

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



**“INFORME DE RESULTADOS DE LA VISITA DE CAMPO A TACANÍS
DE NICOYA.
EVALUACIÓN DE CONDICIONES GEOLÓGICAS-
HIDROGEOLÓGICAS DEL SITIO TACANÍS DE NICOYA,
GUANACASTE”.**



POZO DE LA ASADA DE TACANÍS, NICOYA, GUANACASTE.

Elaboró: Geól. Mauricio Zúñiga Calderón

**Asistencia de campo
Gestor Experto Dennis Pessoa Peralta
Funcionarios de la ASADA de Tacanís, Nicoya, Guanacaste.**

**Revisó y avaló: MSc. Viviana Ramos Sánchez
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 LA VISITA DE CAMPO A TACANÍS DE
NICOYA.
EVALUACIÓN DE CONDICIONES GEOLÓGICAS-HIDROGEOLÓGICAS DEL
SITIO TACANÍS DE NICOYA, GUANACASTE”.**

I. INTRODUCCIÓN

En atención al **Decreto Ejecutivo N° 38642-MP-MAG (La Gaceta N° 195, 2014)**, el día 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 y algunos sectores del pacífico central 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, se procedió según las indicaciones de la Presidencia Ejecutiva de AyA, 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 Tacanís de Nicoya, para el día Viernes 17 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.

1.1 Objetivo General

- Visitar la zona de Tacanís de Nicoya, para hacer una valoración geológica-hidrogeológica de las 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 Tacanís de Nicoya, 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.
- Determinar para la localidad de Tacanís de Nicoya, 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 Fig. 1 muestra la amplitud de la zona de estudio en Tacanís de Nicoya y alrededores, la cual se ubica específicamente entre las coordenadas Este 391000 - 393000 m y Norte 222000 - 224000 m, cuadrante Costa Rica Lambert Norte, hoja topográfica MATAMBÚ (IGNCR), a escala 1:50 000.

Además se presentan destacados los puntos de interés para la ASADA de Tacanís de Nicoya (sitios visitados), acordados junto con el señor Francisco García (Presidente) y la señora Yahaira Sibaja (Vicepresidenta) además de otros miembros de la ASADA, en reunión realizada en dicha localidad el 17 de julio del 2015. Aunado a esto se consultó el archivo nacional de pozos del SENARA que sirven como referencia para el desarrollo del modelo hidrogeológico elaborado en la zona de estudio (Fig. 2), sin embargo en 2 km de radio alrededor de la comunidad de Tacanís de Nicoya no existen pozos registrados.

Se aclara que el área de estudio abarca tanto la comunidad de Tacanís como sus alrededores, se estableció el recorrido por la zona basados en los sitios que son de interés para los funcionarios de la ASADA de Tacanís.

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).

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 Tacanís de Nicoya.
- 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 Tacanís de Nicoya.

El día Viernes 17 de julio del 2015, la Asociación Administradora de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados de Tacanís de Nicoya, solicita una visita de personeros de AyA e inspección de campo. Estuvieron presentes por parte de la ASADA, el señor Francisco García (Presidente) y la señora Yahaira Sibaja (Vicepresidenta) además de otros miembros de la ASADA. Por parte del AyA se apersonaron: de la UEN-Gestión Ambiental el Geól. Christian Corrales Díaz y el suscrito, Geól. Mauricio Zúñiga Calderón.

Entre los temas expuestos por los funcionario de la ASADA de Tacanís de Nicoya se mencionan los siguientes aspectos:

1. Actualmente la ASADA abastece a 34 abonados, no se cuenta con el respectivo hidrómetro.
2. Existe una necesidad de recurso hídrico, “la comunidad de Tacanís de Nicoya solo tiene agua pocas horas por día, y algunos días no hay agua del todo pues el único pozo se achica muy rápido y hay una naciente pero está casi seca”.
3. Con respecto al agua en la zona, se menciona por parte de los funcionario de la ASADA que, cito: “El problema de abastecimiento es muy grande, se tiene un pozo perforado que antes del terremoto de 2012 daba un caudal suficiente para abastecer a toda la comunidad, sin embargo después de esto el agua salía sucia el nivel se fugó y ya el pozo no da casi agua. Además existe una naciente en la comunidad pero su caudal ha disminuido a prácticamente cero litros por lo que no es de mucha ayuda para poder abastecer a la comunidad”.
4. Existen dos fuentes de abastecimiento actualmente en la comunidad de Tacanís de Nicoya. Cito:
 - 4.1 “El Pozo 1, posee 111 m.b.n.s (Medido el día 17 de julio de 2015) de profundidad. Actualmente presenta agua subterránea pero al encender la bomba se seca rápidamente según lo corroborado en el campo (Fig. 2).”
 - 4.2 “Naciente El Cubano, actualmente presenta flujo de agua subterránea pero es muy poco según lo corroborado en el campo, según lo indicado por los funcionarios de la ASADA la naciente ha disminuido su caudal durante los últimos meses hasta quedar prácticamente seca (Fig. 2).”

5. Se indica que existen 3 sitios principales de interés por parte de los funcionarios de la ASADA de Tacaná de Nicoya, cito:

5.1. “Terreno privado ubicado en la margen izquierda de la Quebrada Pavas (Coordenadas 392923 E / 222517 N)”.

5.2. “Terreno privado ubicado en la margen izquierda de la Quebrada Pavas (Coordenadas 392857 E / 222545 N)”.

5.3. “Terreno privado ubicado en la margen izquierda de la Quebrada Pavas (Coordenadas 392670 E / 223232 N)”.

2.2. Descripción básica de campo de los sitios de interés indicados por la ASADA de Tacaná de Nicoya.

2.2.1. Pozo 1 ASADA (Coordenadas 392729 E / 222764 N).

Se visita el sitio en el cual se ubica el Pozo 1, en compañía de funcionarios de la ASADA de Tacaná de Nicoya (Fig. 2). Este pozo está actualmente en uso, su bombeo depende de la disponibilidad del almacenamiento de agua subterránea en el acuífero, el cual posterior a comenzar el bombeo se abate de gran manera hasta secar el pozo (Foto 1), según se corroboró en el campo el pozo costa de una profundidad total de 111 metros, se perforó en 8 pulgadas, se encuentra encamizado en 6 pulgadas y la tubería de succión es de 2 pulgadas, se utiliza una bomba de 3 HP. El nivel del agua subterránea (Nivel estático) medido se encuentra a 50,10 m.b.n.s. Según indican los funcionarios de la ASADA posterior al terremoto de 2012 el pozo sufrió problemas estructurales por lo que consideran que las rejillas están obstruidas, el nivel del agua descendió más de lo normal y ahora se achica más fácilmente.



