

**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 SAN JOSÉ
DE LA MONTAÑA.
EVALUACIÓN DE CONDICIONES GEOLÓGICAS-
HIDROGEOLÓGICAS DEL SITIO SAN JOSÉ DE LA MONTAÑA,
SANTA CRUZ, GUANACASTE”.**



ASADA SAN JOSÉ DE LA MONTAÑA, SANTA CRUZ, GUANACASTE.

Elaboró:

**Geól. Mauricio Zúñiga Calderón
Área Funcional de Hidrogeología**

**Asistencia de campo
Gestor Experto Dennis Pessoa Peralta
Funcionarios de la ASADA de San José de la Montaña, Santa Cruz, 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 SAN JOSÉ DE LA MONTAÑA.
EVALUACIÓN DE CONDICIONES GEOLÓGICAS-HIDROGEOLÓGICAS DEL SITIO SAN JOSÉ DE LA MONTAÑA, SANTA CRUZ, 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 San José de la Montaña, para el día Miércoles 22 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 San José de la Montaña, 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 San José de la Montaña, 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 San José de la Montaña, 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 San José de la Montaña y alrededores, la cual se ubica específicamente entre las coordenadas Este 349500 - 351500 m y Norte 242500 - 244000 m, cuadrante Costa Rica Lambert Norte, hoja topográfica DIRIA (IGNCR), a escala 1:50 000.

Además se presentan destacados los puntos de interés para la ASADA de San José de la Montaña (sitios visitados), acordados junto con los señores Carlos Gutiérrez Pizarro y José Matarrita Leal (Miembros de la ASADA), en reunión realizada en dicha localidad el 22 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 San José de la Montaña no existen pozos registrados.

Se aclara que el área de estudio abarca tanto la comunidad de San José de la Montaña 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 San José de la Montaña.

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 San José de la Montaña.
- 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 José de la Montaña.

El día Jueves 23 de julio del 2015, la Asociación Administradora de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados de San José de la Montaña, solicita una visita de personeros de AyA e inspección de campo. Estuvieron presentes por parte de la ASADA, los señores Carlos Gutiérrez Pizarro y José Matarrita Leal (Miembros de la ASADA) y otros funcionarios de la ASADA. Por parte del AyA se apersonaron: de la UEN-Gestión Ambiental el Gestor Experto Dennis Pessoa Peralta y el suscrito, Geól. Mauricio Zúñiga Calderón.

Entre los temas expuestos por el funcionario de la ASADA de San José de la Montaña se mencionan los siguientes aspectos:

1. Actualmente la ASADA abastece a 55 abonados, para cada abonado no se cuenta con el respectivo hidrómetro.
2. Existe una necesidad de recurso hídrico, “la comunidad de San José de la Montaña solo tiene agua pocas horas por día, y algunos días no hay agua del todo pues los pozos se achican”.
3. Con respecto al agua en la zona, se menciona que, cito: “El problema de abastecimiento es muy grande, se tiene un pozo perforado que hace 2 años daba 2 l/s, actualmente no dura más de 10 minutos bombeando antes de achicarse. El otro pozo que se tiene es artesanal y años atrás daba 7 l/s actualmente solo se puede bombear 1 o 2 horas, debido a la falta de lluvia los pozos se han secado, además el agua del pozo artesanal ha salido con presencia de coliformes en algunos análisis realizados meses atrás”.
4. Existen dos pozos actualmente en la comunidad de San José de la Montaña. Cito:
 - 4.1 “El Pozo 1, posee 15,68 m de profundidad. Actualmente presenta agua subterránea pero al encender la bomba se seca en menos de 1 minuto según lo corroborado en el campo”.
 - 4.2 “El pozo 2 (Pozo artesanal), posee una profundidad total de 6,54 metros. Actualmente presenta agua subterránea pero al encender la bomba se seca en menos de una hora según lo indicado por funcionarios de la ASADA (Coordenadas 349928 E / 243706 N), este pozo está conectado directamente a la red de distribución. A una distancia de 30 metros de este pozo en dirección aguas arriba, más precisamente en las coordenadas 349937 E / 243691 N (Fig. 2), se ubica un pozo perforado privado, el cual según lo consultado en la Base Nacional de Pozos del SENARA (Consultado el día

24 de Agosto de 2015), no se encuentra registrado. Por lo que es importante que por parte de la ASADA de San José de la Montaña se hagan las consultas respectivas a la Dirección de Agua de MINAE para garantizar que el caudal que se extrae de este pozo privado no afecte el caudal del pozo de la ASADA que prevalece en cuanto al abastecimiento de la comunidad.

