas: 397623 E / 217418 N

Al igual que para los otros sitios visitados, se indica que esta parte de la cumbre donde se ubica San Rafael, es una divisoria de aguas de varias microcuencas de quebradas importantes (permanentes, según hoja topográfica Cerro Azul del IGN), la cual posee una altura promedio que ronda los 500 msnm. Estos cerros dividen las aguas superficiales de al menos dos microcuencas de las muchas quebradas que alimentan al río Nandayure (la de la quebrada Tanque y la de otro afluente sin nombre; cabe agregar que el río Nandayure, desarrolla su cauce principal pendiente abajo, a unos 2000 m hacia el N de San Rafael, cerca de Carmona).

En el sitio la geología presente consta de rocas gabroicas oscuras, las cuales han sido correlacionadas con materiales del Intrusivo de Potrero, el cual se describirá oportunamente en la sección de Geología de este informe.

No se observó en este terreno ninguna naciente (afioramiento de aguas subterráneas en superficie).

Luego de hacer la valoración de este terreno y alrededores, se constató que no se presentan las mejores condiciones para realizar una perforación de pozo (debido a restricciones geológicas propias de la localidad de San Rafael, así como a que se el lugar se ubica en una cumbre alta que funciona de divisoria de aguas). Sin embargo, considerando todo lo indicado por los funcionarios de dicha ASADA, se recomienda lo siguiente:

1. Se concluye y recomienda en primera instancia a la ASADA de San Rafael, solicite la colaboración a la Subgerencia de Sistemas Comunes de AyA, para que los asesore con respecto a ubicar tomas de aguas superficiales de los ríos principales más cercanos, con tal de proveerse de la dotación de agua que necesitan. Así como que los asesore con respecto a mejorar las tomas de nacientes existentes en la zona y ubicar nuevas.

2. Es necesario aclarar que la localidad de San Rafael no es apta para optar por un aprovechamiento de agua subterránea mediante la perforación de un pozo. Sin embargo, antes de descartar del todo esta opción, lo más recomendable es que se efectúe un análisis de estudios geofísicos previo, mediante Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) en cruz en el terreno o al menos en línea recta sobre la calle frente a esta propiedad (Fig. 5). Lo anterior, por el tipo y las condiciones topográficas y de las rocas presentes (principalmente intrusivos cubiertos de su propia regolita). De acuerdo con las observaciones, no se puede asegurar que a profundidad, estos materiales sean capaces en algún grado, de almacenar y/o transmitir el agua subterránea de forma efectiva. Se recomienda para ello, solicitar la colaboración a la Subgerencia de Sistemas Comunes de AyA (para darle el apoyo a la ASADA de San Rafael), para la contratación de este tipo de estudios. Estos trabajos podrían eventualmente brindar alguna información para poder tener un control litológico de la zona a profundidad. Establecer una pequeña campaña de sondeos geofísicos es recomendable si se piensa evaluar la posibilidad de realizar o no una propuesta viable de perforación de un pozo de exploración-producción en este sector, de la localidad de San Rafael, debido además a que no existen reportes de pozos de gran caudal en la zona u otro dato de aguas subterráneas captadas mediante pozo. Se recomienda que dichos estudios geofísicos sean realizados de forma adecuada. Para ello se ha marcado un punto de referencia dentro de la propiedad (segunda opción dada por la ASADA). El punto es una propuesta para la realización de los SEV correspondientes (no para la perforación), se levantaron las coordenadas en el campo: **397623 E / 217418 N.**

2.1. A partir de los resultados obtenidos, determinar si se realiza o no una perforación en este punto. De resultar favorable dicho sitio, se recomienda para ello, solicitar la colaboración a la Subgerencia de Sistemas Comunes de AyA, para que gestione con la UEN Administración de Proyectos (AID, mediante la Unidad Técnica de Perforaciones), el apoyo para este tipo de trabajo (soporte técnico-profesional necesario, para la ejecución del mismo). En este caso, la ASADA deberá mediar en la tramitación con respecto a la posible propiedad a perforarse.