Foto 1. Pozo 1 (Coordenadas 392729 E / 222764 N).

2.2.2. Naciente EL Cubano (Coordenadas 392627 E / 222727 N).

Se visita el sitio en el cual se ubica la Naciente El Cubano en compañía de funcionarios de la ASADA de Tacaná de Nicoya (Fig. 2). Esta fuente se encuentra actualmente en uso, la disponibilidad del agua subterránea en esta fuente depende del almacenamiento presente en el acuífero por medio del aporte en un medio rocoso fracturado (Foto 2). La captación es aproximadamente 1.5 metros de ancho y 1 metro de profundidad. La elevación del agua subterránea se encuentra aproximadamente a 450 m.s.n.m, según los funcionarios de la ASADA la naciente fue captada desde hace más de 30 años y en años anteriores no había presentado niveles tan bajos en el caudal. Se realizaron aforos volumétricos en la fuente para conocer su caudal, los resultados de los mismos se presentan en el Cuadro 1*.

Cuadro 1. Aforos realizados a la fuente El Cubano, ASADA de Tacaná de Nicoya (17 de Julio de 2015)

Número de aforo	Volumen (litros)	Tiempo (Minutos)	Caudal (l/s)
1	19	06:56,36	0,04
2	19	07:52,99	0,04
3	19	06:37,01	0,04
4	19	06:36,28	0,04
5	19	06:37,30	0,04
Resultado caudal promedio			0,04

* Se indica que el aforo 1 y 2 presentaron un valor distinto en cuanto al tiempo del aforo 3, 4 y 5 debido a que en este lapso el agua contenida en el almacenamiento de la captación empezó a evacuarse hasta obtener solo el caudal real de la fuente.



Foto 2. Fuente El Cubano (Coordenadas 392627 E / 222727 N)

2.2.3. Otros sitios visitados.

Se visitaron tres sitios propuestos por la ASADA de Tacanís de Nicoya en los alrededores de la comunidad, además se visitó un sitio en el cauce de la Quebrada Pavas debido a la valoración técnica realizada por los suscritos en el campo.

2.2.3.1. Sitio Propuesto 1.

Se visita un sitio propuesto para una perforación en compañía de funcionarios de la ASADA de Tacanís de Nicoya (Fig. 2). Este sitio se ubica en las coordenadas 392923 E / 222517 N. Actualmente la propiedad es de un privado y presenta un uso de tipo Bosque secundario, se encuentra a 20 metros de la Quebrada Pavas en un sector en el cual la misma se mantiene seca para la fecha de la visita, la elevación de este punto es de 440 m.s.n.m. (Foto 3)



Foto 3. Sitio propuesto 1: A) Vista desde dentro de la propiedad hacia la calle. B) Vista desde la calle hacia adentro de la propiedad (Coordenadas 392923 E / 222517 N)

2.2.3.2 Sitio Propuesto 2.

Se visita un segundo sitio propuesto para una perforación en compañía de funcionarios de la ASADA de Tacanís de Nicoya (Fig. 2). Este sitio se ubica en las coordenadas 392857 E / 222545 N. Actualmente la propiedad es de un privado y presenta un uso de tipo potrero, se encuentra a 100 metros horizontales de la Quebrada Pavas en un sector en el cual la misma se mantiene seca para la fecha de la visita, la elevación de este punto es de 450 m.s.n.m. (Foto 4). Este punto se encuentra a una elevación mayor que el “Sitio Propuesto 1” y morfológicamente el terreno presenta escarpes erosionales fuertes y laderas fuertemente disectadas.



Foto 4. Sitio propuesto 2 (Coordenadas 392857 E / 222545 N)

2.2.3.3 Sitio Propuesto 3

Se visita un tercer sitio propuesto para una perforación en compañía de funcionarios de la ASADA de Tacaná de Nicoya (Fig. 2). Este sitio se ubica en las coordenadas 392663 E / 223253 N. Actualmente la propiedad es de un privado y presenta un uso de tipo habitacional con una casa y un patio de aproximadamente 1000 m² según lo visto en campo, se encuentra aproximadamente a 80 metros horizontales de la Quebrada Pavas en un sector en el cual la misma se mantiene con flujo superficial de agua debido al aporte por un medio rocoso fracturado, además se encuentra a 20 metros verticales de diferencia entre la quebrada y este sitio, la elevación de este punto es de 356 m.s.n.m. (Foto 5). En las coordenadas 392670 E / 223232 N sobre el cauce de la quebrada afloran materiales de tipo igneos asociados a rocas del Complejo de Nicoya (Intrusivos), en este sector existe un sistema de fracturas preferenciales con un rumbo de 115°/88° y 20°/72° (AZIMUT).



Foto 5. Sitio propuesto 3 A) Vista de la propiedad (Coordenadas 392670 E / 223232 N). B) Afloramiento rocoso con fracturas (Coordenadas 392681 E / 223287 N)

2.2.3.4 Sitio visitado Propuesto por los funcionarios del AyA

Se visita un cuarto sitio propuesto para su valoración de captación superficial en compañía de funcionarios de la ASADA de Tacanís de Nicoya (Fig. 2). Este sitio se ubica en las coordenadas 392939 E / 222667 N. Actualmente este sitio se ubica en el cauce de la Quebrada Pavas, presenta un flujo continuo de agua el cual en diferentes puntos es captado por tuberías de 1-2 pulgadas para el abastecimiento de animales (Cerdos y ganado vacuno), así como para el uso agrícola de algunos vecinos de la zona. En el cauce de la quebrada los materiales aflorantes se asocian con rocas del Complejo de Nicoya (Intrusivos) con un patrón preferencial de fracturas en rumbo $280^{\circ}/86^{\circ}$ (AZIMUT), la mayoría de ellas abiertas y limpias. La elevación de este punto es de 414 m.s.n.m. Aguas arriba de este punto en las coordenadas 392932 E / 222552 N la quebrada no presenta agua en flujo, solamente algunos remanentes estancados, elevación en este punto es de 434 m.s.n.m, lo cual se puede asociar a zonas de influencia y efluencia de la quebrada, lo cual se debe de corroborar por medio de aforos diferenciales (Foto 6).



Foto 6. Sitio visitado Propuesto por los funcionarios del AyA. A). Tomas de agua en la Quebrada Pavas (Coordenadas 392939 E / 222667 N). B). Agua remanente estancada en la Quebrada Pavas (Coordenadas 392932 E / 222552 N)

2.3. Geología Regional.

El sector sureste de la hoja MATAMBU, escala 1:50000-IGN; se encuentra influenciado por la disposición de materiales de índole volcánico de edad Cretácico, materiales sedimentarios del cretácico y por otra parte la presencia de materiales sedimentarios recientes como depósitos aluviales y coluviales abarcan parte del área de la zona de estudio (Fig. 3 y Fig. 4).

