

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
SUBGERENCIA DE AMBIENTE, INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
UEN GESTIÓN AMBIENTAL DEL RECURSO HÍDRICO
ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA



ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO: CÁLCULO DE LA ZONA DE PROTECCIÓN
ABSOLUTA BACTERIOLÓGICA DEL POZO SÁNDALO (99-023) DEL
ACUEDUCTO DE SÁNDALO DE PUERTO JIMÉNEZ, PUNTARENAS.



Elaboró:

Geól. José Daniel Vargas Bolaños

Asistencia de campo por el Área Funcional de Hidrogeología:

Geól. Cristina Castanedo Sotela

Por parte de la Oficina Cantonal de Puerto Jiménez:

Téc. William Calderón

Supervisión /revisión y V.B.

M.Sc. Viviana Ramos Sánchez, Hidrogeóloga
Dirección UEN Gestión Ambiental

FEBRERO, 2020





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



Firma: _____

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



**Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información (CEDI)
UEN Investigación y Desarrollo**



**AUTORIZACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR(A) PARA PUBLICACIÓN
DE TESIS, ESTUDIOS TÉCNICOS, ARTÍCULOS Y/O INFORMES DE SU AUTORÍA
EN EL OPAC y REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo,

José Daniel Vargas Bolaños

N° Cédula:

1-1368-0602

Dependencia:

UEN Gestión Ambiental, Área Funcional Hidrogeología

Autorizo al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio digital y el Catálogo en línea (OPAC) del siguiente documento de interés bibliográfico:

Autor:

Geól. José Daniel Vargas Bolaños

Título y subtítulo:

Estudio hidrogeológico cálculo de la zona de protección absoluta bacteriológica del pozo Sándalo (99-023) del Acueducto de Sandalo de Puerto Jiménez, Puntarenas

E-mail: jdvargas@aya.go.cr

N° Teléfono: 2543-3713

Firma física y/o digital:

Índice

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivo General	1
1.2	Objetivos específicos	1
1.3	Ubicación Cartográfica.....	1
2	POZOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO	3
3	GEOLOGÍA REGIONAL Y ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	5
3.1	Grupo Charco Azul.....	5
3.2	Grupo Puerto Jiménez	6
4	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	6
4.1	Falla Osa.....	6
5	GEOLOGÍA LOCAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	8
5.1	Unidad de Depósitos Aluviales (Grupo Puerto Jiménez)	8
6	CONTEXTO HIDROGEOLOGÍCO	10
6.1	Caracterización del acuífero	10
6.2	Características de la Zona no Saturada.....	12
6.3	Características de la Zona Saturada y Parámetros Hidráulicos del acuífero	
7	CÁLCULO DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN DEL POZO SÁNDALO (99-023)	
7.1	Tiempo de Tránsito de Contaminantes	15
7.1.1	Pozo Sándalo (99-023)	15
7.2	Metodología de Radio Fijo	18
7.2.1	Pozo Sándalo (99-023)	18
7.3	Metodología Analítica (Grubb)	19
7.3.1	xo Punto de no retorno	19
7.3.2	Ymáx Ancho máximo de media zona de captura.....	19
7.3.3	X Distancia a lo largo de la zona de captura.....	19
7.4	Metodología de Flujo Uniforme (Ecuación de flujo de Darcy)	20
8	DEFINICIÓN DEL ÁREA ESPECIAL DE PROTECCIÓN DEL POZO SÁNDALO (99-023).....	21
8.1	Zona Operacional y de Protección Absoluta	21
8.2	Zona de Protección Absoluta	21
9	VULNERABILIDAD INSTRÍNSECA EN LA ZONA DE PROTECCIÓN OPERACIONAL Y ABSOLUTA DEL POZO SÁNDALO (99-023)	24
10	CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA	25
10.1	Pozo Sándalo (99-023)	25
11	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	27
12	REFERENCIAS	30

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de ubicación.	2
Figura 2. Mapa de ubicación de los pozos visitados.	4
Figura 3. Mapa de la geología regional.	7
Figura 4. Mapa de la geología local.	9
Figura 5. Perfil hidrogeológico A-B.	11
Figura 6. Mapa de líneas equipotenciales.	14
Figura 7. Mapa de las zonas de protección del pozo en estudio.	23
Figura 8. Vulnerabilidad intrínseca mediante metodología de G.O.D.	24

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Ubicación del pozo.	1
Cuadro 2. Pozos base de datos del SENARA utilizados.	3
Cuadro 3. Pozos visitados en el campo.	3
Cuadro 4. Pruebas de infiltración.	13
Cuadro 5. Parámetros hidráulicos del acuífero.	13
Cuadro 6. Cálculo del gradiente hidráulico.	13
Cuadro 7. Tiempo de tránsito de contaminantes en la zona no saturada.	16
Cuadro 8. Tiempo de tránsito de contaminantes en la zona saturada.	17
Cuadro 9. Cálculo de la zona de protección mediante la metodología de radio fijo.	18
Cuadro 10. Cálculo de la zona de captura mediante la metodología de Analítica.	19
Cuadro 11. Cálculo del ancho del tubo de flujo.	20
Cuadro 12. Cálculo de la Vulnerabilidad a la Contaminación para la Zona Operacional Absoluta y la Zona de Protección Absoluta.	25

Índice de Anexos

Anexo 1: Resolución de la concesión de aprovechamiento del pozo Sándalo (99-023) por parte de la Dirección de Agua del MINAE.	32
Anexo 2: Reporte de los pozos de la base de datos del AyA.	35
Anexo 3: Procesamiento de las pruebas de infiltración.	37
Anexo 4: Cálculo de la transmisividad a partir de la prueba de bombeo del pozo Sándalo (99-023).	39
Anexo 5: Análisis de calidad del agua subterránea que capta el pozo Sándalo (99-023).	46

1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realiza en respuesta a la solicitud efectuada por parte de la Dirección Regional Brunca, en el cual se solicita que se determine la zona de protección absoluta bacteriológica para el pozo Sándalo (99-023) ubicado en Sándalo, distrito de Jiménez en el cantón de Golfito, de la provincia de Puntarenas. Mediante el Acuerdo de Junta Directiva del AyA 2019-284 del 22 de agosto del 2019, el AyA asume la administración del acueducto de Sándalo de Golfito.

Por lo tanto, la Dirección de la UEN Gestión Ambiental asigna a un grupo de trabajo encargado de realizar los estudios pertinentes de campo, los cuales se llevan a cabo los días 4 y 5 de diciembre del 2019 en la zona de estudio.

Cuadro 1. Ubicación del pozo.

Pozo	Código AyA	Coordenadas (Proyección CRTM05)		Coordenadas (Proyección Lambert Sur)		Profundidad (m)	Nivel estático (m.b.n.s.)	Caudal (L/s)
		Norte	Este	Norte	Este			
Sándalo	99-023	945334	569875	278272	532971	33	* 4,93	** 15

* Nivel estático medido durante visita al pozo por el AFH de la UEN Gestión Ambiental.

** Caudal concesionado por la Resolución DA – 1640 – 2019 de la Dirección de Agua (DA) del MINAE (Anexo 1).

1.1 **Objetivo General**

- Determinar el área especial de protección para el pozo Sándalo (99-023)

1.2 **Objetivos específicos**

- Elaborar un cartografiado geológico e hidrogeológico del sitio a detalle.
- Calcular la zona de protección operacional y zona de protección absoluta bacteriológica del pozo en estudio.
- Determinar la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero que es aprovechado por el pozo Sándalo 99-023.

1.3 **Ubicación Cartográfica**

El presente estudio se localiza entre las coordenadas 277000 / 281000 N y 532000 / 536000 E proyección Lambert Sur y 944060 / 948063 N y 568905 / 572905 E proyección CRTM05, de la hoja topográfica Golfo Dulce, escala 1:50000, del IGN, en la provincia de Puntarenas (Figura 1).



INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
UN GESTIÓN AMBIENTAL
ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA



Simbología

- Pozo Sándalo (99-023)

Base cartográfica: hoja Golfo Dulce,
escala 1:50000, IGN.

Elaborado por: Geól. José Daniel
Vargas Bolaños.

Proyección CRTM05
Datum WGS1984



ENERO, 2020

Figura 1. Mapa de ubicación del pozo en estudio.

2 POZOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO

A partir de la consulta a la base de datos de pozos del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA) y en la base de datos del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), no se registran pozos en las inmediaciones de donde se ubica el pozo en estudio (Figura 1).

Cabe indicar que la base de datos de pozos del SENARA registra el pozo en estudio bajo el código GD-4, el cual presenta una ubicación que no corresponde con la localización del pozo en el campo. Se muestra en el (Anexo 3) (Cuadro 2 y Figura 2) las características indicadas.

Por otro lado, la base de datos de pozos del AyA no muestra en las cercanías de la zona de estudio algún otro pozo de esta Institución.

Mientras que en el Cuadro 3 y la Figura 2, se presentan las ubicaciones de dos pozos localizados en los alrededores del pozo en estudio, durante la visita de campo. De modo que se muestran los datos de la ubicación del pozo (proyección CRTM05), nivel estático del agua subterránea, profundidad del pozo y elevación respecto al nivel del mar de los pozos.

Cuadro 2. Pozos base de datos del SENARA utilizados.

Código AyA	Código SENARA	* Coordenadas (proyección Lambert Norte)		Coordenadas (proyección CRTM05)		Profundidad solicitada (m)	Caudal solicitado (L/s)	Uso
		Norte	Este	Norte	Este			
99-023	GD-4	60037	605849	569304	945360	33	36	Abastecimiento público

* Coordenadas en proyección Lambert Norte, según lo utilizado por la base de datos de pozos del SENARA.

Cuadro 3. Pozos visitados en el campo.