5. Se indica que existen 2 sitio principales de interés en la zona de San José de la Montaña tanto para la ASADA como mediante el criterio técnico-profesional, cito:

5.1. “Terreno ubicado en donde actualmente se encuentra el Pozo 2 ASADA”.

5.2. “Terreno ubicado en las cercanías del Pozo Artesanal 3, ubicado aproximadamente a 1,5 km de la comunidad de San José de la Montaña”.

2.2. Descripción básica de campo de los sitios de interés indicados por la ASADA de San José de la Montaña.

2.2.1. Pozo 1 ASADA.

Se visita el sitio en el cual se ubica el Pozo 1, en compañía de funcionarios de la ASADA de San José de la Montaña (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 se abate en menos de 1 minuto. La profundidad es de 15,68 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, lo cual podría eventualmente estar sobre dimensionada para las características de este pozo lo cual puede generar problemas en el pozo como acarreo de materiales finos que obstruyan las rejillas. El nivel del agua subterránea (Nivel estático) medido se encuentra a 8,76 m.b.n.s.



Foto 1. Pozo 1 (Coordenadas 350015 E / 243303 N).

2.2.2. Pozo 2 ASADA.

Se visita el sitio en el cual se ubica el Pozo 2, en compañía de funcionarios de la ASADA de San José de la Montaña (Fig. 2). Este pozo está actualmente en uso, la disponibilidad del agua en este pozo depende del almacenamiento presente en el acuífero por medio del aporte en un medio rocoso fracturado (Foto 2). Costa de una profundidad total de 6,5 metros, su diámetro es de 2,70 m. El nivel del agua subterránea (Nivel estático) se encuentra a 5,94 m.b.n.s. Este pozo fue construido por los personeros de la ASADA, anteriormente se mantenía con una disponibilidad de agua suficiente para aportar un caudal de 2 l/s, sin embargo actualmente no da más de 1 l/s durante un periodo máximo de 1 hora, se utiliza una bomba de 3 HP, y según los funcionarios de la ASADA el basamento apareció a los 6 metros de profundidad. A 3 metros de este pozo hay otro excavado hecho por VISIÓN MUNDIAL el cual ya no se usa, debido a que las paredes del mismo se encuentran colapsadas.



Foto 2. Pozo 2 (Coordenadas 349928 E / 243706 N)

2.2.3. Otros sitios visitados.

Se visitan tres pozos artesanales ubicados en la comunidad de San José de la Montaña y alrededores, de estos 3 pozos se recomendó por parte de la ASADA la ubicación de dos de ellos para su valoración en cuanto a la perforación de un pozo.

2.2.3.1. Pozo Artesanal 1.

Se visita el sitio en el cual se ubica el Pozo Artesanal 1, en compañía de funcionarios de la ASADA de San José de la Montaña (Fig. 2). Este pozo está actualmente en uso de tipo agrícola y para el ganado, la disponibilidad del agua en este pozo depende del almacenamiento presente en el acuífero por medio del aporte en un medio rocoso fracturado (Foto 3). La profundidad es de 1,52 metros, su diámetro es de 80 cm. El nivel del agua subterránea (Nivel estático) se encuentra a 26 cm.b.n.s. Este pozo fue construido en marzo de 1968 y según indican los personeros de la ASADA siempre se ha mantenido con agua, de igual manera se corroboró en campo que una quebrada adyacente a este pozo se mantiene con flujo de agua a partir de fracturas en las rocas las cuales aportan el agua subterránea a lo largo de la quebrada.



Foto 3. Pozo Artesanal 1 (Coordenadas 349932 E / 243170 N)

2.2.3.2 Pozo Artesanal 2 y sitio propuesto 1

Se visita el sitio en el cual se ubica el Pozo Artesanal 2, en compañía de funcionarios de la ASADA de San José de la Montaña (Fig. 2). Este pozo está actualmente en desuso, la disponibilidad del agua en este pozo depende del almacenamiento presente en el acuífero por medio del aporte en un medio rocoso fracturado (Foto 4). La profundidad es de 6,28 metros, su diámetro es de 80 cm. El nivel del agua subterránea (Nivel estático) se encuentra a 3,75 m.b.n.s. Este pozo fue construido años atrás para el uso privado del dueño de la propiedad y según indican los personeros de la ASADA siempre se ha mantenido con agua.