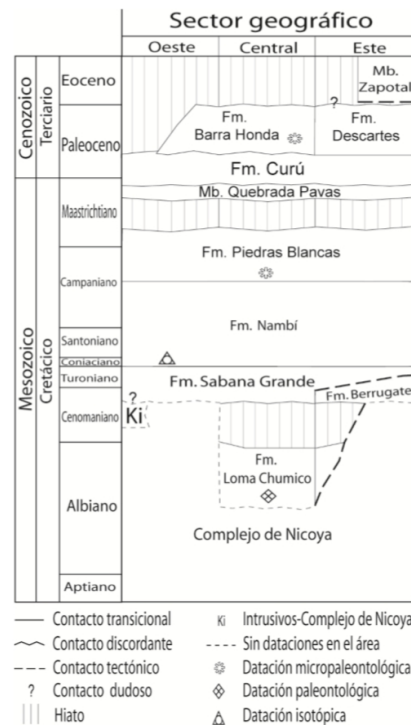


Fig. 3. Columna estratigráfica general de la zona de estudio. (Basado en Flores et al., 2003)

Estas condiciones estratigráficas de la zona de estudio se describen a continuación (Fig. 4).

2.3.1). 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 gabbro, 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.).

En cuanto al espesor total del complejo Denyer & Arias (1991) mencionan que afloran 1500 m de espesor, sin embargo 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.

- BASALTOS

Kuijpers (1979a) 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 ceolita 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.

Estos basaltos se encuentran aflorando en el Bloque Herradura que Astorga (1997) unifica con las ofiolitas de la península de Nicoya a la que denomina Ofiolita de Nicoya, la cual vincula con la formación de un *plateau* oceánico originado por el *Sill Event*, ocurrido durante el Cretácico Superior, en el océano Pacífico central, con el que asocia también el origen de la placa Caribe.

Hauff (1998) realiza análisis químicos e isotópicos en las cercanías de Jacó y concluye que se trata de una continuación del terreno Nicoya; tectónicamente separado y originado en el punto caliente de Galápagos hace aproximadamente unos 90 Ma y un mínimo de 75 Ma.

La génesis de estos basaltos según diferentes autores como Denyer & Gazel (2009), Denyer *et al.* (2014) y Hauff *et al.* (1997, 2000), basados en datos geoquímicos, presentan signatures de *plateau* lo que implica que tienen una afinidad con el punto caliente de los Galápagos, por lo tanto se puede considerar al Complejo de Nicoya como parte del CLIP.

- INTRUSIVO 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 porfírica y gran cantidad de

minerales máficos con acumulación centimétrica de piroxenos en forma esferoidal, macroscópicamente es difícil diferenciarlos de los basaltos.

Se concentra hacia el NW de la Península de Nicoya abarcando las hojas topográficas de Belén, Carrillo Norte y Matapalo, forma parte del Complejo de Nicoya (Denyer *et al.*, 2014).

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).

2.3.2. FORMACIÓN LOMA CHUMICO

Designada formalmente por Astorga (1990).

Estratotipo:

Corresponde con un corte de la carretera de Nicoya a Carmona, en una loma del mismo nombre, se ubica en la hoja Matambu (397700/227400), según fue descrito por Astorga (1987) y Flores (2003).

Descripción:

Está compuesta por intercalaciones decimétricas a centimétricas de brechas y areniscas gruesas basálticas con areniscas finas y lutitas, silíceas y bituminosas (Flores, 2003). Corresponde con una secuencia de 5-10 m, compuesta por:

- Brechas con clastos centimétricos a milimétricos de fragmentos de basaltos en una matriz arenosa o hialoclastítica.
- Areniscas gruesas basálticas y areniscas finas grises.
- Lutitas silíceas y bituminosas.

Erlich et al. (1996) y Schmidt-Effing (com. Pers; 2010) mencionan los fósiles más comunes como amonites, radiolarios, fragmentos de peces, foraminíferos planctónicos y algas.

Aspectos regionales:

Astorga (1987) describe un espesor de 600 m, basado en la perforación del pozo Morote de RECOPE. Flores (2003) mide espesores máximos de 90 m, 70 m y 20 m en diferentes localidades. La mayoría de sus exposiciones se restringen al margen NE del eje de la península según Denyer et al. (2014). La secuencia se presenta con estratificación decimétrica-centimétrica, cuyos estratos poseen planos continuos y discontinuos de geometría tabular (Denyer et al; 2014).

Edad:

Albiano Superior, evidenciada por los amonites del género *Neokentroseras* sp. (Azéma et al; 1978).

Correlación con otras unidades y áreas:

Sobreyace inconformemente a basaltos, intrusivos y brechas asociadas al Complejo de Nicoya. Esrpa sobreyacida discontinuamente por la Formación Sabana Grande (Denyer et al; 2014).

Génesis:

Astorga (1987) menciona que su origen está ligado a una sedimentación pelágica, biogénica, silícea, en la cual se desarrollaron períodos de sedimentación relativamente cortos, cíclicos en un ambiente anóxico (pelita bituminosa). Astorga (1987) asocia las facies bituminosas de la Península de Nicoya con los eventos oceánicos anóxicos del Cretácico.

2.3.3. FORMACIÓN SABANA GRANDE

Esta unidad corresponde con los sedimentos pelágicos, hemipelágicos y turbidíticos del pre-Campaniano, que se encuentran ampliamente distribuidos en la península de Nicoya. Denominada por MacDonald (1920) para describir las calizas silíceas de Sabana Grande, para referirse las grandes exposiciones que se encuentran en la serranía al NE de Sabana Grande. Dengo (1962b) la define formalmente como formación, e indica que, además de calizas silíceas y ftanitas con radiolarios, se encuentran lutitas silíceas.

Estratotipo:

Astorga (1987) redefine la Formación Sabana Grande y considera como estratotipo el área de los alrededores del poblado de Sabana Grande (NW de Nicoya). Flores (2003) propone el cerro Jesús, como neoestratotipo, ubicado en el extremo S de la fila del mismo nombre (394300/ 228700 a 395000/227650, hoja Matambú). En esta localidad aflora una secuencia muy completa de casi todas las rocas que componen esta formación.

Descripción:

Esta unidad está compuesta sobre todo por lutitas silíceas, calcilutitas parcialmente silíceas (calizas silíceas) e intercalaciones de areniscas media y finas ligeramente calcáreas (basado en la redefinición de Flores, 2003).

Aspectos regionales:

El máximo espesor observado es de aproximadamente 180 m (Flores, 2003), y el máximo calculado es de 250 m, al N del cerro Obispo (Hoja Matambú). La secuencia presenta una

estratificación de decimétrica a centimétrica, los estratos son planos continuos, de geometría tabular, leve a medianamente plegados.