2.3. Análisis Geológico-Estructural de la zona de estudio.

2.3.1. Geología Regional.

La zona de estudio se encuentra constituida por rocas ígneas del Cretácico, correlacionadas con las unidades geológicas formales, las cuales se describen a continuación (Figs. 6 y 7).



Figura 6. Columna estratigráfica de la zona de estudio.

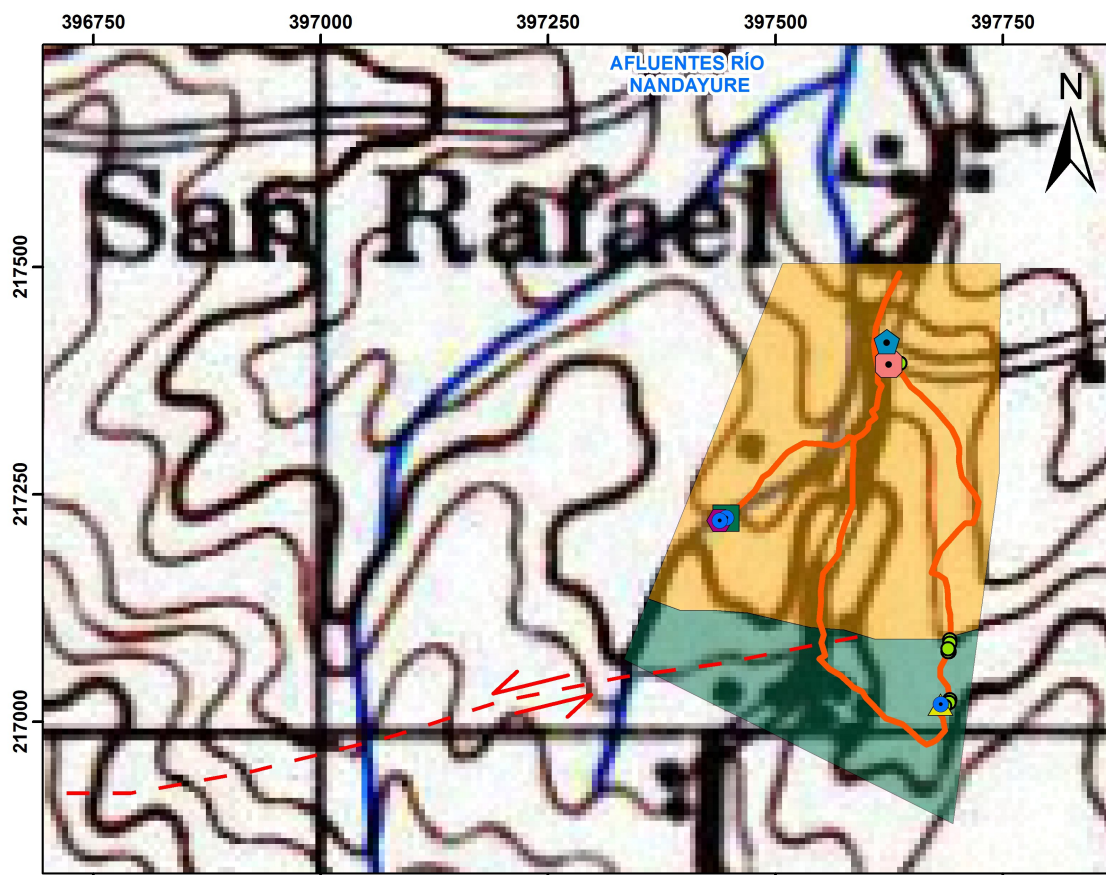
2.3.1.1. Complejo de Nicoya

Conformado por rocas asociadas al fondo oceánico, el Complejo de Nicoya está compuesto por rocas ígneas tanto volcánicas como intrusivas, así como también por radiolaritas que conforman el basamento regional, y son parte de una secuencia ígnea que constituyen el CLIP (*Caribbean Large Igneous Province*, Denyer *et al.*, 2014).

El Complejo de Nicoya fue nombrado formalmente por Dengo (1962) y se refiere a las rocas que afloran en toda la Península de Nicoya y también aquellas que se encuentra en varias partes de la costa del Pacífico. Dengo (1962), menciona que el Complejo está formado por grauwacas macizas y sedimentos silíceos que se alternan con rocas ígneas, principalmente coladas de basalto, aglomerados de basalto e intrusiones de gabro, diabasa y diorita cuyo emplazamiento posiblemente fue contemporáneo con las extrusiones de basalto.