Pozo	Tipo de pozo	Norte	Este	Profundidad (m)	Caudal (L/s)	Nivel estático (m.b.n.s.)	Elevación (msnm)
Pozo visitado 1	Excavado	945147	569890	6,84	SD	5,14	31
Pozo visitado 2	Perforado	946104	569881	10	SD	3,21	19
SD: Sin dato							

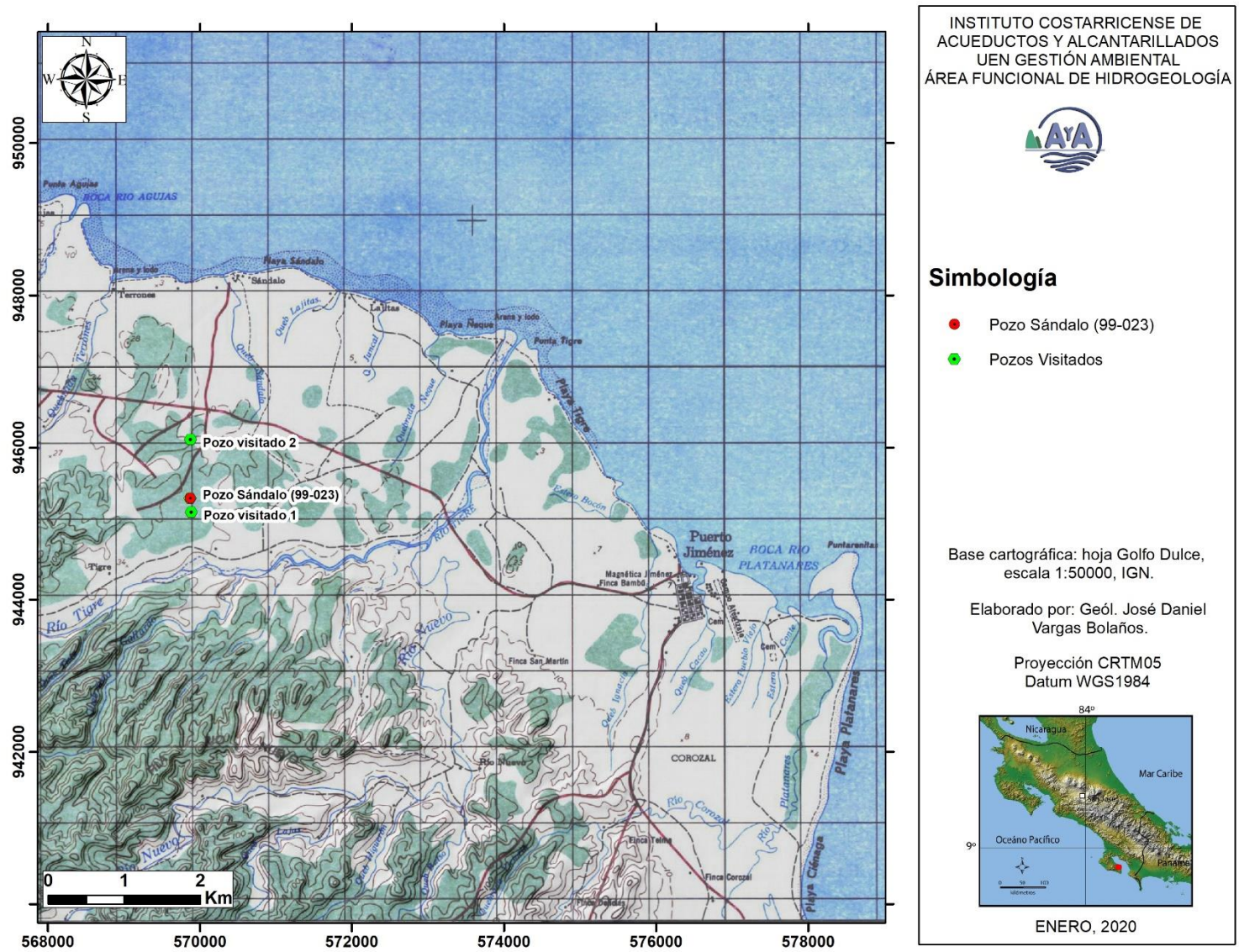


Figura 2. Mapa de ubicación de los pozos visitados.

3 GEOLOGÍA REGIONAL Y ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra constituida por rocas sedimentarias, las cuales presentan edades que datan del Plioceno al Holoceno (Figura 3).

A continuación, se presenta una síntesis geológica de las rocas existentes en el área de estudio.

3.1 Grupo Charco Azul

Con respecto a las rocas sedimentarias que afloran en la Península de Osa Obando (1986) describe desde la parte basal a la Formación Burica como areniscas y tobas que gradan transicionalmente hacia la Formación Charco Azul, conformada por areniscas azules, conglomerados y lutitas negras. Por otro lado, este mismo autor menciona que la Formación Armuelles consiste en una secuencia de conglomerados, lutitas grises y arenisca, la cual está aflorando discordantemente sobre las lutitas negras. Estos materiales sobreyacen discordantemente sobre el basamento ígneo de composición andesítico (Obando, 1986).

Luego Berrangé & Thorpe (1988) definen estas rocas como Grupo Osa, con edad Plioceno, semi consolidada de tipo grawvacas. Más adelante Berrangé (1989) define al Grupo Osa como una secuencia de conglomerados, areniscas, limolitas y arcillitas que están semiconsolidados a litificados, de color gris – verdusco, gradados y de tipo grauvaca, con un espesor mínimo de 800 m y edad Plioceno medio a superior, que incluye la Formación Charco Azul y la Formación Armuelles. Posteriormente Corrigan et al. (1990) retoma a la Formación Charco Azul como una secuencia de rocas sedimentarias, edad Plioceno temprano a Pleistoceno según los foraminíferos planctónicos y los nanofósiles calcáreos. Y la subdivide en los siguientes miembros geológicos Mb. Peñita y Mb. Armuelles.

Miembro Peñita: corresponde con el miembro inferior el cual sobreyace inconformemente el basamento andesítico. Consiste en areniscas volcaniclásticas con soporte de glauconita; areniscas guijarrosas; y conglomerados, estos últimos con espesores entre 0,5 y 5 m, con canales locales, desorganizados, soporte de clastos, clastos ígneos máficos litológicamente similares al Complejo de Nicoya, matriz arenosa, pobremente sorteados, clastos subangulares a redondeados, clastos de tamaño 0,3 a 10 cm (Corrigan et al., 1990).

La litología más abundante del Miembro Peñita es una arenisca, de grano fino a medio, bien sorteado, masivo y caracterizado por lentes conglomerados (espesores entre 4 y 16 cm) y horizontes con concreciones de calcita cementada (Corrigan et al., 1990).

La unidad basal del Miembro Peñita corresponde con una arenisca conglomerática es sobreyacida conformemente, por una lutita verde azulada de aproximadamente 300 m de espesor (Corrigan et al., 1990).

Miembro Burica: es el de mayor extensión, espesor y exposición, consiste en una secuencia turbidítica marina de 3 000 m, de intercalaciones de lodolitas, areniscas y conglomerados (Corrigan et al., 1990).

Miembro Armuelles: consiste en intercalaciones de lutitas, areniscas y areniscas guijarrosas, está en contacto transicional con los depósitos turbidíticos del Miembro Burica que presentan estructuras sedimentarias (Corrigan et al., 1990). Olsson (1942) reporta abundantes fragmentos de conchas y moluscos que indican depósitos en aguas someras del Pleistoceno temprano.

Coates et al. (1992) eleva de rango al Grupo Charco Azul, que define como una secuencia sedimentaria principalmente volcánicla, transgresiva-regresiva y establece las Formaciones Peñita, Burica y Armuelles.

3.2 Grupo Puerto Jiménez

Es mencionado inicialmente por Barritt & Berrangé (1987) como depósitos cuaternarios que pocas veces sobrepasan los 20 m de espesor. Luego, Berrangé & Thorpe (1988) los definen como depósitos cuaternarios indiferenciados aluviales. Berrangé, (1989) los define como sedimentos no consolidados cuaternarios que se caracterizan por cambio abruptos verticales y laterales de facies, con depósitos auríferos en los conglomerados.

Los ambientes de sedimentación son fluviales de agua dulce, estuarino – deltaico de agua salobre, plataforma somera y cuenca marina profunda (Berrangé, 1989). Y según Berrangé (1989), la depositación ocurrió en una cuenca *pull apart* que se hundió a intervalos, formada por fallas de desplazamiento de rumbo anastomosadas, que son de dirección noroeste con rumbo paralelo a la costa.