Edad:

Dengo (1962b) indica que posiblemente pertenezcan al Senomaniano o más antigua, con base su posición estratigráfica bajo la Formación Rivas (Curú). Tanto Flores (2003) como Bandini *et al.* (2008) le asignan una edad probable de Coniaciano-Campaniano, aunque una muestra (02-24-07-02) se restringe al Coniaciano-Santoniano.

Para Denyer et al. (2014) se considera que tiene un rango de edad del Cenomaniano al Santoniano, con base en la posición estratigráfica observada en el campo y la datación de Bandini *et al.* (2008).

Correlación con otras unidades y áreas:

Sobreyace inconformemente al Complejo de Nicoya. Los contactos son discordantes erosivos o por fallas, p. ej. en la hoja Garza se observa el contacto entre los basaltos y lutitas silíceas (coordenadas 362639/223201). Esta sobreyacida discontinuamente por sedimentos del Coniaciano de la Formación Nambí y de forma discordante por la Formación Puerto Carrillo (Campaniano-Maastrichtiano) según Denyer et al. (2014).

Paleontología/Icnología:

Esta unidad presenta en varias localidades icnofósiles pequeños tipo *Chondrites*, característicos de ambientes quietos y pobres en oxígeno. Además de muchos foraminíferos planctónicos, a veces silicificados (Denyer et al; 2014).

Génesis:

Esta unidad corresponde con una sedimentación de origen pelágico, con una notable influencia en el aporte terrígeno evidenciado por un aumento de intercalaciones de areniscas turbidíticas. Los eventos de sedimentación anóxica son menos frecuentes o casi inexistentes, presentándose principalmente hacia la base (Astorga, 1987; Flores, 2003; Bandini *et al.* 2008).

2.3.4. FORMACIÓN NAMBÍ

Denominada por Flores *et al.* (2003a), para referirse a los primeros sedimentos típicamente turbidíticos depositados en la región. Las mejores exposiciones se encuentran en la Vueltas de Nambí, hoja cartográfica Diríá.

Estratotipo:

Flores (2003) propone varias localidades, debido a la complejidad tectónica de esta unidad:

- Vueltas de Nambí (370000/244550, hoja Diríá).
- Cauce del río Blanco (391700/226000, hoja Matambú)
- Entrada principal de Nambí (373200/243500 hoja Diríá).

Descripción:

Esta unidad está compuesta por brechas basálticas y areniscas gruesas con una destacante gradación positiva y meteorización esferoidal. Litológicamente está compuesta por areniscas finas gris oscuro con intercalaciones en forma de láminas, lentes y cuñas de lutitas café, con laminación paralela y cruzada y fragmentos de hasta 40 cm de *Inoceramus* y radiolarios en sección delgada. Además se encuentran intercalaciones de areniscas grises carbonatadas y lutitas cafés rojizas e intercalaciones de areniscas gruesas y calcarenitas grises (Denyer et al; 2014).

Aspectos regionales:

Flores (2003) considera un espesor máximo calculado de 130 m. La secuencia se presenta con estratificación decimétrica a centimétrica, los estratos son planos continuos, de geometría tabular, se presentan de leve a intensamente plegados, sobre todo en las áreas cercanas a las fallas Morote y Espavelar (Flores, 2003).

Edad:

Varios ejemplares de fragmentos de *Inoceramus* procedentes de la parte inferior de la unidad (370000/244550, hoja Diríá) fueron datados por P. Baumgartner de la Universidad Lausanne en Suiza, mediante el método de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$. Obteniéndose como resultado un valor de 0,70734, el cual es levemente superior al valor correspondiente al límite Turoniano-Coniaciano ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,7073$), por lo que se le asigna una edad Coniaciano Inferior.

La parte superior de esta unidad presenta una microfauna típica del Camapaniano según dataciones bioestratigráficas con radiolarios (Bandini *et al*; 2008). Denyer et al. (2014) correlacionan esta parte con la sección inferior de la Formación Piedras Blancas. Por lo anterior, la edad de la Formación Nambí varía del Turoniano al Coniaciano con base es la dataciones de estroncio.

Correlación con otras unidades y áreas:

Sobreyace inconformemente a los basaltos del Complejo de Nicoya. Su contacto inferior con la Formación Sabana Grande, en general es discontinuo, excepto en el área N de los cerros Rejoya, Oscura y Obispo, en donde se evidencia un contacto transicional (Flores, 2003). Esta sobreyacida concordantemente por la Formación Piedras Blancas y de forma discordante por la Formación Curú.

Génesis:

Esta unidad corresponde con una sedimentación turbidítica de origen basáltico, ocurrida durante el Turoniano-Coniaciano. Los sedimentos de la parte inferior de la formación representan la erosión del Complejo de Nicoya (Flores *et al.* 2003a).

2.3.5. FORMACIÓN CURÚ

Esta unidad estratigráfica fue denominada por Astorga (1987). Corresponde con una secuencia de origen turbidítico, depositada durante el Maastrichtiano al Paleoceno Inferior.

Estratotipo:

Astorga (1987) propone como estratotipo los acantilados de Punta Curú (435200/196300), hoja Tambor). Flores (2003) propone como sección de referencia el afloramiento en la base del cerro Arena (398000/243000, hoja Talolinga).

Descripción:

Astorga (1987) describe esta unidad compuesta por mezcla de arena y lodo en proporciones variables y algo de gravas. Don de origen volcanoclástico básico (basáltico, caracterizado por la abundancia de feldespatos, la carencia casi total de cuarzo, la abundancia relativa de magnetita y de minerales ferromagnéticos). Hacia el techo la composición cambia paulatinamente de basáltica a andesítica. Presenta cinco tipos de facies:

- Flujos turbulentos lodo-arenosos
- Flujos turbulentos arenosos
- Flujos turbidíticos retrabajados
- Flujos turbulentos gravosos
- Flujos de escombros

En varias localidades se puede observar plegamientos sinsedimentarios (*slumps*), que afectan varias decenas de metros de la secuencia sedimentaria (Denyer et al; 2014).

Aspectos regionales:

Dengo (1962b) menciona que el espesor de esta unidad es de 1450 m en el área de Santa Elena y 1670 en la de Nicoya. Astorga (1987) le asigna un espesor promedio de 600 a 800 m y sus máximos de 1500 m. Flores (2003) indica un máximo de 800 m.

La secuencia se presenta con una estratificación de decimétrica a centimétrica, los estratos son planos continuos, de geometría tabular, y se presenta leve a moderadamente plegados, principalmente por deformación sinsedimentaria.

Edad:

Astorga (1987) le asigna un rango de edad Maastrichtiano Medio/Superior a Paleoceno Superior basal. Thulman (en Dengo, 1962), con base en foraminíferos planctónicos, le asigna una edad Campaniano.