Los estudios más recientes, hecho por Denyer & Gazel (2009), indican una edad del Complejo más antiguo que el Santoniano-Campaniano Inferior (≥ 83 Ma.).

Denyer *et al.* (2014), consideran que no es posible saber con certeza el espesor que corresponde con el Complejo de Nicoya *sensu estricto*, ya que es posible que por debajo de este existan basaltos de otro origen geotectónico.



INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADO

UEN GESTIÓN AMBIENTAL

ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA



Figura 7. Mapa geológico de la zona
de estudio. San Rafael, Nandayure,
Guanacaste.

Base topográfica: hoja CERRO AZUL,
escala 1:50000, IGN.

Elaboró: Geól. José Daniel Vargas B.

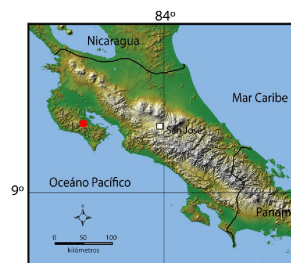
Simbología

- Nacientes
- ⬠ Tereno frente vía pública
- ▲ Naciente #1
- Naciente #2a
- ⬠ Naciente #2b
- Tanque de reunión
- Sitios levantamiento
- - - Falla Neotectónica Sugerida
- Recorrido San Rafael

Leyenda

- Intrusivo Potrero
- Basaltos (Complejo de Nicoya)

0 0.1 0.2
Km



Agosto, 2015

- Basaltos

Kuijpers (1979), describe a los basaltos del Complejo como rocas masivas y en menor cantidad almohadillas, hialoclastitas y aglomerados, que frecuentemente contiene minerales secundarios principalmente zeolita y en menor grado calcita y clorita lo cual señala que se originaron por un metamorfismo de tipo hidrotermal.

De acuerdo a Tournon (1984) y Wildberg (1984), corresponde con una secuencia de afinidad oceánica compuesta principalmente de basaltos toleíticos masivos y en almohadillas, diques, brechas de hialoclastita, gabros, ferrogabros, picritas y plagiogranitos, incluyendo granófiros con hedembergita y ferrodoleritas con fayalita.

Denyer *et al.* (2014), los describen como basaltos toleíticos masivos, los cuales están cruzados por varias generaciones de vetillas y fracturas en su mayoría de zeolita y algunas silíceas. También se encuentran estructuras de almohadilla y en ocasiones microalmohadilla, estas muestran una corteza de hialoclastita fracturada producto del enfriamiento. Estos basaltos son de grano fino en general afíricos, compuestos por plagioclasa, augita, clorita y óxidos de hierro y titanio, todo esto en una matriz afanítica. En esta secuencia se encuentran radiolaritas asociadas, que fueron depositadas en el fondo oceánico, pedernales producto de acción hidrotermal y recirculación de sílice.

2.3.1.2. Intrusivo de Potrero

Definido formalmente por Denyer & Arias (1993), como un cuerpo intrusivo que se encuentra expuesto en forma de diques o sills, compuesto por gabros, doleritas y en menor cantidad plagiogranitos, rocas oscuras con textura porfirítica y gran cantidad de minerales máficos con acumulación centimétrica de piroxenos en forma esferoidal, macroscópicamente es difícil diferenciarlos de los basaltos.

Se asocian con diques de doleritas caracterizados por presentar nódulos de Anortositas con plagioclasas redondeadas sin zonación que flotan en la roca, mientras los plagiogranitos son blancuzcos con textura holocristalina (Denyer & Arias, 1993).

Intruye tanto a los basaltos como a las radiolaritas que componen el Complejo de Nicoya (Denyer *et al.*, 2014) y se le asigna una edad de Santoniano (Sinton *et al.*, 1997).