Este sitio es uno de los recomendados por los personeros de la ASADA de San José de la Montaña para la perforación de un pozo en dado caso de que cumpla desde el punto de vista técnico geológico-hidrogeológico, sin embargo a partir del análisis morfológico y geológico realizado se determina que la zona de recarga que aportaría agua subterránea a un pozo en esta zona no es lo suficientemente grande como para asegurar un caudal durante todo el año (Época seca y lluviosa).



Foto 4. Pozo Artesanal 2 (Coordenadas 350579 E / 243115 N).

2.2.3.3 Pozo Artesanal 3 y sitio propuesto 2

Se visita el sitio en el cual se ubica el Pozo Artesanal 3, en compañía de funcionarios de la ASADA de San José de la Montaña (Fig. 2). Este pozo está actualmente en uso de tipo doméstico, la disponibilidad del agua en este pozo depende del almacenamiento presente en el acuífero por medio del aporte en un medio rocoso fracturado (Foto 5). La profundidad es de 3,42 metros, su diámetro es de 80 cm. El nivel del agua subterránea (Nivel estático) se encuentra a 3 m.b.n.s. Este pozo fue construido años atrás para el uso privado del dueño de la propiedad y según indican los personeros de la ASADA y el dueño siempre se ha mantenido con agua. El aporte de agua en este pozo proviene de un flujo subterráneo predominantemente fisural.

Este es otro de los sitio recomendados por los personeros de la ASADA de San José de la Montaña para la perforación de un pozo en dado caso de que cumpla desde el punto de vista técnico geológico-hidrogeológico. Aguas arriba de esta zona cercano a la ubicación del Pozo Artesanal 2 se indica por parte de los funcionarios de la ASADA que siempre se han encontrado “ojos de agua” que a pesar de la disminución de la lluvia no se secan, lo cual es evidencia de un flujo subterráneo de agua, sin embargo no se puede determinar el caudal de flujo hasta tanto no se tengan datos como una prueba de bombeo.



Foto 5. Pozo Artesanal 3 (Coordenadas 351350 E / 243702 N)

2.3. Geología Regional.

El sector suroeste de la hoja DIRIÁ, escala 1:50000-IGN; se encuentra influenciado por la disposición de materiales de índole volcánico de edad Cretácico, materiales sedimentarios del cretácico y del Paleógeno, 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).