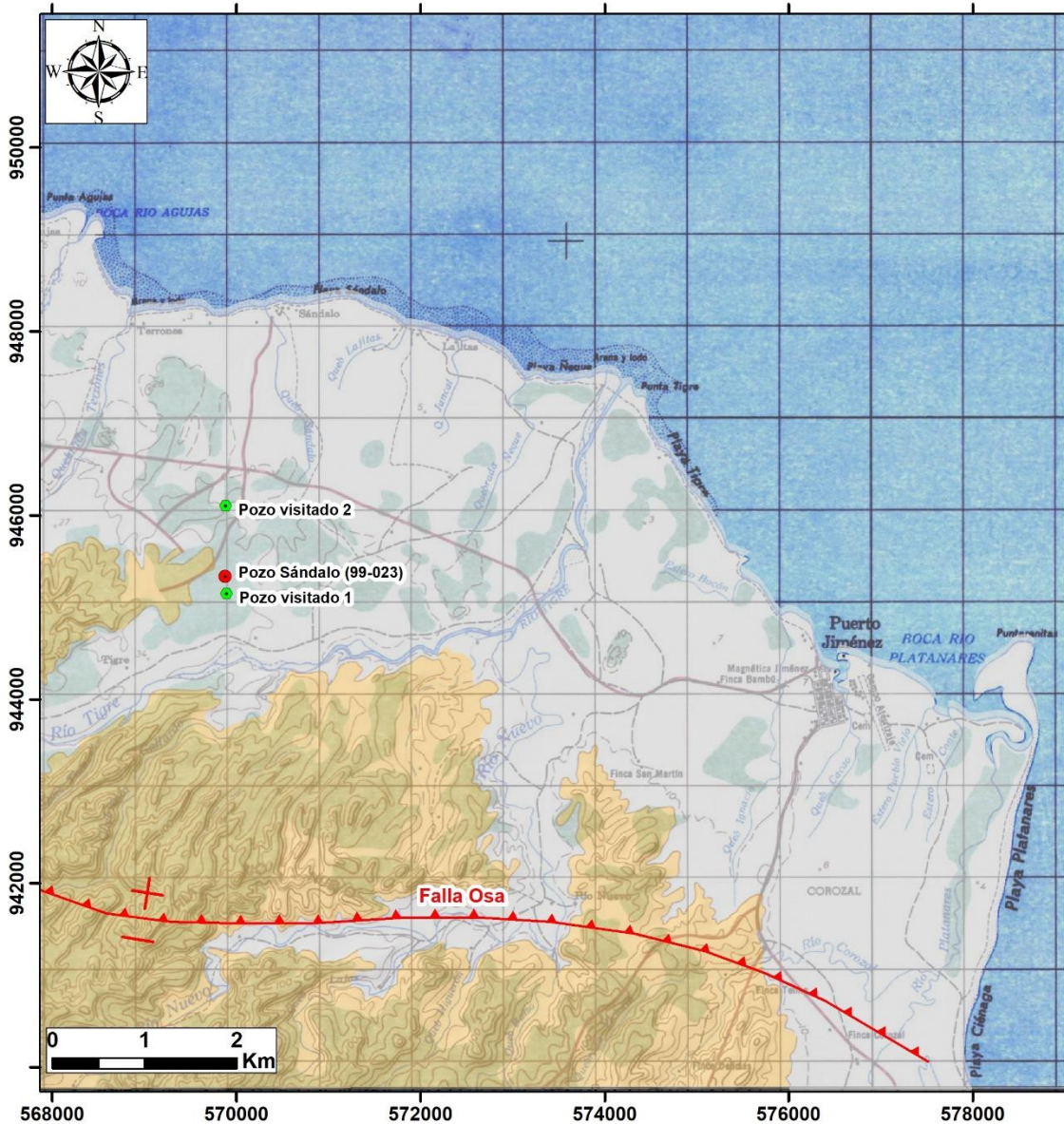
4 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

Regionalmente al sur de la zona de estudio según observaciones de campo y a partir de bibliografía consultada, es evidente la presencia de varias estructuras tectónicas en el área (Figura 3).

A continuación se describen las estructuras presentes al sur del sitio en estudio.

4.1 Falla Osa

Se localiza en la Península de Osa, extendiéndose por una longitud de 35 km, con un rumbo sureste-noroeste paralela a la costa norte de dicha península (Denyer et al., 2009). Considerada como una falla neotectónica, de movimiento inverso con componente lateral sinistral (Denyer et al., 2009). Se desconoce su tasa de deslizamiento, así como la ocurrencia de sismos históricos, sin embargo por su longitud aplicando las relaciones empíricas de Wells & Coppersmith (1994) es capaz de generar movimientos tectónicos de magnitud 6,8 Mw.



INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
UN GESTIÓN AMBIENTAL
ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA

Legenda

- Grupo Puerto Jiménez
- Grupo Charco Azul

Simbología

- Pozo Sándalo (99-023)
- Pozos Visitados
- ▲ Falla Osa

Modificado de González (2017)

Base cartográfica: hoja Golfo Dulce,
escala 1:50000, IGN.

Proyección CRTM05
Datum WGS1984

Elaborado por: Geól. José Daniel
Vargas Bolaños.

ENERO, 2020

Figura 3. Mapa de la geología regional.

5 GEOLOGÍA LOCAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

La localidad de Sándalo de Puerto Jiménez de Golfito y las inmediaciones que constituyen una llanura aluvial, la cual es conformada por materiales de origen sedimentarios (Figura 4).

Estos materiales son descritos detalladamente a continuación:

5.1 Unidad de Depósitos Aluviales (Grupo Puerto Jiménez)

Corresponde con materiales que han sido erosionados, transportados y depositados por la actividad del agua de escorrentía y la gravedad, ladera abajo desde las zonas montañosas y que son conformadas por las rocas sedimentarias (areniscas y lutitas del Grupo Charco Azul). Los depósitos de esta unidad son correlacionados con las rocas del Grupo Puerto Jiménez.

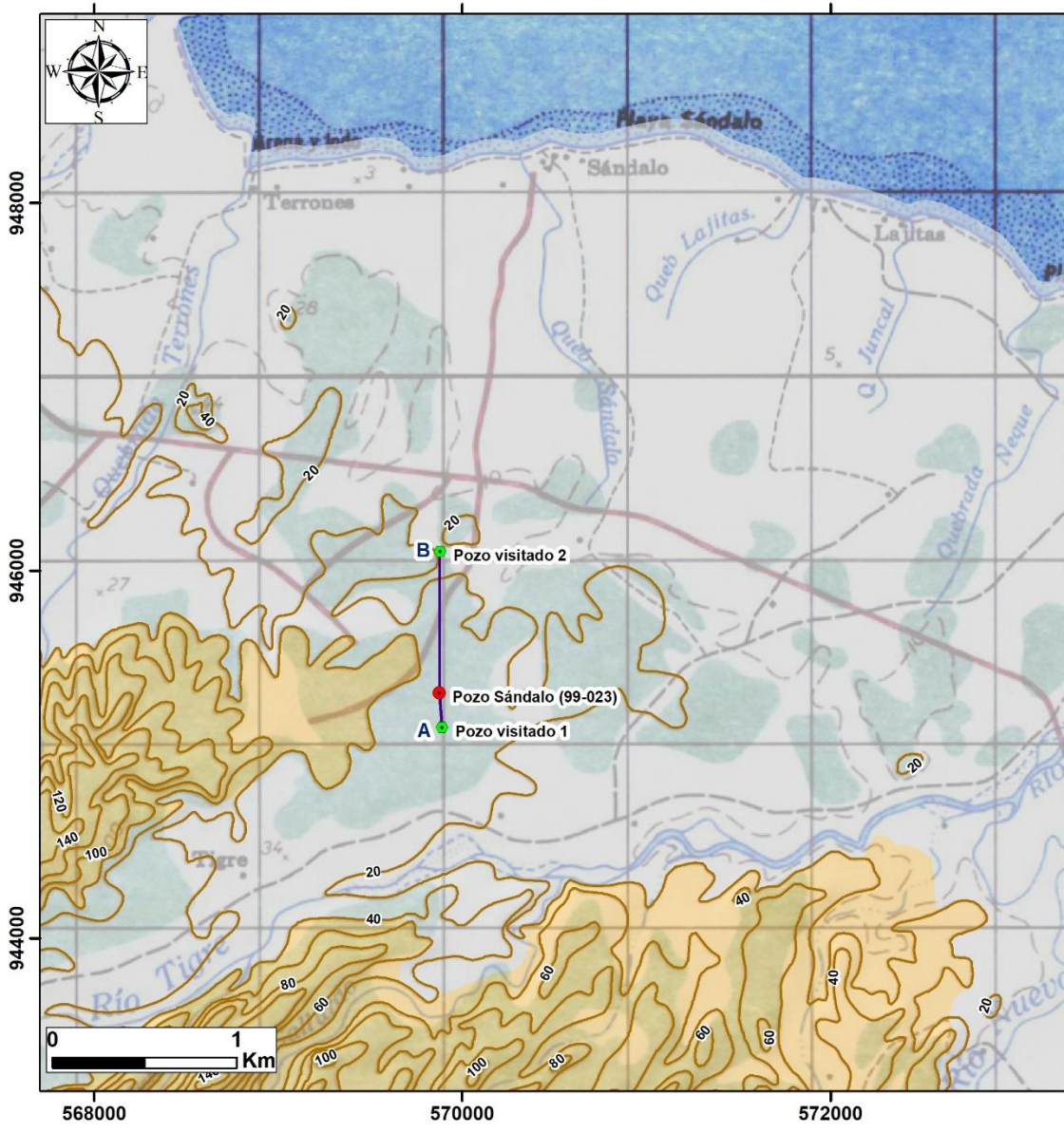
La zona más somera de estos depósitos en la zona de estudio está constituida por materiales arcillo limosos (Foto 1) lo cual es congruente con la descripción litológica del reporte de perforación del pozo Sándalo (99-023, Anexo 2) y que a profundidad es subyacente por paquetes métricos de intercalaciones de materiales aluviales y lentes de arenas y arcillas. Se observa en el pozo visitado 1 la presencia de materiales aluviales gruesos desde la superficie (Foto 2).



Foto 1. Materiales arcillosos en las cercanías del pozo en estudio. (Coordenadas CRTM05 945321 N / 569854 E).



Foto 2. Materiales aluviales gruesos en pozo visitado 1. (Coordenadas CRTM05 945147 N / 569890 E).



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
 UEN GESTIÓN AMBIENTAL
 ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA

Leyenda

- Grupo Puerto Jiménez
- Grupo Charco Azul

Simbología

- Pozo Sándalo (99-023)
- Pozos Visitados
- Perfil hidrogeológico A-B
- Curvas de nivel (m.s.n.m.)

Base cartográfica: hoja Golfo Dulce, escala 1:50000, IGN.

Proyección CRTM05
 Datum WGS1984

Elaborado por: Geól. José Daniel Vargas Bolaños.