2.3.1.3. Geología Estructural: Fallas Mora y Río de Ora

Una falla es un plano de fractura, a lo largo de la cual hubo un movimiento relativo de un bloque respecto a otro. Las fallas generalmente involucran varios kilómetros de profundidad. Uno de los rasgos estructurales más comunes asociados a fallas, son las diaclasas, que son fracturas a lo largo de las cuales las rocas se han quebrado, como una respuesta de ésta a esfuerzos de compresión o extensión. Es frecuente que en un tajo o en un río, observar en las rocas, planos de fractura debido a dichos esfuerzos corticales, los cuales son diferentes a los planos de estratificación (Denyer, Montero & Alvarado, 2003).

Las fallas se clasifican de acuerdo a su movimiento relativo de los bloques a ambos lados de la ruptura. A causa del desplazamiento de los bloques se pierde la continuidad a ambos lados de la falla. Algunas veces solo puede ser distinguido lo que se conoce como traza de falla (Denyer, Montero & Alvarado, 2003).

La falla Mora presenta un rumbo ENE, se extiende por más de 30 Km, entre Puerto Carrillo, en el flanco SW de la península de Nicoya, hasta terminar al E contra la falla Juan de León, al S de Puerto Carrillo entra en el mar. Sobre las estribaciones de la margen izquierda del río Mora, se distingue por una serie de contraescarpes alineados, al curzar la fila Mora, la falla pierde predominancia y se subdivide en varias trazas. Esta falla es de tipo sinistral y forma parte del sistema de fallas neotectónicas de la península de Nicoya (Denyer *et al.*, 2014).

La falla Río Ora, localizada al W de Carmona, tiene un rumbo N-S y una expresión morfotectónica bastante predominante, al N termina contra una serie de fallas E-W y al S sugiere terminar contra la falla Mora, aunque no se descarta que se continúe al S. Esta muestra desvíos derechos en filas y quebradas, los cuales son más evidentes al N del río Ora. Esta falla es de tipo dextral y forma parte del sistema de fallas neotectónicas de la península de Nicoya (Denyer *et al.*, 2014).

Al S del poblado de San Rafael de Carmona se extiende hacia el W por más de 8 Km y con un rumbo E-W, una traza de falla neotectónica sugerida (Denyer *et al.*, 2014).

Cabe aclarar que estas estructuras están fuera de la zona de estudio, pero por su cercanía han sido mencionadas en el presente trabajo, con el fin de contextualizar estructuralmente el área. Se espera que una falla neotectónica pase por la parte sur de San Rafael (**Fig. 7**, según lo mencionado por los autores), sin embargo, no fue posible encontrar pruebas fehacientes de ello en los sitios visitados durante la gira de campo.

2.3.2. Geología Local.

La localidad de San Rafael de Carmona y alrededores, se encuentra constituida predominantemente por unidades geológicas de origen ígneo (**Fig 7**). Litológicamente, los afloramientos corresponden con lavas asociadas a basaltos del Complejo de Nicoya e intrusiones gabroicas del Intrusivo de Potrero.

2.3.2.1. Basaltos del Complejo de Nicoya

Esta unidad conforma parcialmente la cumbre o cabecera de las serranías que funcionan como divisorias de aguas de la zona de estudio. Se observa aflorando en los cauces de quebradas, al S del poblado de San Rafael.

Se observaron afloramientos constituidos por lavas basálticas, masivas y brechosas, muy densas, las cuales, además de estar fracturadas, tienen la presencia de múltiples vetillas de zeolitas (**Fig. 8**).



Figura 8. Lavas basálticas del Complejo de Nicoya.
Coordenadas 397691 E / 217077 N

2.3.2.2. Intrusivo de Potrero

Gran parte de la zona de estudio y de la comunidad de San Rafael, se ubica sobre materiales del Intrusivo de Portrero, los cuales se extienden también hacia el sur de este poblado.

Se observaron afloramientos en varias quebradas, constituyendo el lecho de éstas. Por lo general son rocas gabroicas, de tonalidades oscuras por la gran cantidad de minerales máficos, son densas y se encuentran fracturadas (sin embargo, se observó que mucha de las fisuras son superficiales y cerradas, **Fig. 9**).