Correlación con otras unidades y áreas:

Dentro de esta unidad se agrupan los sedimentos anteriormente incluidos en la Formación Rivas (Dengo, 1962; Lundberg, 1982, Rivier, 1983), descrita por primera vez en Costa Rica por Harrison (1953) en la costa N de la Península de Santa Elena (Formación Santa Elena según Hoffstetter et al; 1960). Formación Las Palmas (Dengo, 1962; Lundberg, 1982). Formación Arenisca-Lutita Barco Quebrado (Baumgartner et al; 1984). Formación Arenisca-Lutita Sámara (Sprechmann, 1984). Sobreyace discontinuamente a las formaciones Piedras Blancas, Santa Ana, San Buenaventura. Los contactos son erosivos y tectónicos. Esta sobreyacida concordantemente por la Formación Descartes (Miembro Zapotal) y la Formación Arío. La Formación Barra Honda se observa sobreyaciendo discordantemente o en contacto lateral. El contacto con la Formación Descartes es transicional, mientras que con la Formación Barra Honda se presenta por medio de una discordancia angular.

Génesis:

Astorga (1987) reconoce grandes volúmenes de sedimento terrígeno depositados por gravedad, conformando depósitos turbidíticos en los que el sedimento no entra en la cuenca en un único punto sino a través de varios, a partir de los cuales es dispersado en forma longitudinal en una cuenca elongada y relativamente estrecha. Describe tres tipos de depósitos turbidíticos:

- Planos de cuenca.
- Complejos lobulares.
- Depósitos canalizados progradantes.

2.3.6. MIEMBRO QUEBRADA PIEDRAS (FM. CURÚ)

Esta unidad fue definida por Flores et al. (2003a) como la base de la Formación Curú, y se caracteriza por evidenciar un evento de alta erosión durante el Maastrichtiano Superior.

Estratotipo:

El curso bajo de la quebrada Pavas (392200/224850, hoja Matambú) según Denyer et al. (2014).

Descripción:

Es una secuencia de 20 a 50 m, compuesta por estratos métricos a centimétricos de areniscas media a gruesas grises, con lentes de conglomerados con clastos redondeados (diámetro: 2-10 cm) de basaltos, pedernales, radiolaritas, lutitas silíceas y clastos angulares (10 x 30 cm) de calcilutitas rosadas y blancas. Microscópicamente corresponden con arenitas líticas, *wackes* líticas y arenita arcósica (Denyer et al; 2014).

Aspectos regionales:

El espesor máximo observado en la localidad tipo es de 50 m. Los únicos afloramientos de esta unidad están en la quebrada Pavas. Su estratificación es de métrica a centimétrica, en estratos tabulares y continuos, aunque los conglomerados son lenticulares y discontinuos (Denyer et al; 2014).

Edad:

Flores (2003) le asigna una edad Maastrichtiano Superior basal, por correlación estratigráfica. Sin embargo, no hay suficientes datos de correlación.

Correlación con otras unidades:

Sobreyacen discordantemente a los sedimentos de la Formación Piedras Blancas. El contacto es erosivo, está sobreyacida concordantemente por intercalaciones centimétricas de lutitas café calcáreas de la Formación Curú.

Génesis:

Esta unidad evidencia un evento erosivo en los alrededores de la cuenca, el cual posiblemente fue producto de un levantamiento general, lo que produjo una alta erosión en un tiempo muy corto (Flores, 2003).

2.3.7. FORMACIÓN BARRA HONDA

Esta unidad fue definida por Dengo (1962b), y corresponde con una secuencia carbonatada ampliamente extendida en las márgenes del río Tempisque.

Estratotipo:

Dengo (1962b) propone como localidad tipo los cerros de Barra Honda (387800/237000, hoja Matambú).

Descripción:

Dengo (1962b) la describe como una caliza pobremente estratificada en la parte inferior y bien estratificada en la parte superior, con textura homogénea fina y color blanco amarillento.

Mora (1981) distingue dos subunidades:

- Una subunidad estratificada bien expuesta en la zona de lapiaz del Mirador, en el Mogote del cerro Barra Honda, en Fierro, Corralillo y el cerro Panamá. Según la clasificación de Folk, consiste de una biomicrita con variaciones locales a bioesparita y a biopelmicrita. Según la clasificación de Dunham se trata de un *packstone* con variaciones locales a *grainstone* y *packstone* esparítico. Se compone

de fragmentos de erizo, algas (*Corallinacea*), esponjas, *bryozoos*, radiolarios (*Spumellaria*) y foraminíferos (*Quinqueloculina*, *Tricoculina*, y otros).

- Una subunidad maciza se observa en la pared S del cerro Barra Honda y en los costados E y W del cerro Corralillo. Según la clasificación de Folk está formada por un biolitita algal con áreas restringidas de biopelmicrita. De acuerdo con la clasificación de Dunham es una boundstone en donde la actividad algal ha ligado los demás componentes de la roca. Está cementada en su mayor parte por micrita primaria y por productos de la actividad algal.

Petrográficamente esta unidad corresponde con *wackstone* y *packstone*, en general de algas con algunos foraminíferos (Flores, 2003). Además son muy abundantes los gasterópodos grandes, los macroforaminíferos, los equinodermos, los corales y las algas (Denyer et al; 2014).

Aspectos regionales:

Dengo (1962b) menciona un espesor de 350 m. La secuencia se presenta con estratificación de centimétrica a métrica o bien masivas; los estratos son planos continuos, con geomotría tabular.

Edad y Paleontología:

Dengo (1962b) con base en la microfauna determinada por Thalmann; se propone una edad Cretácico Terminal al Paleoceno Inferior. Jaccard et al. (2000) le asignan una edad Paleoceno Superior al Eoceno Inferior, la cual posteriormente se restringe a Paleoceno Superior basado en análisis isotópicos de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Jaccard & Munster, 2001).

Jaccard et al. (2000) mencionan una localidad (lomas y laguna Jicote, hoja Tempisque), donde determinan una edad Eoceno Inferior a Medio, con base en la presencia de *Neodiscocyclina bullbrooki* (Caudri) y *Amphisteginas* como *Eoconuloides* cf. *Wellsi*, sin hacer ninguna referencia a unidades geológicas. Flores (2003) correlaciona con la Formación Fila de Cal, con base en su edad. Por lo anterior, los autores Denyer et al. (2014) utilizan el rango temporal del Paleoceno Superior al Eoceno Inferior para la Formación Barra Honda.

Correlación con otras unidades:

Sobreyace discordantemente a los sedimentos de la Formación Curú, también sobreyace tectónicamente al Miembro Zapotal (Formación Descartes), por medio de fallas en el cerro Calera (Flores et al; 2003a).