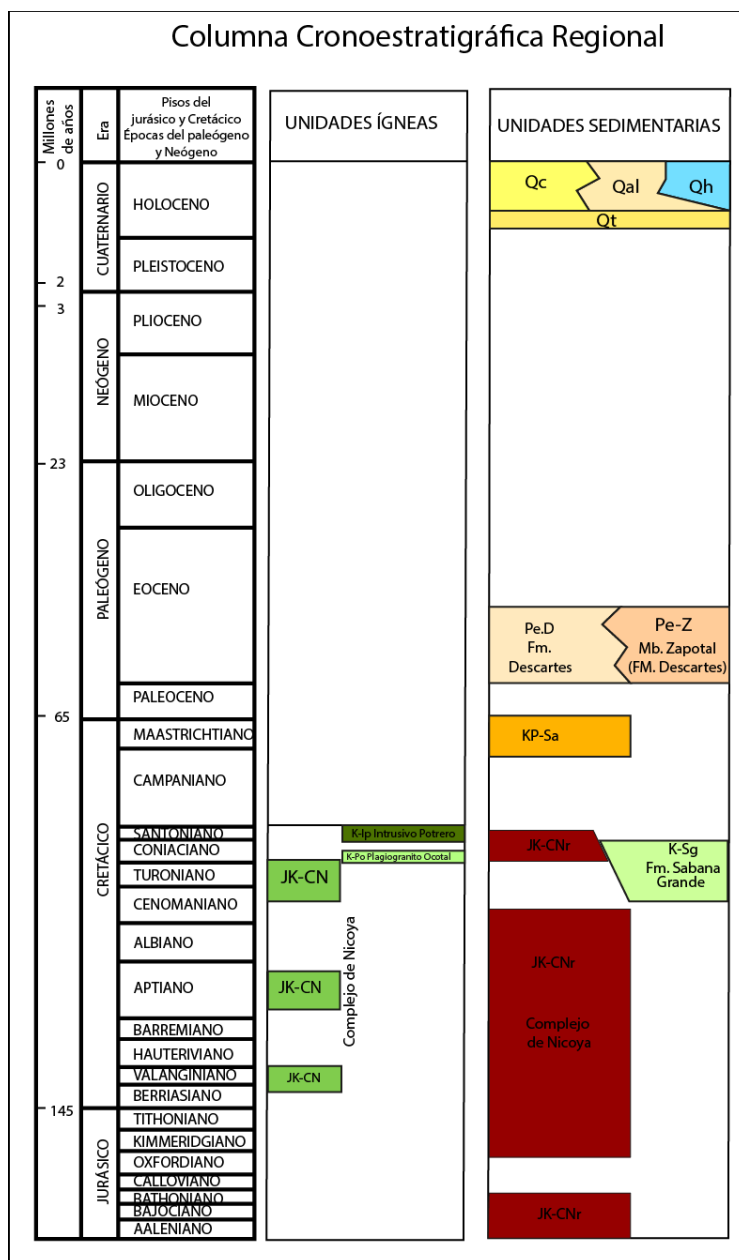


Fig. 3. Columna estratigráfica general de la zona de estudio y alrededores.
(Basado en Denyer *et al.* (2014).)

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 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.).

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 stricto*, 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 firmas 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 SABANA GRANDE

Dengo (1962) define esta formación como de litología variable, encontrándose no solo calizas silíceas y fñanitas con radiolarios, sino también lutitas silíceas. Posteriormente, Baumgartner *et al.* (1984) elevan a rango de Grupo a la Formación Sabana Grande, incluyendo dentro del mismo a las formaciones Lutitas Silíceas Bahía Murciélagos y Caliza Silícea Buenavista, nombradas por primera vez por éstos, y a la Formación Caliza Pelágica Golfito, la cual es redefinida.

Luego, Astorga (1987) cambia el Grupo Sabana Grande al rango de Formación, dividiendo la misma en dos miembros, Lutitas Silíceas Bahía Murciélagos y Lutitas Calcáreas Punta Blanca, integrando en este último la Formación Caliza Pelágica Golfito. Flores (2003) propone que se utilice el término de Formación Sabana Grande solamente para referirse a los sedimentos silíceos y carbonatados de origen pelágico, hemipelágico y turbidítico correlacionados con una edad del Cenomaniano al Coniaciano, por lo que se excluyen los sedimentos turbidíticos y hemipelágicos, del Coniaciano al Maastrichtiano Inferior basal, con éstos, propone la creación de dos nuevas unidades, la Formación Nambí y Formación Piedras Blancas, sugiriendo también el completo abandono del nombre del Grupo Sabana Grande.

Denyer et al. (2014) establece que está sobreyacida por los sedimentos del Coniaciano de la Formación Nambí y de forma discordante por la Formación Puerto Carrillo

(Campaniano-Maastrichtiano). Y relacionado a esta correlación estratigráfica Denyer et al. (2014) le brinda una edad del Cenomaniano al Santoniano.

2.3.3). FORMACIÓN DESCARTES

Es creada por Astorga (1987) abarcando los términos de la Formación Brito (Dengo, 1962), la Formación Las Palmas (Dengo, 1962), la Formación Lutita – Arenisca Sámara (Sprechmann, 1984), la Formación Caliza Silíceo Buenavista (Baumgartner *et al.*, 1984), la Formación Conglomerado Cerco de Piedra (Rivier, 1983) y las unidades (litozonas informales) Cuajiniquil y Bahía Junquillal descritas por Baumgartner *et al.* (1984).

Según Astorga (1987) se compone de sedimentos turbidíticos volcanoclásticos y carbonatados en un sistema depositacional definido por él mismo como tipo Descartes el cual, pasa paulatinamente a una composición normativa predominantemente andesítica y carbonatada con sedimentación de flujos de gravedad, depositado únicamente en la cuenca Rivas-Tempisque.