Figura 9. Rocas gabroicas del Intrusivo de Potrero.
Coordenadas 397692 E / 217086 N

Cabe aclarar que los intrusivos observados, atraviesan a los basaltos del Complejo de Nicoya, los cuales tienen litológicamente hablando (en cuanto a dureza, textura, coloración, meteorización), un comportamiento similar (los basaltos se encuentran aflorando predominantemente al sur de este punto).

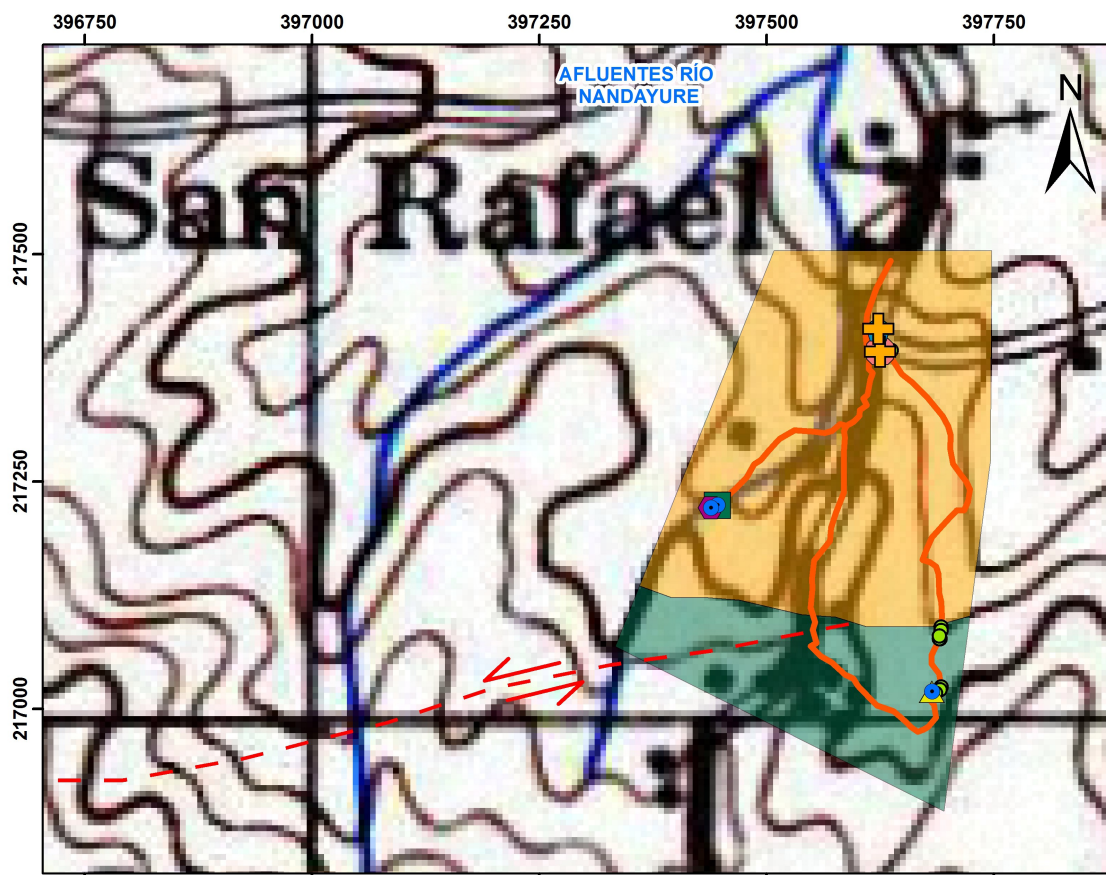
2.5. Otras consideraciones.

Durante la gira se recorrió toda la zona de estudio de acceso posible (**Fig. 1**): ríos, captaciones de nacientes, zona montañosa y alrededores de la cabecera del poblado de San Rafael de Carmona, entre otros. Lo anterior, para cumplir con los acuerdos dados en reunión del propio día de la gira (jueves 23 de julio del 2015), y también en busca de sitios probables para la posible o futura perforación de un pozo de extracción de aguas subterráneas, como medida alterna de aprovechamiento, a solicitud de la ASADA de esta localidad.