Génesis:

Calvo (1987) describe tres sistemas depositacionales en la Formación Barra Honda:

- Sistema de plataforma abierta: caracterizadas por ambientes de bahía y lagunas abiertas, donde se admite una circulación de las aguas marinas; con la sedimentación de lodos carbonatados (*wackstones*) bioclásticos, con algún desarrollo de bioestromos de corales coloniales y algas rojas.
- Sistema de plataforma interna: caracterizado por ambientes de llanuras de marea, bahías y lagunas con circulación restringida de las aguas marinas, con sedimentación de lodos carbonatados micríticos y peletoidales, así como lodos infiltrados. Están representados por *wackstones* intraclásticos, *wackstones* con lodos infiltrados, *wackstones* peletoidales y principalmente *mudstones*.
- Sistemas de plataforma retrogradacional: este sistema aflora en el flanco N de la fila Catalina, está constituido por pelagitas y hemipelagitas, además de tobías ácidas de grano medio a grueso que están sobreyaciendo concordantemente a la Formación Barra Honda.

2.3.8. DEPÓSITOS DEL CUATERNARIO

Se compone de varias subunidades las cuales se describen brevemente a continuación:

- Terrazas aluviales: Corresponde con antiguas terrazas disectadas por la erosión de los principales cauces de los ríos Morote, Matina y Cacao Mico.
- Depósitos aluviales: Afloran en prácticamente toda el área de estudio, constituidos por materiales acarreados por las quebradas ubicadas en la zona de estudio, cuyos clastos de variado tamaño presentan una composición muy heterogénea que va desde basáltica hasta carbonatada, procedente de la erosión de las rocas pertenecientes a las formaciones Complejo de Nicoya y Barra Honda principalmente.

2.4. Otras consideraciones.

Durante la gira se recorrió toda la zona de estudio (Fig. 2): Fuentes de abastecimiento de la ASADA (Pozo y naciente) lotes propuestos por la ASADA y sitios propuestos por el AyA, además de los alrededores de la comunidad de Tacanís de Nicoya, entre otros. Lo anterior, para visualizar las condiciones geológicas-hidrogeológicas y geográficas de la zona, y también en busca de sitios probables para la posible o futura perforación de un pozo de extracción de aguas subterráneas. A partir de esto se indica que:

2.4.1. Pozo 1 ASADA.

Para el Pozo 1 de la ASADA de Tacanís de Nicoya no se cuenta con información de niveles históricos del agua subterránea (Estático y dinámico), armado del pozo (Tubo ciego y rejilla), litología o datos de los parámetros hidráulicos del acuífero captado. Según se indica por los funcionarios de la ASADA de Tacanís el caudal actual es inferior a 1 l/s y no se puede mantener durante un periodo de bombeo constantes en el tiempo pues se abate rápidamente, esto puede estar asociado a problemas estructurales o a problemas de obstrucción de las rejillas del pozo el cual según los funcionarios de la ASADA posterior al terremoto del 2012 el nivel del agua descendió abruptamente y durante varios días el agua salía sucia, aunado a esto se falta de precipitación se puede asociar a los descensos regionales del nivel del agua subterránea por falta de recarga y/o sobre extracción.

2.4.2. Naciente EL Cubano.

Para la naciente llamada “El Cubano” de la ASADA de Tacanís de Nicoya no se cuenta con información histórica de los caudales, se indica por parte de la ASADA que durante las ocasiones que funcionarios de otras entidades se han hecho presentes para realizar estas mediciones los resultados no han sido entregados y se desconoce la información recopilada.

Actualmente el caudal medido en la visita de campo es de 0,04 l/s, “lo cual es muy poca agua para poder abastecer a todos los usuarios de la comunidad, de igual modo se ha revisado toda la tubería para determinar si hay fugas de agua pero la misma está en perfecto estado”, citan los miembros de la ASADA.

Es importante recalcar que las condiciones estructurales de la toma pueden ser mejoradas y con esto generar un mejor aprovechamiento del agua subterránea, garantizar la seguridad de la toma de vandalismo y asegurar la calidad del agua subterránea que utiliza para el abastecimiento de la comunidad. Además cabe indicar que la zona adyacente a esta fuente se encuentra cubierta por bosque, y la divisoria de aguas se encuentra aproximadamente a 250 metros de distancia de la fuente captada, además el flujo subterráneo es predominantemente asociado a un medio rocoso fracturado tal y como se observó en afloramientos rocosos cercanos.

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. La zona de estudio en Tacanís de Nicoya, Guanacaste; está constituida en su basamento por materiales ígneos del Complejo de Nicoya, además por materiales sedimentarios pertenecientes las formaciones Loma Chumico, Sabana Grande, Nambí, Curú y Barra Honda, además en la zona de manera amplia se presentan otros materiales sedimentarios Cuaternarios. La localidad está controlada estructuralmente a nivel regional por fallas neotectónicas.

3.2 A partir del levantamiento de niveles de agua en pozos y nacientes de la zona realizado en la visita de campo el día Viernes 17 de julio del 2015 y consultados en el Archivo Nacional de Pozos del SENARA sin que hayan pozos registrados en la zona (Consulta realizada el día Viernes 28 de Agosto del 2015), se determina que la profundidad a la cual se encuentra el agua subterránea se encuentra entre 5-10 metros (Nivel estático para pozos artesanales y nacientes). Y en el pozo perforado de la ASADA este nivel se encuentra a los 50,10 m.b.n.s de profundidad. Tanto la naciente como el pozo de la ASADA se encuentra presentes en el contacto de rocas de la Formación Loma Chumico y rocas del Complejo de Nicoya (Intrusivo Potrero, rocas fracturadas).

3.3. A partir del recorrido efectuado en la zona, se pudo determinar que las condiciones geológicas-hidrogeológicas presentes, presentan dificultades técnicas de distribución del agua subterránea debido a lo disectado del terreno y las fuertes pendientes, debido a esto se tiene el pozo y un tanque en una zona alta de la comunidad, además la ASADA cuenta con una extensa red de distribución en la zona la cual constantemente revisan para detectar posibles fugas. En la zona existe una relativa homogeneidad litológica en cuanto a la distribución de las rocas (Sedimentarias e ígneas), sin embargo estas presentan diferente grado de meteorización y algunas fracturas en los materiales sin un patrón definido, esto según lo visto en el campo y las referencias geológicas consultadas.