Secuencialmente, es dividida por Astorga (1987) en 8 unidades, consideradas como litozonas informales, la primera denominada Zapotal y las otras restantes Cuajiniquil, San Juan del Sur, Punta El Naranjo, Punta el Arco, Bahía Salinas, Playa Palomo y Playa Blancal. Posteriormente, Flores (2003) propone que ciertas unidades se eleven al rango de miembro, estos son, el Miembro Loma Danta, el Miembro Cerco de Piedra, que fue incluido dentro de esta formación por Astorga (1987) y fue nombrado como Formación Conglomerado Cerco de Piedra por Rivier (1983) y también nombrar la litozona informal Zapotal de Astorga (1987) Miembro Zapotal.

Dengo (1962) menciona un espesor de 600 m, 900 m hasta 1000 m para la Formación Las Palmas y la Formación Brito, Astorga (1987) establece uno medio de 1500 m y de máximo de 2500 m – 3000 m, mientras que Flores (2003) brinda uno de 900 m, en la Formación Las Palmas. Astorga (1987) establece una edad de Paleoceno Superior hasta Eoceno Superior-Oligoceno Inferior, mientras que Flores (2003) indica que es posterior al Paleoceno Superior, debido a que sobreyace a la Formación Curú. Astorga (1987) menciona que la Formación sobreyace concordantemente y a través de un paso gradual a la Formación Curú, mientras que su contacto superior está marcado generalmente por una discordancia respecto a los sedimentos marino someros, carbonatados, silicoclásticos y/o volcanoclásticos del Oligoceno Inferior-Mioceno Inferior.

- **MIEMBRO ZAPOTAL**

Dengo (1962) incluye esta unidad como parte de la Formación Brito en el área de Manzanillo, en Colorado-Zapotal, sobre la cual, indica que se compone de conglomerados y areniscas tobáceas. Rivier (1983) apoya ésta afirmación de la cual expresa que se conforma de alternancias de calcilitas, calcarenitas y tobas finas, con aparición en la superficie de intercalaciones de tobas conglomerádicas. Es definido informalmente como unidad Zapotal en la Campaña Geológica de 1977 (Denyer, 1977) y como unidad Cerro Peña en la Campaña Geológica de 1987 (Fernández, 1987). Posteriormente, es designado como miembro de la Formación Descartes por Astorga (1987), quien la define como litozona informal Zapotal, la cual se compone de las turbiditas depositadas durante el

estado de sedimentación de planos de cuenca. Finalmente, Denyer *et al.* (2014) en su definición del Miembro Zapotal incluye dentro del mismo las anteriores asociaciones hechas por Dengo (1962), Rivier (1983) y Astorga (1987) y además, agrupa también el Miembro Cerro la Peña, adscrito a la Formación Brito por Denyer *et al.* (1987).

Flores *et al.* (2003) afirman que sobreyace concordantemente al Miembro Cerco de Piedra, Rivier (1983) afirma que la Formación Barra Honda descansa en discordancia localmente, sobre lo que llamó la parte inferior de la Formación Brito y Denyer *et al.* (1987) que subyace al Miembro Cerro Lagarto de la Formación Punta Carballo. El máximo espesor calculado es de 2000 m (Flores *et al.*, 2003).

Rivier (1983) le asigna una edad de Eoceno Inferior a lo que él consideró como Formación Brito.

2.3.4). UNIDAD PALEOALUVIÓN

Se presenta en terrazas formadas por el flujo de agua a través de un antiguo cauce .

Se observan laminaciones planas paralelas, onduladas y cruzadas con clastos angulosos, redondeados y subredondeados desde milimétricos a centimétricos, presentes en intercalaciones de eventos en las cuales se muestran lentes de materiales finos, medios y gruesos de arena y grava.

Se encuentra en contactos definidos en el campo con la Unidad Basaltos Río Cañas, en contacto lateral en las cercanías de 27 de abril (247261N/350698E) y con la Unidad Areniscas Río Chircó.

2.3.5). UNIDAD DEPÓSITOS COLUVIALES

Comprenden un área total de 64,7 km², se encuentra aflorando en las hojas cartográficas: Abangares, Belén, Carrillo Norte, Cerro Azul, Cerro Brujo, Diríá, Garza, Matambú, Matapalo, Río Arío, Talolinga, Tempisque, Venado y Villareal (Denyer *et al.*, 2014).

2.3.6). UNIDAD DEPÓSITOS ALUVIALES

Según Denyer *et al.* (2014) las planicies interiores están compuestas por aluviones de poco espesor, por lo que más bien éstas representan superficies de erosión levemente cubiertas por aluviones, estos forman una leve cobertura sobre la Formación Bagaces donde a su vez albergan acuíferos.