ENERO, 2020

Figura 4. Mapa de la geología local.

6 CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

A continuación se describen las condiciones hidrogeológicas del acuífero que es captado por el pozo Sándalo (99-023).

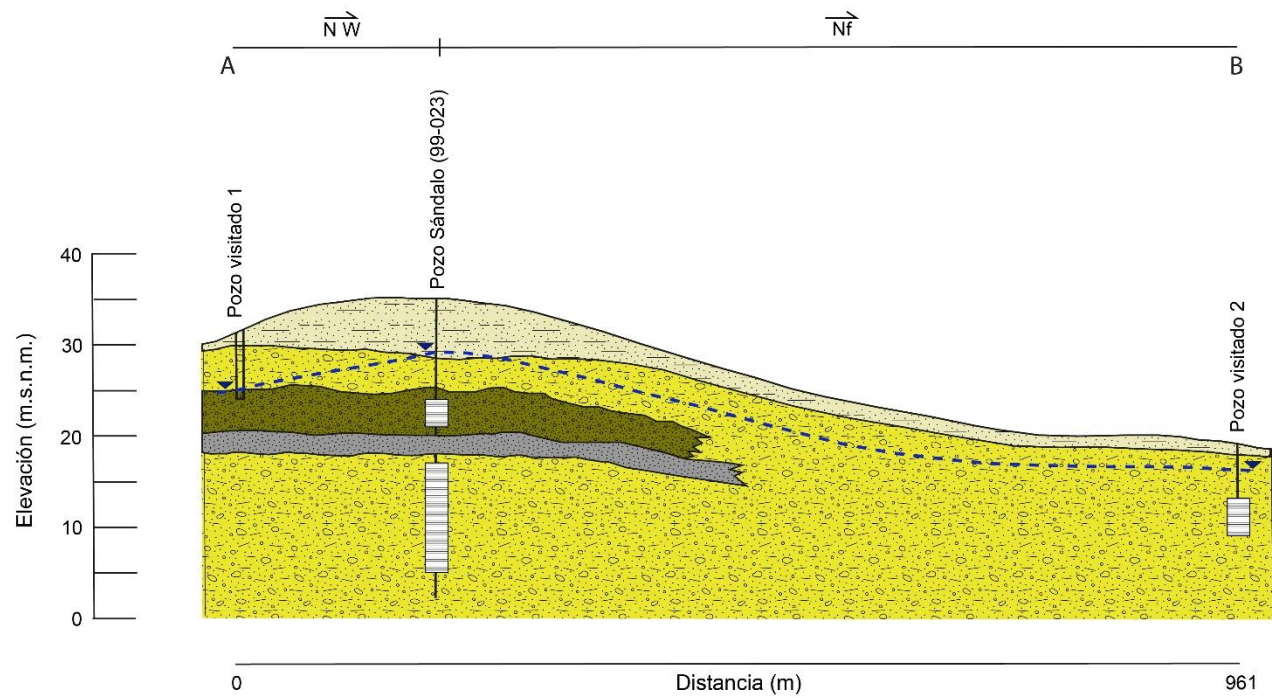
6.1 Caracterización del acuífero

Con base en las observaciones de campo, así como la descripción litológica del pozo Sándalo (99-023) del AyA (Cuadro 2) el subsuelo de la zona de estudio presenta en superficie un suelo de textura areno limoso, de espesor variable, menor a medio metros (según se observó en el pozo visitado 1) hasta los 7 m (con base en la descripción litológica del pozo en estudio) el cual forma parte de la unidad de Depósitos Aluviales (Grupo Puerto Jiménez). Bajo este suelo se localizan los depósitos aluviales que conforman el acuífero que es captado por el pozo Sándalo (99-023) que están conformados por capas intercaladas de arenas gruesas entre 4 y 6 m de espesor, así como aluviones gruesos entre 3 y 9 m de espesor.

En relación con el nivel del agua subterránea que presenta el acuífero, se realiza la medición del nivel en los pozos visitados 1 y 2 (Cuadro 3), a una profundidad de 5,14 m.b.n.s. y 3,21 m.b.n.s., respectivamente. Mientras que para el pozo en estudio el nivel del agua subterránea se determina a una profundidad de 4,93 m.b.n.s. según se muestra en el perfil hidrogeológico A-B (Figura 5) por lo que se relaciona la presencia de este nivel en el pozo Sándalo (99-023) debido a un confinamiento en los materiales aluviales entre la profundidad de 18 a 30 m, por la capa de arcillas de 15 a 17 m (Figura 5). Ya que, con base en la información del reporte de perforación del pozo Sándalo (99-023) se muestra la ubicación de las rejillas entre las profundidades de 11 a 14 m y entre 18 y 30 m. Por lo que, para el primer tramo de rejilla (11-14 m de profundidad) se asocia con el nivel del agua subterránea medido para el pozo visitado 1 (Figura 5) contenido en las gravas subangulares y arenas gruesas que constituyen un acuífero libre en la parte más somera de la unidad de Depósitos Aluviales.

Por otro lado, el segundo tramo de rejilla (18-30 m de profundidad) del pozo en estudio, localizado de igual manera dentro de la unidad de los Depósitos Aluviales, se encuentra subyaciendo una capa de arcillas de 2 m de espesor, la cual genera un confinamiento en los materiales aluviales que causa que el nivel estático se presente a una profundidad más somera (4,93 m.b.n.s. determinado durante la visita al pozo en estudio) y que no se evidencia en el nivel del agua subterránea para el pozo visitado 1 (Figura 5).

De este modo el acuífero en estudio está constituido en la unidad de los Depósitos Aluviales, conformado por una matriz arenosa que engloba bloques subangulares de tamaños milimétricos a centimétricos, que se encuentran poco consolidados y que para la parte más somera se comporta como un acuífero libre y que ha profundidad (18 a 30 m) presentan confinamiento a causa de una capa de arcillas de 2 m de espesor que los separa entre los 15 y los 17 m de profundidad en las inmediaciones del pozo Sándalo (99-023).



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS		LEYENDA	SIMBOLOGÍA
<p>UEN GESTIÓN AMBIENTAL Área Funcional de Hidrogeología Elaboró: Geól. Daniel Vargas Bolaños Enero 2020</p>	Suelo areno limoso Depósitos aluviales Gravas y arenas gruesas Arcillas	Línea de perfil Pozo Rejilla del pozo Nivel del agua subterránea	
	Grupo Puerto Jiménez		

Figura 5. Perfil hidrogeológico A-B.

6.2 Características de la Zona no Saturada

A partir del reporte litológico del pozo en estudio (Anexo 2) así como los afloramientos observados en el campo, la zona no saturada del acuífero que es captado por dicho pozo, presenta un suelo areno arcilloso de espesor variable.

Para conocer la conductividad hidráulica de este suelo, se llevaron a cabo 3 pruebas de infiltración de agua en el suelo (Anexo 3), mediante la metodología de doble anillo (una junto al pozo y dos aguas arriba del pozo en la dirección del flujo subterráneo del agua, según se muestra en la Figura 6).

En el Cuadro 4 se mencionan las características físicas del suelo para cada sitio de prueba de infiltración, indicándose la ubicación del punto, sus coordenadas, la conductividad hidráulica resultante, la textura observada del material y la porosidad asignada a partir de la conductividad hidráulica. Con base en estos valores de conductividad hidráulica, se determina un valor promedio, el cual es de 0,16 m/d y un valor de 0,42 para la porosidad- de la zona no saturada.

6.3 Características de la Zona Saturada y Parámetros Hidráulicos del acuífero

Los parámetros hidráulicos que presenta el acuífero que es captado por el pozo en estudio, son determinados a partir de una prueba de bombeo realizada a este pozo (Anexo 4).

Por lo tanto, con base en esta información se determina el valor del parámetro hidráulico de la transmisividad mediante la metodología de Theis, donde se obtuvo un valor de 353,78 m²/d (Anexo 4), mientras que para el parámetro hidráulico de la conductividad hidráulica se determina un valor de 23,59 m/d (Cuadro 5) considerando un espesor saturado del acuífero de 15 m, a partir de la longitud de rejilla en el armado del pozo Sándalo (99-023).

En cuanto al gradiente hidráulico que presenta el acuífero en las inmediaciones del pozo en estudio, se procede a determinar la dirección de flujo del agua subterránea, con base en los niveles del agua subterránea tomados de los pozos visitados y las líneas equipotenciales (Figura 6). Se determina así que la dirección de flujo del agua subterránea es hacia el este predominantemente, bajo un gradiente hidráulico de 0,027 calculado a partir de las líneas isofreáticas de 25 y 29 con una separación entre ellas de 143 m (Cuadro 6).

Cuadro 4. Pruebas de infiltración.