Se concluye y recomienda en primera instancia a la ASADA de San Rafael, solicite la colaboración a la Subgerencia de Sistemas Comunes de AyA, para que los asesore con respecto a ubicar tomas de aguas superficiales de los ríos principales más cercanos, con tal de proveerse de la dotación de agua que necesitan. Así como que los asesore con respecto a mejorar las tomas de nacientes existentes en la zona y ubicar nuevas.

Por otro lado, aunque la zona de San Rafael de Carmona y alrededores posee una vía de fácil acceso (carretera principal secundaria N°161), además de que cuenta con electricidad; con la visita de campo se llegó a la conclusión que el terreno de estas localidades, no ofrecen las mejores condiciones geológicas para la realización de aprovechamientos de agua subterránea mediante pozos. Lo anterior, considerando además el tipo y las condiciones topográficas de las rocas presentes (principalmente rocas basálticas o intrusivas gabroicas, cubiertas de su propia regolita, restricciones geológicas propias del terreno), la alta pendiente de la zona (ya que las localidades están en cabeceras o cumbres que funciona de divisorias de aguas) y debido a que existen varias nacientes (aguas abajo de la principal vía de acceso), todo esto para que se tomen las consideraciones respectivas y se busque la alternativa de tomas de aguas superficiales y nacientes, más recomendable y factible para las realidades geológicas de la zona de estudio.

Es necesario aclarar que la localidad de San Rafael de Carmona no es apta para optar por un aprovechamiento de agua subterránea mediante la perforación de un pozo. Sin embargo, antes de descartar del todo esta opción, se hace necesario indicar que lo más recomendable es que se efectúe antes de cualquier perforación, un análisis de estudios geofísicos previo, mediante Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) en cruz o al menos en línea recta sobre la calle frente a las propiedades de interés para la ASADA (Fig. 10). De acuerdo con las observaciones, no se puede asegurar que a profundidad, estos materiales sean capaces en algún grado, de almacenar y/o transmitir el agua subterránea de forma efectiva. Se recomienda para ello, solicitar la colaboración a la Subgerencia de Sistemas Comunes de AyA (para darle el apoyo a la ASADA de San Rafael), para la contratación de este tipo de estudios. Estos trabajos podrían eventualmente brindar alguna información para poder tener un control litológico de la zona a profundidad. Establecer una pequeña campaña de sondeos geofísicos es recomendable si se piensa evaluar la posibilidad de realizar o no una propuesta viable de perforación de un pozo de exploración-producción en la localidad de San Rafael o alrededores, debido además a que no existen reportes de pozos de gran caudal en la zona u otro dato de aguas subterráneas captadas mediante pozo. Se recomienda que dichos estudios geofísicos sean realizados de forma adecuada. Para ello se han marcado algunos puntos de referencia dentro de algunas de las propiedades de interés para la ASADA. Los puntos son una propuesta para la realización de los SEV correspondientes (no para la perforación), se levantaron las coordenadas de estos en el campo: **397625 E / 217393 (Tanque de almacenamiento y distribución de la ASADA) y 397623 E / 217418 N (Terreno frente a vía pública)**, respectivamente.



INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADO

UEN GESTIÓN AMBIENTAL

ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA



Figura 10. Ubicación de referencia para estudio geofísico. San Rafael, Nandayure, Guanacaste.

Base topográfica: hoja CERRO AZUL,
escala 1:50000, IGN.

Elaboró: Geól. José Daniel Vargas B.

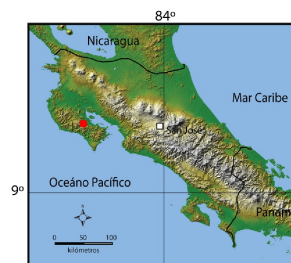
Simbología

- Sitios para SEV
- Nacientes
- Tereno frente vía pública
- Naciente #1
- Naciente #2a
- Naciente #2b
- Tanque de reunión
- Sitios levantamiento
- Falla Neotectónica Sugerida
- Recorrido San Rafael

Leyenda

- Intrusivo Potrero
- Basaltos (Complejo de Nicoya)