Los aluviones que presentan espesores mayores son cortados por el sistema de drenaje de la zona, p. ej., Río Brasil ubicado en las hojas Carrillo Norte y Belén, caracterizado por tener un aluvión muy espeso dispuesto en terrazas con bancos de hasta cinco metros; en otras localidades como Los Planes presenta espesores de hasta 30 m donde la elevación de los mismos alcanza hasta los 150 m (Denyer *et al.*, 2014).

La fauna encontrada dentro de los aluviones a lo largo del tiempo es muy variada: restos de megafauna (Alvarado, 1986), tortugas, pez género y bivalvo de agua dulce (Laurito *et al.*, 1993) y además restos de mastodontes (Lucas *et al.*, 1997).

• **MARCO ESTRUCTURAL REGIONAL**

La Península de Nicoya es bien conocida por ser una de las zonas más antiguas, interesantes y diversas de Costa Rica, esto en un contexto geológico, que a su vez presenta gran complejidad estructural (Denyer *et al.*, 2014) pues además de su ubicación ha sufrido un intenso tectonismo en el pasado (Denyer & Arias, 1993).

A lo largo de la historia muchos autores han determinado los procesos tectónicos y estructurales más importantes o determinantes que han afectado y siguen afectando a la Península, tal y como lo evidencia el complejo sistema de fallamiento neotectónico como respuesta de un límite convergente de fallas, donde la placa Cocos se subduce por debajo de la Caribe a lo largo de la fosa Mesoamericana de forma paralela a la costa de la península (Denyer *et al.*, 2014), los estudios se han enfatizado principalmente en el análisis pre-Miocénico de la península (Arias & Denyer, 1993).

Los primeros estudios definen un marco geo-estructural con el nombre del Complejo de Nicoya (Dengo, 1962b), donde los modelos estructurales coinciden por un lado un con la mecánica de emplazamientos, mientras por otro lado se habla de un prisma acrecional debido a la colisión entre la placa Pacífica con la Caribe, facilitada por las fallas transcurrentes normales a la fosa (Denyer & Arias, 1993).

Modelos más recientes apuntan a que la deformación tectónica se debe a la subducción de montes submarinos y levantamientos oceánicos bajo el margen continental (Denyer & Arias, 1993), ésta se evidenciada gracias a la presencia de profundos surcos y protuberancias dómicas en el piso submarino (Ranero & von Huene, 2000), también que la parte S de la península presenta una rotación alrededor de un eje vertical debido a la decapitación u subducción de montes submarinos (Gardner *et al.*, 2001).

Según Montero & Denyer (2011) la deformación neotectónica de la zona de estudio se divide en dos dominios, donde el límite entre ambos va de difuso hasta transicional:

- Región central NW, es de tipo translacional hacia el N donde las fallas dextrales con un rumbo N-S predominan sobre las sinestrales (con rumbo ENE) y las oblicuas (inversas-sinestrales, inversas E-W a NW) delimitadas entre las fallas dextrales;
- Región Sur, fallas de desplazamiento dextral y sinistral, tanto como oblicuas (inversas sinestrales e inversas), inicia con la falla Cedro hasta el sur de la misma (Montero & Denyer, 2011).

De igual manera la zona de estudio se divide en dos subdominios:

- 1). Translacional-extensivo: sistemas de fallas dextrales Los Chanchos y Belén de rumbo de N a NNE y sistemas de fallas sinestrales Arado y Nosara de rumbo ENE a E-W; lo que produce un movimiento translacional al N y extensivo al E.
- 2). Translacional-contraccional: tres bloques en la región central de la península que están limitados por fallas dextrales de rumbo cercano al N-S, fallas sinestrales ENE e inversas con posible componente sinistral. Lo que da como resultado hacia el norte movimientos combinados translacionales y contraccionales al E-W.

2.4. Otras consideraciones.

Durante la gira se recorrió toda la zona de estudio (Fig. 2): pozos (Privados y de la ASADA), lotes propuestos, y los alrededores de la comunidad de San José de la Montaña, 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 San José de la Montaña 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 San José de la Montaña el caudal actual es inferior a 1 l/s y no se puede mantener durante un periodo de bombeo constante en el tiempo pues se abate rápidamente, esto se corroboró en campo donde la bomba no aguantó más de 1 minuto antes de apagarse. Esto puede estar asociado a problemas estructurales o a problemas de obstrucción de las rejillas del pozo, aunado a los descensos regionales del nivel del agua subterránea por falta de recarga y/o sobre extracción.