Pozo	Prueba	Norte	Este	K Conductividad hidráulica (cm/min)	K Conductividad hidráulica (cm/s)	K Conductividad hidráulica (m/d)	* Textura del material	* Porosidad asignada
Pozo Sándalo (99-023)	PI-1	945621	569854	0,0004	6,67E-06	0,00576	Arcilla	0,50
	PI-2	945304	569793	0,0039	6,50E-05	0,05616	Limoso	0,40
	PI-3	945263	569823	0,0297	4,95E-04	0,42768	Areno limoso	0,35

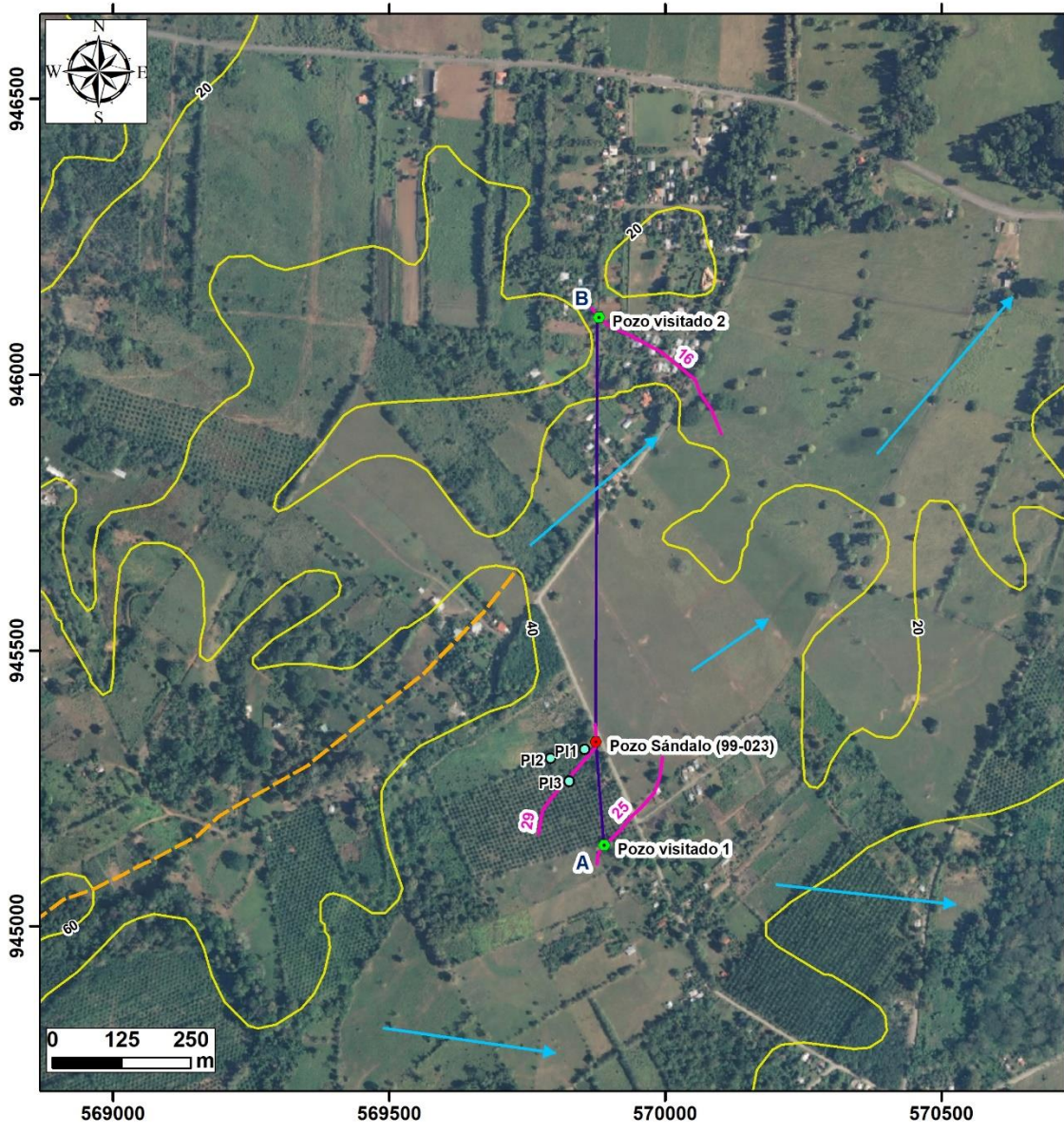
* Custodio & Llamas, (1983)

Cuadro 5. Parámetros hidráulicos del acuífero.

Pozo	b Espesor saturado (m)	T Transmisividad (m ² /d)	K Conductividad hidráulica (m/d)
Pozo Sándalo (99-023)	15	353,78	23,59

Cuadro 6. Cálculo del gradiente hidráulico.

Líneas Equipotenciales (m)	$\Delta h (h_2 - h_1)$	(L) Longitud entre líneas equipotenciales (m)	(i) Gradiente hidráulico
h ₁ : 25 h ₂ : 29	4,00	143	0,027



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
 UEN GESTIÓN AMBIENTAL
 ÁREA FUNCIONAL DE HIDROGEOLOGÍA

Simbología

- pozo Sándalo (99-023)
- Pruebas de infiltración
- Pozos Visitados
- Perfil hidrogeológico A-B
- Curvas de nivel (m.s.n.m.)
- - - Divisoria de aguas
- Líneas Equipotenciales
- Líneas de flujo

Base cartográfica: Google Earth.

Proyección CRTM05
 Datum WGS1984

Elaborado por: Geól. José Daniel Vargas Bolaños.

ENERO, 2020

Figura 6. Mapa de líneas equipotenciales.

7 CÁLCULO DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN DEL POZO SÁNDALO (99-023)

7.1 Tiempo de Tránsito de Contaminantes

Para determinar los tiempos de tránsito de contaminantes patógenos en el medio hidrogeológico, se consideran los siguientes supuestos:

- El tiempo de residencia máxima de las bacterias en el subsuelo es de 100 días en medios fracturados y de 70 días para medios porosos (Lewis, Foster y Drassar, 1982 en Rodríguez, 1994).
- Si en la zona saturada el flujo es predominantemente fisural, el tiempo total mínimo requerido para el análisis es de 100 días y no de 70 (Rodríguez, 1994).

De esto se desprende que el tiempo total que dura en degradarse un contaminante de tipo patógeno (ejemplo: bacterias y virus), considerando la componente vertical en la zona no saturada y la componente horizontal en la zona saturada, es de 70 días para medios porosos y de 100 para medios fracturados (y mixtos: considerando poroso y fracturado).

Según se ha descrito las condiciones del medio hidrogeológico que capta el pozo en estudio, corresponde con una zona porosa, por lo que para realizar el cálculo del tiempo de tránsito de contaminantes, se considera un tiempo de vida de referencia de 70 días para las bacterias.

7.1.1 Pozo Sándalo (99-023)

A partir del modelo hidrogeológico, se considera un espesor para la **zona no saturada** de 4,93 m (correspondiente con la profundidad a la cual se localiza el nivel del agua subterránea durante la visita al pozo de estudio) y que se encuentra en los materiales areno limosos.

Por lo tanto, se describen a continuación los cálculos realizados para determinar el tiempo de tránsito de contaminantes para la zona no saturada y la zona saturada del pozo en estudio (Cuadro 7 y Cuadro 8), considerando una profundidad para el agua subterránea a los 4,93 m.b.n.s. como medida conservadora, y que se localiza en los materiales aluviales, considerando un tiempo de residencia para las bacterias en el subsuelo de 70 días, por tratarse de un medio poroso.

El tiempo de tránsito para un flujo vertical de contaminantes patógenos en la **zona no saturada** (t_1), bajo condiciones de carga hidráulica se determina con la fórmula:

$$t_1 = \frac{b * \theta}{K * i}$$

Donde,

- **b**: espesor de la zona no saturada (m)
- **e**: porosidad de los materiales de la zona no saturada
- **K**: conductividad hidráulica vertical de la zona no saturada (m/d) (a partir del dato promedio de las pruebas de infiltración y prueba de bombeo)
- **i**: gradiente hidráulico

Cuadro 7. Tiempo de tránsito de contaminantes en la zona no saturada.

Componente de la zona no saturada	Espesor (m) b	Porosidad θ	Conductividad hidráulica (m/d) K	Gradiente hidráulico vertical i	Tiempo de tránsito vertical (días)
Materiales areno limosos	4,93	0,42	0,16	1,0	12,69

Por lo tanto, al calcular el tiempo de tránsito de contaminantes verticales que se moverán en la zona no saturada para el pozo en estudio, se determina que verticalmente **no es suficiente el tiempo de tránsito (12,69 días) para que las bacterias mueran antes de llegar al cuerpo de agua subterránea** presente en la unidad de los depósitos aluviales, de modo que se debe calcular el tiempo de tránsito de contaminantes para la zona saturada.

El tiempo de tránsito para un flujo de contaminantes patógenos que se mueve horizontalmente en la **zona saturada (t_2)**, bajo condiciones de carga hidráulica se determina con la fórmula:

$$d = \frac{t_2 * K * i}{\theta}$$

Donde,

- **d**: corresponde a la distancia horizontal entre el punto analizado y un foco de contaminación (teórico) (m)
- **e**: porosidad de los materiales de la zona saturada (Custodio & Llamas, 1983)
- **K**: conductividad hidráulica del acuífero (m/d) (a partir de la prueba de bombeo)
- **i**: gradiente hidráulico

La norma dada por el Departamento de Recursos Hídricos del AyA (Rodríguez, 1994), para la eliminación de bacterias en la zona saturada establece y acepta la fórmula descrita anteriormente. Además, considérese que la componente horizontal del movimiento del flujo en la zona saturada (t_2), puede determinarse mediante la fórmula:

$$t_2 = t - t_1$$

Donde,

- **t:** corresponde a 70 días para un medio poroso según (Rodríguez, 1994).
- **t₁:** tiempo de tránsito del flujo vertical en la zona no saturada
- **t₂:** tiempo de tránsito del flujo horizontal en la zona saturada

Por lo tanto, al determinar el tiempo de tránsito del flujo horizontal en la zona saturada es posible calcular la distancia que recorrerán las bacterias siguiendo la dirección de flujo preferencial bajo el gradiente hidráulico indicado (Cuadro 8), si existiera una posible contaminación del agua subterránea con organismos patógenos.

En el Cuadro 8, se detallan los cálculos del tiempo de tránsito de contaminantes para la zona saturada del pozo Sándalo (99-023).

Cuadro 8. Tiempo de tránsito de contaminantes en la zona saturada.