0 0.1 0.2
Km



Agosto, 2015

De lograrse ubicar algún punto de perforación en estos sitios o cercanos (**Fig. 10**), éste debe cumplir con los retiros de ley de ríos y quebradas (15 metros medidos de manera horizontal para zonas rurales en terreno no quebrado-plano; según artículo 33 de la Ley Forestal N° 7575). El mismo debe estar retirado de letrinas, tanques sépticos o similares sistemas de eliminación de excretas, para evitar posibles contaminaciones del posible recurso hídrico subterráneo a captar. Además, *de realizarse un pozo, el mismo deberá poseer una vía de aire para poder realizarle medidas del nivel de agua al pozo; así como un brocal alto*, previendo la posibilidad de que por alguna razón, pasen aguas de escorrentía por el punto de perforación, o previendo el caso de que se empocen aguas de lluvia en el sitio, durante la época lluviosa, así como estar armado de forma adecuada para las realidades geológicas encontradas a profundidad.

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. La zona de estudio en San Rafael (Carmona, Nandayure, Guanacaste); está constituida por materiales ígneos del Complejo de Nicoya e Intrusivo Potrero (basaltos y rocas gabroicas, respectivamente); los cuales conforman las divisorias de aguas donde está asentada esta comunidad. Ésta localidad está controlada estructuralmente a nivel regional por fallas neotectónicas.

3.2. Los materiales de dichas formaciones geológicas, según observaciones de campo específicas en los sitios visitados durante la gira del 23 de julio del 2015, se observaron con una baja capacidad hídrica de almacenamiento y/o distribución del agua subterránea. Aunque en la zona hay indicios de algunos puntos de afloramiento de agua en superficie (nacientes de las cuales se abastece la comunidad de San Rafael Abajo, según mencionan los funcionarios de la ASADA de San Rafael).

3.3. A partir del recorrido efectuado en la zona, se pudo determinar que las condiciones geológicas-hidrogeológicas presentes en los puntos de interés para la ASADA de San Rafael y los alrededores, los materiales tienden a presentar diferentes condiciones físicas, ya que en la zona existen diferencias litológicas, que se presentan a su vez con diferente grado de meteorización, algunas fracturas observadas en los materiales más consistentes ya se encontraban litificadas y mineralizadas, mientras otras eran superficiales y cerradas.

3.4. Se recomienda a la ASADA de San Rafael de Carmona, mantener un monitoreo del caudal y de la calidad del agua de las captaciones que ella administra, para definir las condiciones y variaciones de éstas con el tiempo (invierno-verano).

3.5. **Se concluye y recomienda en primera instancia a la ASADA de San Rafael, solicite la colaboración a la Subgerencia de Sistemas Comunales de AyA, para que los asesore con respecto a ubicar tomas de aguas superficiales de los ríos principales más cercanos, con tal de proveerse de la dotación de agua que necesitan. Así como que los asesore con respecto a mejorar las captaciones de nacientes existentes en la zona y ubicar nuevas.** Todo esto para que se tomen las consideraciones respectivas y se busque la alternativa de tomas de aguas superficiales y nacientes, más recomendable y factible para las realidades geológicas de la zona de estudio.

3.6. Se indica que en la localidad de San Rafael de Carmona y alrededores, el terreno no ofrece las mejores condiciones geológicas para la perforación de pozos. Esto debido al tipo y las condiciones topográficas de las rocas presentes (principalmente rocas basálticas o intrusivas gabroicas, cubiertas de su propia regolita), la alta pendiente de la zona (ya que las localidades están en cabeceras o cumbres que funciona de divisorias de aguas) y debido a que existen nacientes. Sin embargo, es necesario aclarar que la localidad de San Rafael de Carmona no es apta para optar por un aprovechamiento de agua subterránea mediante la perforación de un pozo. Sin embargo, antes de descartar del todo esta opción, se hace necesario indicar que lo más recomendable es que se efectúe antes de cualquier perforación, un análisis de estudios geofísicos previo, mediante Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) en cruz o al menos en línea recta sobre la calle frente a las propiedades de interés para la ASADA (Fig. 10). De acuerdo con las observaciones, no se puede asegurar que a profundidad, estos materiales sean capaces en algún grado, de almacenar y/o transmitir el agua subterránea de forma efectiva. Se recomienda para ello, solicitar la colaboración a la Subgerencia de Sistemas Comunales de AyA (para darle el apoyo a la ASADA de San Rafael), para la contratación de este tipo de estudios. Estos trabajos podrían eventualmente brindar alguna información para poder tener un control litológico de la