2.4.2. Pozo 2 ASADA.

Para el Pozo 2 de la ASADA de San José de la Montaña no se cuenta con información del nivel del agua subterránea (Estático y dinámico), se trata de un pozo artesanal de gran diámetro (2,7 m), el armado del pozo consta de huecos en las paredes de concreto por donde ingresa el agua subterránea, la litología de este pozo según los funcionarios de la ASADA indican que a los 6 metros apareció la roca dura (Intrusivo Potrero) y que fue hasta esta profundidad que se hizo el mismo, tampoco se cuenta con datos de los parámetros hidráulicos del acuífero captado. Según se indica por los funcionarios de la ASADA de San José de la Montaña el caudal actual es inferior a 1 l/s y no se puede mantener durante un periodo de bombeo constante en el tiempo pues se abate rápidamente, tiempo menor a 1 hora. Esto puede estar asociado a problemas estructurales o a problemas de obstrucción de las rejillas del pozo.

Además a una distancia de 30 metros aguas arriba se ubica un pozo privado del cual se desconoce sus características físicas, hidráulicas e hidrogeológicas, se consultó la Base Nacional de Pozos del SENARA el día 25/08/2015 y en las coordenadas de este pozo no se tenía registro alguno.

III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. La zona de estudio en San José de la Montaña, Santa Cruz, Guanacaste; está constituida en su basamento por materiales ígneos del Complejo de Nicoya, además por materiales sedimentarios pertenecientes las formaciones Sabana Grande y Descartes, además en la zona se manera amplia se presentan otros materiales sedimentarios Cuaternarios. La localidad está controlada estructuralmente a nivel regional por fallas de desplazamiento de rumbo.

3.2 A partir del análisis de pozos de la zona consultados en el Archivo Nacional de Pozos del SENARA, la información de campo recolectada en la visita realizada el día 22 de Julio de 2015, se determina que la profundidad a la cual se encuentra el agua subterránea es entre 5-10 metros (Nivel estático). Los pozos ubicados en los alrededores en los alrededores de San José de la Montaña captan niveles de agua presentes en rocas del Complejo de Nicoya (Intrusivo Potrero, rocas fracturadas).

3.3. En el área de estudio existe una homogeneidad litológica en cuanto a la distribución de las rocas, sin embargo estas presentan diferente grado de meteorización y algunas fracturas en los materiales de sin patrón definido, esto según lo visto en el campo y referencias geológicas.

3.4. Se indica que los sitios identificados en los apartados **2.2.1 (Pozo 1)**, **2.2.3.1 (Pozo Artesanal 1)** y **2.2.3.2 (Pozo Artesanal 2)**, no cumplen con las expectativas mínimas para garantizar un caudal constante y que cumpla con las expectativas de abastecimiento de la zona de San José de la Montaña, esto por encontrarse en zonas con muy poca zona de recarga acuífera a partir de la divisoria de aguas.

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 **“2.2.2. Pozo 2”** ubicado aproximadamente a 1 kilómetro de la comunidad de San José de la Montaña (Coordenadas 349928 E / 243706 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 las cuales debido a la presencia de pozos se conoce que son un aporte de agua subterránea, además se debe de indicar que según lo visto en el campo la zona en la cual se ubica el pozo presenta dimensiones tales que permite mantener un perímetro de protección mínimo (Foto 2), es importante recalcar que a 30 metros de esta zona en las coordenadas 349937 E / 243691 N, se ubica un pozo privado el cual según lo consultado en la base de datos de pozos del SENARA no se encuentra inscrito, por lo cual se deben de tomar las medidas respectivas; 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 SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL de al menos 100 metros de penetración a lo largo de la propiedad en una configuración de cruz (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 San José de la Montaña, este sitio fue el que reúne las mejores condiciones geológicas e hidrogeológicas aptas para la investigación por medio de una perforación.