Zona saturada	Tiempo de tránsito del flujo horizontal (d) t ₂	Porosidad θ	Conductividad hidráulica (m/d) K	Gradiente hidráulico i	Distancia horizontal (m)
Materiales aluviales	57,31	0,35	23,59	0,027	104,28

Se determina un tiempo de **57,31 días** para la zona saturada del pozo en estudio, por lo que, si existiera una posible contaminación del agua subterránea con organismos patógenos estos, una vez que empiezan a desplazarse sobre la tabla de agua (componente horizontal), siguiendo la dirección de flujo preferencial bajo el gradiente hidráulico indicado, se degradarían después de haber recorrido **104 m**.

7.2 Metodología de Radio Fijo

Esta metodología es determinada a partir de la siguiente fórmula:

$$R = \sqrt{\left(\frac{Q * t_{sat}}{\pi * n * b}\right)}$$

Donde,

- **Q:** corresponde con el caudal del pozo (m³/d)
- **t:** tiempo de tránsito del flujo horizontal en la zona saturada (para un medio poroso y fracturado)
- **π:** constante matemática
- **n:** porosidad del acuífero
- **b:** espesor saturado del acuífero (m)

Cabe indicar que, para realizar los cálculos mediante esta metodología, se considerará un tiempo de residencia para las bacterias de 70 días. La porosidad asignada al aplicar la metodología es con un valor de 0,35 (materiales aluviales).

7.2.1 Pozo Sándalo (99-023)

Se presenta en el Cuadro 9, el cálculo de la Zona de Protección Absoluta del pozo en estudio, mediante la metodología de radio fijo. Empleando un caudal de 15 L/s el cual corresponde con el caudal concesionado por la DA del MINAE (Anexo 1).

Cuadro 9. Cálculo de la zona de protección mediante la metodología de radio fijo.

Caudal Q (L/s)	Caudal Q (m ³ /d)	Tiempo de tránsito de contaminantes para la zona saturada t (d)	Porosidad n	Espesor saturado b (m)	Radio Fijo (m)
15	1296	57,31	0,35	15	67,11

Al emplear fórmula de la metodología de Radio Fijo para determinar la Zona de Protección Absoluta para el pozo Sándalo (99-023), se obtiene un radio de protección de **67 m**.

Por lo tanto, para elaborar la delimitación de la zona de protección absoluta del pozo en estudio, se implementa la dimensión a partir de esta metodología para el **ancho de la zona de protección absoluta** (Figura 7).

7.3 Metodología Analítica (Grubb)

Esta metodología es aplicada mediante las siguientes fórmulas, utilizadas para un acuífero confinado:

7.3.1 xo Punto de no retorno

$$x_o = - \frac{Q}{2 * \pi * K * b * i}$$

7.3.2 Ymáx Ancho máximo de media zona de captura

$$Y \text{ máx} = \pm \frac{Q}{2 * K * b * i}$$

7.3.3 X Distancia a lo largo de la zona de captura

$$x = - \frac{y}{\frac{\tan(2 * \pi * i * y)}{Q}}$$

Donde,

- **X_o**: punto de no retorno (m)
- **Q**: caudal del pozo (m³/d)
- **π**: constante matemática pi
- **K**: conductividad hidráulica del acuífero (m/d)
- **b**: espesor saturado del acuífero (m)
- **i**: gradiente hidráulico del acuífero (m/m)
- **Y máx**: ancho de media zona de captura (m)
- **y**: longitud del ancho de la zona de captura (m)

De esta manera, se presentan en el cuadro 10 los cálculos determinados para el pozo en estudio.

Cuadro 10. Cálculo de la zona de captura mediante la metodología de Analítica.

Pozo	Caudal Q (m ³ /d)	Conductividad hidráulica K (m/d)	Espesor saturado del acuífero b (m)	Gradiente hidráulico i (m/)	Punto de no retorno x _o (m)	Ancho de media zona de captura Ymáx (m)	Distancia a lo largo de la zona de captura x (m)
Sándalo (99-023)	1296	23,59	15	0,027	-21,59	67,84	1232,27

Al emplear la metodología Analítica para determinar la zona de captura para el pozo Sándalo 99-023) se obtiene que el **punto de no retorno (xo)** es de **22 m** y el **ancho de la zona de captura (Y máx)** es de **68 m** y la **distancia a lo largo de la zona de captura (x)** es de **1232 m**, sin embargo esta longitud no será empleada para la determinación del largo de la zona de protección absoluta, ya que se definirá mediante la metodología del tiempo de tránsito de contaminantes para la zona saturada del acuífero. Por otro lado, para la definición del ancho de la zona de protección absoluta se empleará la definida por la metodología de radio fijo.

7.4 Metodología de Flujo Uniforme (Ecuación de flujo de Darcy)

Esta metodología consiste en la relación de las variables de caudal del pozo, transmisividad del acuífero, gradiente hidráulico y la longitud del ancho del tubo de flujo del agua subterránea; mediante la siguiente ecuación:

$$Q = T * i * L$$

Donde,

- **Q:** caudal del pozo (m³/d)
- **T:** transmisividad del acuífero (m²/d)
- **i:** gradiente hidráulico
- **L:** longitud del ancho del tubo de flujo (m)

De este modo y despejando la variable **L** de la ecuación anterior, se presentan en el cuadro 11 los cálculos elaborados el pozo en estudio.

Cuadro 11. Cálculo del ancho del tubo de flujo.

Pozo	Caudal Q (m ³ /d)	Transmisividad T (m ² /d)	Gradiente hidráulico i	Longitud del ancho del tubo de flujo L (m)
Sándalo (99-023)	1296	353,78	0,027	135,68

Con base en el cuadro 11, se determina mediante la metodología de Flujo Uniforme, un ancho para el tubo de flujo del agua subterránea que es aprovechada por el pozo Sándalo (99-023) de **136 m**.

Sin embargo, para la definición del ancho de la zona de protección absoluta se empleará la definida por la metodología de radio fijo, la cual corresponde con 67 m de radio

8 DEFINICIÓN DEL ÁREA ESPECIAL DE PROTECCIÓN DEL POZO SÁNDALO (99-023)

A continuación, se presentan los cálculos realizados para determinar el Área Especial de Protección del pozo en estudio.

8.1 Zona Operacional y de Protección Absoluta

Según la Guía de Protección de la Calidad del Agua Subterránea para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales, del Banco Mundial (Foster et al., 2002) dentro de la zona de protección absoluta inmediata se delimita un perímetro de cobertura con dimensiones inferiores denominado **Zona Operacional y de Protección Absoluta**, donde se indica que ésta área debe ser propiedad de la empresa o autoridad de agua en cuestión y que esté bajo el control del ente administrador que realizará la explotación (Foster et al., 2002).

En el caso del pozo Sándalo (99-023), la zona operacional presenta una dimensión de **15 metros de radio alrededor del pozo** (Figura 7).

En ella no se deberán permitir actividades que no estén relacionadas con la extracción misma del agua y, además, estas actividades necesitan ser evaluadas y controladas cuidadosamente para evitar la posibilidad de que los contaminantes alcancen los niveles de agua subterránea, ya sea de forma directa o a través de alteraciones del terreno en las cercanías (Foster et al., 2002).

8.2 Zona de Protección Absoluta

La longitud de la Zona de Protección Absoluta es definida, en la dirección aguas arriba del pozo, mediante el cálculo del tiempo de tránsito de contaminantes bacteriológico en la zona no saturada, considerando un rumbo paralelo a la dirección del flujo subterráneo del agua, para la cual se obtuvo una dimensión de **104 m**.

En relación con la dimensión del ancho establecido para esta zona de protección, se define empleando el valor obtenido mediante la metodología de Radio Fijo, con la cual se obtuvo una longitud de **67 m**, según se presenta en la Figura 7 del presente estudio hidrogeológico.

Se debe considerar que dentro de la zona de protección operacional y la zona de protección absoluta, no se debe permitir ningún tipo de actividad antrópica que genere flujos o lixiviados que contengan o generen contaminantes de tipo advectivo (aquellos que se mueven con o como el agua), tales como los de origen patógeno y mucho menos de otros tipos de contaminantes más agresivos para el medio hidrogeológico o nocivos para la salud (productos químicos como pinturas u otros; fertilizantes, pesticidas, agroquímicos hidrosolubles o hidrofóbicos, hidrocarburos o derivados del petróleo, entre otros).

Entiéndase que la zona de protección operacional y la zona de protección absoluta es un área total de resguardo, implica no admitir; por ejemplo, el uso del terreno para instaurar desarrollos de vivienda de cualquier tipo dentro de dicha zona de resguardo, especialmente si el diseño de sitio implica la implementación de tanques o fosas sépticos, así como, no se deben de realizar ni utilizar letrinas en esta área. Se indica que fuera de dicha área establecida, el espacio es aprovechable para otros posibles usos del terreno, que sean amigables con el ambiente.