3.4. Se indica que los sitios identificados en los apartados **2.2.3.1 (Sitio propuesto 1)** y **2.2.3.2 (Sitio propuesto 2)**, no cumplen con las expectativas mínimas para garantizar un caudal constante y que cumpla con las expectativas de abastecimiento de la zona de Tacanís de Nicoya, esto por encontrarse en zonas con muy poca zona de recarga acuífera a partir de la divisoria de aguas, además que las condiciones morfológicas del terreno no permiten un almacenamiento adecuado del agua subterránea debido a las fuertes pendientes, aunado a esto la elevación a la que se encuentran estos sitios fuerza a tener que realizar una perforación más profunda lo cual no garantiza de todos modos el caudal necesario para el abastecimiento de la comunidad.

3.5. A partir del análisis geológico e hidrogeológico de la zona de estudio, se considera que el orden de prioridad para investigación y producción de un pozo son:

1). El sitio indicado en la sección **“2.2.3.3 Sitio propuesto 3”** ubicado aproximadamente a 1,5 kilómetros de la comunidad de Tacanís de Nicoya (Coordenadas 392670 E / 223232 N), presenta las condiciones más aptas para la perforación de un nuevo pozo de investigación producción para el abastecimiento público de la comunidad, pues técnicamente presenta condiciones geológicas con rocas fracturadas además de flujo

superficial de agua en la quebrada Pavas que se asocia con el flujo base de agua subterránea debido a la poca precipitación que había ocurrido a la fecha de la visita y además de las observaciones realizadas en el campo en las cuales esta hipótesis fue confirmada en sitios puntuales en los cuales la quebrada pasaba de un comportamiento influente a efluente, además se debe de indicar que según lo visto en el campo la zona propuesta presenta dimensiones tales que permite mantener un perímetro de protección mínimo (Foto 5), es importante recalcar que aproximadamente a 50 metros de esta zona propuesta se ubica una casa de habitación por lo cual se deben de tomar las medidas respectivas para salvaguardar la protección de un posible contaminante de tipo patógenos provocados por la presencia de tanques sépticos, letrinas o aguas servidas superficiales; Por lo tanto:

Se recomienda a la Subgerencia de Sistemas Comunes, que se realice al menos un perfil geofísico en la zona propuesta de tipo TOMOGRAFÍA ELÉCTRICA de al menos 100 metros de penetración a lo largo de la propiedad (Fig. 4). Se indica esta especificación, ya que según la inspección de campo realizada por el Área Funcional de Hidrogeología en compañía de funcionarios de la ASADA de Tacaná de Nicoya, este sitio fue el que reúne las mejores condiciones geológicas e hidrogeológicas aptas para la investigación por medio de una perforación. Debe de tomarse en cuenta la presencia de un fallamiento regional cercano a este sector (Fig. 4).

2). El sitio indicado en la sección “2.2.3.4 Sitio propuesto por el AyA” ubicado aproximadamente a 1 kilómetro de la comunidad de Tacaná de Nicoya (392939 E / 222667 N), presenta condiciones de flujo superficial que deben ser analizadas en cuanto a la calidad y cantidad, realizar la valoración desde el punto de vista técnico para el abastecimiento de la comunidad (Aforos en invierno y verano y distribución por bombeo u otro), así como la vulnerabilidad a la contaminación que esta pueda tener. Técnicamente presenta condiciones geológicas con rocas fracturadas las cuales permiten el flujo de agua subterránea (Foto 6), es importante recalcar que en este punto el flujo de esta quebrada ya es captado para uso animal y agrícola; Por lo tanto:

Se recomienda a la Subgerencia de Sistemas Comunes, que se realicen aforos a esta quebrada en este punto o en otro que se considere adecuado aguas arriba desde el punto de vista operativo tanto para la ASADA como para el AyA (Fig. 4). Se indica esta especificación, ya que según la inspección de campo realizada por el Área Funcional de Hidrogeología en compañía de funcionarios de la ASADA de Tacaná de Nicoya, este sitio fue el que reúne las mejores condiciones geológicas e hidrogeológicas aptas para la investigación por medio de una captación superficial.

3.6 De llevarse a cabo la nueva perforación en este sitio (Opción 1), el mismo 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 sobre la línea recomendada, el mismo deberá poseer una vía de aire para poder realizar las medidas de nivel del agua

subterránea 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.

3.7 Se recomienda realizar estudio con cámara de video al Pozo 1 de la ASADA de Tacanís de Nicoya, para definir las condiciones estructurales del mismo, además determinar la condición en la cual se encuentran las rejillas del pozo, posteriormente se debe de realizar una limpieza y desarrollo al mismo, una vez realizada esta actividad se recomienda realizar una prueba de bombeo de al menos 48 horas para determinar el potencial de producción del pozo, durante este periodo de bombeo se debe de tomar una muestra de agua para realizar un análisis físico-químico y bacteriológico completo del agua. Por último se debe de bajar de nuevo una cámara de video para garantizar que el estado de limpieza del pozo es el óptimo.

En dado caso que cuando se descienda la cámara por primera vez se determine que el pozo se encuentra colapsado, se recomienda reperforar el pozo y realizar las maniobras de limpieza y desarrollo descritas anteriormente para garantizar el caudal necesario para el abastecimiento de la comunidad.

3.8. Se recomienda a la ASADA de Tacanís de Nicoya mantener un monitoreo del caudal, nivel del agua subterránea y de la calidad del agua de las tomas que ella administra, para definir las condiciones y variaciones de éstas con el tiempo (invierno-verano).

3.9. Se recomienda a la ASADA de Tacanís de Nicoya y a la Subgerencia de Sistemas Comunales valorar la opción de abastecimiento por medio de agua superficial o subsuperficial (Fuentes de agua), para lo cual se debe de realizar un plan de aforos en nacientes cercanas a la zona o en quebradas y/o ríos a lo largo del año así como analizar la calidad de agua de estos.