2). El sitio indicado en la sección **“2.2.3.3 Pozo Artesanal 3”** ubicado aproximadamente a 1,5 kilómetro de la comunidad de San José de la Montaña (Coordenadas 351350 E / 243702 N), presenta condiciones 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 las cuales debido a la presencia de pozos se conoce que son un aporte de agua subterránea, además se debe de indicar que según lo visto en el campo la zona en la cual se ubica el pozo presenta dimensiones tales que permite mantener un perímetro de protección mínimo (Foto 2), es importante recalcar que en esta zona se ubica un pozo artesanal por lo cual es importante resguardar la calidad del agua subterránea y del uso que se le da a este con el objetivo de que no afecte el recurso hídrico subterráneo, por lo cual se deben de tomar las medidas respectivas; 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 SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL de al menos 100 metros de penetración a lo largo de la propiedad en una configuración de cruz (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 San José de la Montaña, este sitio fue el que reúne las mejores condiciones geológicas e hidrogeológicas aptas para la investigación por medio de una perforación.

3.6 De llevarse a cabo la nueva perforación en este sitio, 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 San José de la Montaña, 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 del pozo es el óptimo.

3.8. Se recomienda a la ASADA de San José de la Montaña 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 San José de la Montaña 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 aforo en nacientes o río a lo largo del año así como analizar la calidad de agua de estos.

IV. REFERENCIAS

- ASTORGA, A., 1987: El Cretácico Superior y el Paleógeno de la vertiente pacífica de Nicaragua meridional y Costa Rica septentrional: origen, evolución y dinámica de las cuencas profundas relacionadas al margen convergente de Centroamérica.- 250 págs. Univ. Costa Rica, San José [Tesis Lic.]
- ASTORGA, A., 1997: El puente-istmo de América Central y la evolución de la placa Caribe (con énfasis en el Mesozoico).- *Profil*, 12:1-201.
- DENGO, G., 1962: Estudio geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica. - 112 págs. Inst. Geogr. Nac. San José.
- DENYER, P., MONTERO, W., SOTO, G., QUESADA, A., LEANDRO, L., PÉREZ, C. & RODRÍGUEZ, D., 1987: Geología y tectónica de la margen oriental del golfo de Nicoya, Costa Rica.- *Ciencia y Tecnología*, 11(2): 17-31.
- DENYER, P. & ARIAS, O., 1991: Estratigrafía de la Región Central de Costa Rica.- *Rev. Geol. Amér. Central*, 12:1-59.
- 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. & 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.
- FLORES, K., DENYER, P., & AGUILAR, T. 2003: Geología y estratigrafía de la hoja Abangares, Costa Rica. - *Rev. Geol. Amér. Central*, 29: 127-136.
- HAUFF, F., HOERNLE, K., SCHMINCKE, H. U. & WERNER, R., 1997: A mid Cretaceous origin for the Galapagos hotspot: volcanical, petrological and geochemical evidence from Costa Rica oceanic crustal fragments.- *Geologische Rundschau*, 86: 141-155.
- HAUFF, F., 1998: Age and Geochemical constraints on The Origin of Oceanic Basement Complex in Costa Rica and Caribbean Large Igneous Province.- 155 págs. Kiel: Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität [Tesis PhD.].
- HAUFF, F., HOERNLE, K., BOGAARD, P., ALVARADO, G. & GARBE-SCHÖNBERG, 2000: Age and geochemistry of basaltic complexes in western Costa Rica: Contributions to the geotectonic evolution of Central America.- *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 1 (5), doi 10.1029/ 1999GC000020.
- KUIJPERS, E. P., 1979: La geología del Complejo Ofiolítico de Nicoya, Costa Rica.- *Informe Semestral IGN*, 1979 (2): 15-75.
- KUIJPER, E. P. & DENYER, P., 1979: Volcanic exhalative manganese deposits of the Nicoya Ophiolite Complex, Costa Rica.- *Econ. Geol.*, 74: 672-678.

- MONTERO, W. & DENYER, P., 2001: Fallamiento neotectónico de la Península de Nicoya y su relación con el escarpe tectónico del antearco Centroamericano.- *Rev. Geol. Amér. Central.*, 45: 9-52.
- RIVIER, F., 1983: Síntesis geológica y mapa geológico del área de bajo Tempisque, Guanacaste, Costa Rica.- *Inf. Sem. IGN*, 1983, (1): 7-30.
- 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 polygenetyschen Ophiolith-Komplexes.- *Münster. Forsch. Geol. Paläont.* 62: 1-123