zona a profundidad. Establecer una pequeña campaña de sondeos geofísicos es recomendable si se piensa evaluar la posibilidad de realizar o no una propuesta viable de perforación de un pozo de exploración-producción en la localidad de San Rafael, debido además a que no existen reportes de pozos de gran caudal en la zona u otro dato de aguas subterráneas captadas mediante pozo. Se recomienda que dichos estudios geofísicos sean realizados de forma adecuada. Para ello se han marcado algunos puntos de referencia dentro de algunas de las propiedades de interés para la ASADA. Los puntos son una propuesta para la realización de los SEV correspondientes (no para la perforación), se levantaron las coordenadas de estos en el campo: **397625 E / 217393 (Tanque de almacenamiento y distribución de la ASADA)** y **397623 E / 217418 N (Terreno frente a vía pública)**, respectivamente.

3.6.1. A partir de los resultados obtenidos, determinar si se realiza o no una perforación en alguno de estos puntos. De resultar favorable los sitios, se recomienda para ello, solicitar la colaboración a la Subgerencia de Sistemas Comunales de AyA, para que gestione con la UEN Administración de Proyectos (AID, mediante la Unidad Técnica de Perforaciones), el apoyo para este tipo de trabajo (soporte técnico-profesional necesario, para la ejecución del mismo). En este caso la ASADA deberá mediar en la tramitología con respecto a la posible propiedad a perforarse.

3.7. Debido a la valoración realizada durante la gira del 23 de julio del 2015, de llegarse a considerar por parte de la ASADA de San Rafael de Carmona, la continuidad de captación de las aguas de las nacientes indicadas, se recomienda de previo, se realicen muestreos de calidad de agua (parámetros físico-químicos y bacteriológicos), de las aguas de las mismas; como medida sanitaria. De llegarse a realizar captaciones para aprovechamiento de aguas superficiales (o de otras nacientes previstas por la ASADA para la toma futura), se recomienda hacer muestreos según el régimen dispuesto por el Laboratorio Nacional de Aguas para las ASADAS, para asegurar la calidad del agua que se consume.

IV. REFERENCIAS

DENGO, G., 1962: Estudio Geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica.- Informe Semestral IGN, 1962: 112 págs.

DENYER, P. & ARIAS, O., 1993: Geología del Norte de la Península de Nicoya, Costa Rica.- Rev. Geol. Amér. Central, 16:69-84.

DENYER, P. & GAZEL, E., 2009: The Costa Rican Jurassic to Miocene oceanic complexes: Origin, tectonics and relations.- Jour. South Amer. Earth sci., 28: 429-442.

DENYER, P., AGUILAR, T. & MONTERO, W., 2014: Cartografía geológica de la Península de Nicoya, Costa Rica: estratigrafía y tectónica- 1 ed.- [San José], C.R.: Edit. UCR, 2014.- 202 págs.

KUIJPERS, E. P., 1979: La geología del Complejo Ofiolítico de Nicoya, Costa Rica.- Informe Semestral IGN, 1979 (2): 15-75.

SINTON, C.W., DUNCAN, R.A. & DENYER, P., 1997: Nicoya Peninsula: A single suite of Caribbean oceanic plateau magmas.- Jour.Geophys. Research, 102(B7): 15507-15520.

TOURNON, J., 1984: Magmatismes du Meozoique a l'actual en Amerique Centrale: L'exemple de Costa Rica, des ophiolites aux andesites.- 335 págs. Univ. Pierre et Marie Curie [Tesis Ph.D.].

WILDBERG, H., 1984: Der Nicoya-Komplex Costa Rica, Zentralamerika: Magmatismus und Genese eines polygenetischen Ophiolith-Komplexes.- Münster. Forsch. Geol. Paläont. 62: 1-123.

C: UEN-GA-2015-01013_InfoInspecciónSan Rafael de CarmonaNandayure