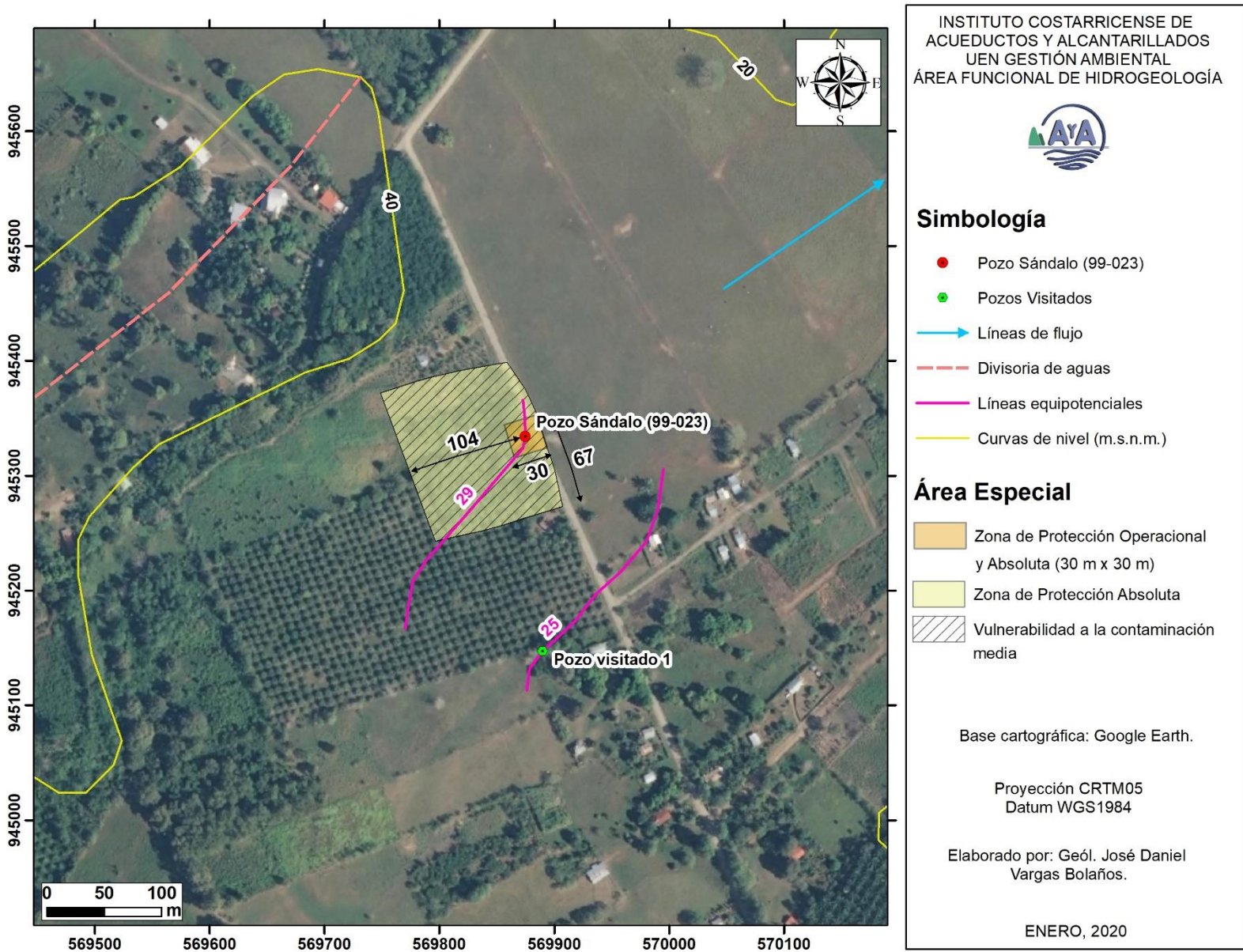


Figura 7. Mapa de las zonas de protección del pozo en estudio.

9 VULNERABILIDAD INSTRÍNSECA EN LA ZONA DE PROTECCIÓN OPERACIONAL Y ABSOLUTA DEL POZO SÁNDALO (99-023)

La vulnerabilidad se evalúa por el método G.O.D. por sus siglas en inglés (*Ground, Occurrence y Depth*) (Foster et al., 2002), el cual toma en cuenta tres factores y aplica un índice a cada uno de ellos (Figura 8).

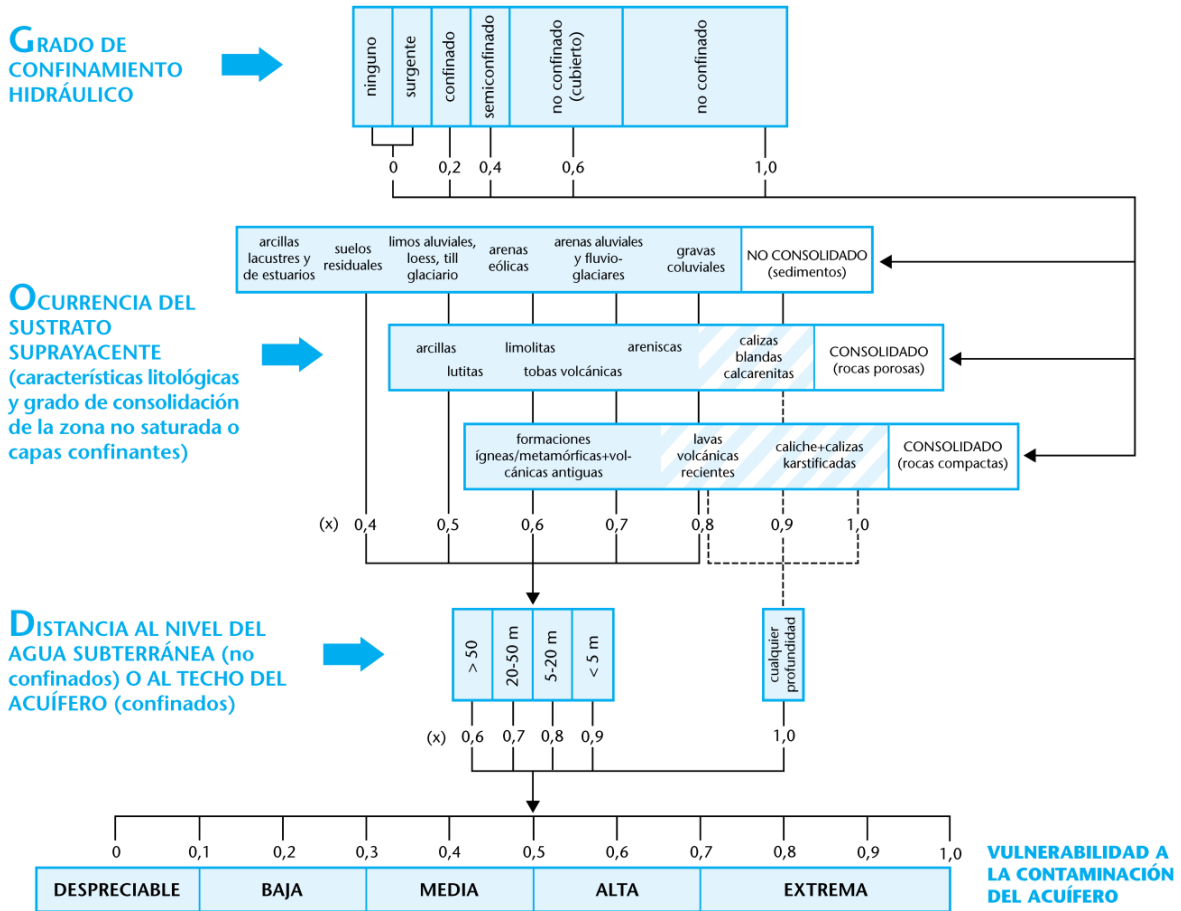


Figura 8. Vulnerabilidad intrínseca mediante metodología de G.O.D.

La vulnerabilidad final resulta de la multiplicación del Grado de Confinamiento (G), Ocurrencia del sustrato (O) y Profundidad al nivel freático (D). Por lo tanto, se muestra a continuación el cálculo de la vulnerabilidad intrínseca del acuífero albergado en los materiales aluviales, considerando una profundidad del agua subterránea en el acuífero a los 4,93 m.b.n.s.

A continuación, se determina el cálculo de la vulnerabilidad intrínseca para la zona operacional y absoluta y la zona de protección absoluta del pozo Sándalo (99-023) (Cuadro 12).

Cuadro 12. Cálculo de la Vulnerabilidad a la Contaminación para la Zona Operacional Absoluta y la Zona de Protección Absoluta.

Análisis de la Vulnerabilidad a la Contaminación			
Factor		Clasificación	Índice
G	Grado de confinamiento	No confinado (cubierto)	0,6
O	Ocurrencia del sustrato	Arenas aluviales	0,7
D	Profundidad del nivel freático	< 5 m	0,9
Factor de la vulnerabilidad			0,38
Vulnerabilidad a la contaminación			Media

El factor de vulnerabilidad es de **0,38** correspondiente a una **vulnerabilidad a la contaminación media**. La zona de protección operacional y absoluta, así como la zona de protección absoluta se muestran en la Figura 7.

10 CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

El agua subterránea del acuífero que es captado por el pozo Sándalo (99-023) ha sido muestreada y analizada por el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) con el objetivo de determinar las condiciones físico-químicas y microbiológicas del agua subterránea.

A continuación se muestran los resultados de los análisis de calidad del agua muestreada para el acuífero de Sándalo (Anexo 4).

10.1 Pozo Sándalo (99-023)

Análisis físico-químicos

- AYA-ID-08955-2016, analizado en setiembre del 2016 y que presenta en la conclusión del informe de resultados que las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N. 38924-S.
- AYA-ID-03934-2017, analizado en abril del 2017, menciona en la conclusión del informe de resultados la presencia de un olor fuerte en el agua subterránea, por lo que no cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.
- AYA-ID-10925-2017, analizado en noviembre del 2017 y el cual presentan en la conclusión del informe de resultados la presencia de un olor fuerte en el agua subterránea, por lo que no cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.
- AYA-ID-04790-2018, analizado en mayo del 2018 y que concluye en el informe de resultados que las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N. 38924-S.

Por otro lado, cabe mencionar que de los análisis de calidad analizados (Anexo 4) parámetros como el aluminio, hierro y manganeso (metales pesados), han sido cuantificados en el agua subterránea en concentraciones menores al valor máximo admitido por el Reglamento de Calidad del Agua Potable 38924-S. De igual manera, el parámetro de la conductividad eléctrica presenta valores inferiores al valor alerta según dicho Reglamento.