IV. REFERENCIAS

- ALVARADO, F; 1981: Estudio geológico de la región de Sabana Grande, cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica.- 64 págs. Escuela Centroamericana de Geología, UCR [Inf. Campaña Geológica].
- ARIAS, O; 2003: Redefinición de la Formación Tulín (Maastrichtiano-Eoceno Inferior) del Pacífico Central de Costa Rica.- Rev. Geól. Amér. Central, 28: 47-68.
- ASTORGA, A; 1987: El Cretácico Superior y el Paleógeno de la vertiente Pacífica de Nicaragua Meridional y Costa Rica Septentrional: origen y dinámica de las cuencas profundas relacionadas al margen convergente de Centroamerica.- 250 págs. Escuela Centroamericana de Geología, UCR [Tesis Lic.].
- ASTORGA, A; 1990: La Formación Loma Chumico (Complejo de Nicoya, Costa Rica) y su relación con la evolución Cretácica del margen oeste de la Paleo-Plateau Caribe.- VII Congreso Geol. Amér. Central. San José: 126.
- AZÉMA, J; TOURNON, J. & SORMAY, J; 1978: Presencia de amonites del Albiano Superior en las formaciones del “Complejo de Nicoya”. El yacimiento de la loma Chumico, provincia de Guanacaste.- Informe Semestral IGN, 1978(2): 71-76.
- BANDINI, A.N; FLORES, K; BAUMGARTNER, P.O, JACKETT, S.J. & DENYER, P; 2008: Late Cretaceous and Paleogene radiolaria from the Nicoya Peninsula, Costa Rica: a tectonostratigraphic application.- Stratigraphy, 5(1): 3-21.
- BAUMGARTNER, P. O., C. R. MORA, J. BUTTERLIN, J. SIGAL, G. GLACON, J. AZEMA & BOURGOIS, J., 1984: Sedimentología y paleogeografía del Cretácico y Cenozoico del litoral pacífico de Costa Rica. - Rev. Geol. Amér. Central, 1: 57-136.
- DENGO, G; 1962b: Estudio geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica.- 112 págs, Instituto Geográfico Nacional, San José.
- DENYER, P; 1977: Apuntes sobre las mineralizaciones de manganeso del Complejo de Ofiolítico de Nicoya, Provincia de Guanacaste, Costa Rica.- 65 págs. Escuela Centroamericana de Geología, UCR [Tesis Lic.].
- DENYER, P. & KUIJPERS, E.P; 1979: Mineralizaciones de manganeso intercaladas en basaltos del Complejo de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.- Informe Semestral IGN 1878(2): 91-108.
- DENYER, P. & ARIAS, O; 1993: Geología del Norte de la Península de Nicoya, Costa Rica.- Rev. Geol. Amér. Central, 16:69-84.
- DENYER, P; AGUILAR, T. & ALVARADO, G.E.; 2003: Geología y estrigrafía de la hoja Barranca.- Rev. Geól. Amér. Central, 29: 105-125.

- DENYER, P; BAUMGARTNER, P.O. & GAZEL, E; 2006: Caracterization and tectonic implications of Mesozoic-Cenozoic oceanic assemblages of Costa Rica and Western Panama-Geologica Acta, 4(1-2): 219-235.
- DENYER, P. & BAUMGARTNER, P.O; 2006: Emplacement of Jurassic-Lower Cretaceous radiolarites of the Nicoya Complex (Costa Rica).- Geologica Acta, 4(1-2): 203-218.
- DENYER, P. & 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; MONTERO, W. & AGUILAR, T; 2014: Cartografía Geológica de la Península de Nicoya, Costa Rica – Estratigrafía y Tectónica.- 207 págs. Editorial UCR, San José.
- ERLICH; R; ASTORGA, A; SOLER, Z; PATTS, M. & PALMER, E; 1996: Paleooceanography of organic-rich rocks of the Loma Chumico formation of Costa Rica, Late Cretaceous, eastern Pacific.- Sedimentology, 43: 691-718.
- FLORES, K; 2003: Propuesta tectonoestratigráfica de la región septentrional del Golfo de Nicoya.- 176 págs. Escuela Centroamericana de Geología, UCR [Tesis Lic.].
- FLORES, K. & DENYER, P; 2003: Mapa Geológico de la hoja Talolinga.- Escala 1: 100 000, Rev. Geól. Amér. Central, 28.
- FLORES, K; DENYER, P. & AGUILAR, T; 2003a: Nueva propuesta estratigráfica: geología de las hojas Matambú y Talolinga, Guanacaste, Costa Rica.- Rev. Geól. Amér. Central, 28: 131-138.
- FERNÁNDEZ, J.A; 1981: Geología del área de Matambú y alrededores, cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica. 40 págs. Escuela Centroamericana de Geología, UCR [Inf. Campaña Geológica].
- HARRISON, O; 1953: The geology of the Santa Elena Península in Costa Rica, Central America.- Proceedings Seventh Pacific Science Congress, 2: 102-104.
- HAUFF, F; HOERNLE, K; BOOGARD, P; ALVARADO, G.E. & GARBE-SCHONBERG, 2000: Age and geochemistry of basaltic complex in western Costa Rica: Contributions to geotectonic evolution of Central America.- Geochemistry, Geophysics, Geosystems 1(5), doi 10.1029/ 1999GC000020.
- HOERNLE, K; HAUFFM F. & VAN DEN BOOGARD, P; 2004: 70 m.y. History (139-69 Ma) for the Caribbean Large igneous province.- Geology, 32: 697-700.

- HOFFSTETTER, R; DENGGO, G. & WEYL, R; 1960: Costa Rica.- En: HOFFSTETTER, R. (Ed.): Lexique Stratigraphique International, Amérique Centrale.- Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), París, Fascículo 2, 5: 223-306.
- HU, X; JANASA, L; WNAG, C; SARTI, M; BAK, K; WAGREICH, M; MICHALIL, J. & SOTÁK, J; 2005: Upper Cretaceous oceanic red beds (CORBs) in the Tethys: occurrences, lithofacies, age, and environments.- *Cretaceous Research*, 28: 3-20.
- KUYJPERS, E.P., 1979a. "La geología del Complejo Ofiolítico de Nicoya, Costa Rica". *Inst. Geogr. Nac.*, 25, Inf. Sem. Julio-dic. 15-75; San José, Costa Rica [1980].
- KUIJPERS, E.P. & DENYER, P; 1979: Volcanic exhalative manganese deposits of the Nicoya Ophiolite Complex, Costa Rica.- *Econ Geol.* 74: 672-678.
- LUNDBERG, N; 1982: Evolution of the slope landward of the Middle America Trench, Nicoya peninsula, Costa Rica.- En: LEGGETT, J.K. (de): Trench-forearc geology: sedimentation and tectonics on modern and ancient active plate margin.- Geological Society of London, Blackwell Scientific Publications: 131-147.
- MCDONALD, D.F; 1920/1921: Informe final geológico y geográfico de Costa Rica.- *Rev. De Costa Rica* 2: 28-32, 50-57, 106-111, 139-148.
- RIVIER, F 1983: Síntesis geológica y mapa geológico del área de bajo Tempisque, Guanacaste, Costa Rica.- *Inf. Sem. IGN*, 1983(1): 7-30.
- 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.
- SPRECHMANN, P; 1982: Estratigrafía de Costa Rica (América Central), I: unidades estratigráficas sedimentarias.-*Actas V Cong. Latinoamericano Geol.* Buenos Aires, 1:55-71.
- SPRECHMANN, P; 1984: Manual de Geología de Costa Rica.- 320 págs. Ed. UCR, San José.
- TOURNON, J; 1984: Magmatismes du Mésozoïque à l'actuel en Amérique Centrale: L'exemple de Costa Rica, des ophiolites aux andésites.- 335 págs. Univ. Pierre et Marie Curie [Tesis Ph.D].