Análisis microbiológicos

En lo que respecta al análisis microbiológico del pozo analizado por parte del LNA, con base en los análisis históricos entre enero del 2000 y diciembre del 2019 del LNA, se muestra que en la mayoría de los análisis la presencia de coliformes fecales fue negativa, únicamente para los análisis efectuados en abril del 2016 y mayo del 2019 se contabilizaron coliformes fecales en la muestra de agua subterránea analizada, en cantidades de 43 y 2 respectivamente.

Adicionalmente, según comentarios del Sr. William Calderón, funcionario de la Oficina Cantonal de Puerto Jiménez del AyA, y quien es el encargado técnico de la operación y funcionamiento del acueducto de Sándalo, el agua extraída del pozo en estudio en algunas ocasiones presenta mal olor (de igual manera los informes de calidad lo mencionan, por la generación de ácido sulfhídrico (H_2S) debido a la descomposición de materia orgánica en la zona de inundación), lo cual se asocia con la generación de una zona de inundación en la parte trasera de la propiedad donde se ubica el pozo (sector oeste del pozo) y que hidrogeológicamente corresponde con el sector aguas arriba del pozo Sándalo (99-023).

Esta zona de inundación es generada a causa de intensas precipitaciones de lluvia en la zona, aunado a la textura areno limosa que caracteriza el suelo en las inmediaciones del pozo y a una pequeña depresión en la topografía en este sitio de la propiedad. El Sr. Calderón también menciona, que la zona de inundación persiste hasta por un periodo de 48 horas luego del cese de las lluvias y llega a presentar una altura de la columna del agua de 40 cm. Por lo tanto, para evitar la acumulación de estas aguas de escorrentía en las cercanías del pozo Sándalo (99-023) es recomendable realizar la canalización de las aguas en este sector de la propiedad hacia el lindero sureste de la propiedad, sitio por donde se podrían conducir estas aguas hacia el camino cantonal que pasa frente dicha propiedad, para que sean canalizadas hacia los bordes externos del camino, ya que el mismo carece de cunetas.

11 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Geológicamente, en el área de estudio predominan sedimentos aluviales que han sido relacionados con el Grupo Puerto Jiménez, los cuales corresponden con depósitos cuaternarios indiferenciados aluviales.
2. Con base en las observaciones de campo, así como la descripción litológica del pozo Sándalo (99-023) del AyA (Cuadro 2) el subsuelo de la zona de estudio presenta en superficie un suelo predominante de textura areno limoso, de espesor variable, menor a medio metros (según se observó en el pozo visitado 1) hasta los 7 m (con base en la descripción litológica del pozo en estudio) el cual forma parte de la unidad de Depósitos Aluviales (Grupo Puerto Jiménez). Bajo este suelo se localizan los depósitos aluviales que conforman el acuífero que es captado por el pozo Sándalo (99-023) que están conformados por capas intercaladas de arenas gruesas entre 4 y 6 m de espesor, así como aluviones gruesos entre 3 y 9 m de espesor.

El acuífero en estudio está constituido en la unidad de los Depósitos Aluviales, conformado por una matriz arenosa que engloba bloques subangulares de tamaños milimétricos a centimétricos, que se encuentran poco consolidados y que para la parte más somera se comporta como un acuífero libre y que ha profundidad (18 a 30 m) presentan confinamiento a causa de una capa de arcillas de 2 m de espesor que los separa entre los 15 y los 17 m de profundidad en las inmediaciones del pozo Sándalo (99-023).

3. En cuanto al gradiente hidráulico que presenta el acuífero en las inmediaciones del pozo en estudio, se determina un gradiente de 0,027 entre las líneas equipotenciales de 25 y 29 Figura 6, con una dirección del flujo subterráneo del agua hacia el este.
4. Los parámetros hidráulicos de transmisividad y conductividad hidráulica calculados a partir de los datos de una prueba de bombeo del pozo Sándalo (99-023), mediante la metodología de Theis, indican un valor de 353,78 m²/d y 23,59 m/d, respectivamente.
5. A partir del cálculo del tiempo de tránsito de contaminantes, se ha determinado que el tiempo de tránsito de contaminantes total, para la zona no saturada será de 12,69 días. Por lo que, la distancia horizontal que deberán recorrer las bacterias patógenas una vez alcanzado el acuífero hasta degradarse, es de 104 m.
6. Se establece una Zona de Protección Operacional Absoluta y Absoluta para el pozo en estudio de 15 m alrededor del pozo (Figura 7).

Se debe indicar que esta área debe estar bajo el control del ente administrador que realizará la explotación del recurso hídrico. En ella no se deberán permitir actividades que no estén relacionadas con la extracción

misma del agua y además, estas actividades requerirán ser evaluadas y controladas cuidadosamente para evitar la posibilidad de que los contaminantes alcancen los niveles de agua subterránea, ya sea de forma directa o a través de alteraciones del terreno en las cercanías.

7. En resumen, las dimensiones que fueron determinadas para definir la zona de protección del pozo en estudio son las siguientes:

Área Especial de Protección		
Pozo	Zona de Protección Operacional y Absoluta	Zona de Protección Absoluta
		Largo y ancho m (aguas arriba y a cada lado del pozo)
Sándalo (99-023)	30 m de ancho, definido como un radio de 15 m alrededor del pozo (ver Figura 7).	104 m y 67 m

Se indica que desde el criterio técnico hidrogeológico el área mínima para protección bacteriológica del pozo Sándalo (99-023) es de 900 m², donde la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del agua subterránea en esta área es media.

8. A partir del cálculo de la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación, mediante la metodología de *G.O.D.*, se determina que la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación para la Zona Operacional y de Protección Absoluta del pozo Sándalo (99-023), corresponde con una vulnerabilidad a la contaminación media (Figura 7).
9. Se debe considerar que dentro de la zona de protección operacional y la zona de protección absoluta, no se debe permitir ningún tipo de actividad antrópica que genere flujos o lixiviados que contengan o generen contaminantes de tipo advectivo (aquellos que se mueven con o como el agua), tales como los de origen patógeno y mucho menos de otros tipos de contaminantes más agresivos para el medio hidrogeológico o nocivos para la salud (productos químicos como pinturas u otros; fertilizantes, pesticidas, agroquímicos hidrosolubles o hidrofóbicos, hidrocarburos o derivados del petróleo, entre otros).
10. Entiéndase que la zona de protección operacional y la zona de protección absoluta es un área total de resguardo, implica no admitir; por ejemplo, el uso del terreno para instaurar desarrollos de vivienda de cualquier tipo dentro de dicha zona de resguardo, especialmente si el diseño de sitio implica la implementación de tanques o fosas sépticas, así como, que no se deben de realizar ni utilizar letrinas en esta área. Se indica que fuera de dicha área

establecida, el espacio es aprovechable para otros posibles usos del terreno, que sean amigables con el ambiente.

- 11.** En cuanto a la calidad del agua subterránea que es aprovechada por el pozo en estudio, con base en los análisis de resultados físico-químicos se concluye lo siguiente:
- AYA-ID-08955-2016, analizado en setiembre del 2016 y que presenta en la conclusión del informe de resultados que las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N. 38924-S.
 - AYA-ID-03934-2017, analizado en abril del 2017, menciona en la conclusión del informe de resultados la presencia de un olor fuerte en el agua subterránea, por lo que no cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.
 - AYA-ID-10925-2017, analizado en noviembre del 2017 y el cual presentan en la conclusión del informe de resultados la presencia de un olor fuerte en el agua subterránea, por lo que no cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.
 - AYA-ID-04790-2018, analizado en mayo del 2018 y que concluye en el informe de resultados que las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N. 38924-S.

De los análisis de calidad físico-químicos realizados (Anexo 5) los parámetros como el aluminio, hierro y manganeso (metales pesados), han sido cuantificados en el agua subterránea en concentraciones menores al valor máximo admitido por el Reglamento de Calidad del Agua Potable 38924-S. De igual manera, el parámetro de la conductividad eléctrica se presenta en valores inferiores al valor alerta según dicho Reglamento.

En lo que respecta al análisis microbiológico del pozo analizado por parte del LNA, con base en los análisis históricos entre enero del 2000 y diciembre del 2019 del LNA, se muestra que en la mayoría de los análisis la presencia de coliformes fecales fue negativa, únicamente para los análisis efectuados en abril del 2016 y mayo del 2019 se contabilizaron coliformes fecales en la muestra de agua subterránea analizada, en cantidades de 43 y 2 respectivamente.

- 12.** Se recomienda a la Dirección Regional Brunca que para evitar la acumulación de las aguas de escorrentía en las cercanías del pozo Sándalo (99-023) en la parte trasera de la propiedad (sector oeste del pozo) y que hidrogeológicamente corresponde con el sector aguas arriba del pozo Sándalo (99-023), se realice la canalización de las aguas en este sector de la propiedad hacia el lindero sureste de la propiedad, sitio por donde se podrían conducir estas aguas hacia el camino cantonal que pasa frente dicha propiedad, para que sean canalizadas hacia los bordes externos del camino, ya que el mismo carece de cunetas.

12 REFERENCIAS

BARRITT, S. & BERRANGÉ J.P., 1987: Interpretation of a gravity survey of the Osa Peninsula and environs, southern Costa Rica. – Overseas Geology and Mineral Resources, 64: 1 - 19.

BERRANGÉ, J.P. & THORPE, R.S., 1988: The geology, geochemistry and emplacement of the Cretaceous – Tertiary ophiolitic Nicoya Complex of the Osa Peninsula, southern Costa Rica. – Tectonophysics, 147: 193 – 220.

BERRANGÉ, J.P., 1989: The Osa Group: An auriferous Pliocene sedimentary unit from the Osa Península, Southern Costa Rica. – Rev. Geol. De Amer. Central, 10: 67 – 93.

COATES, A.G., JACKSON, J.B., COLLINS, L.S., CRONIN, T.M., DOWSETT, H.J., BYBELL, L.M., JUNG, P. & OBANDO, J.A., 1992: Closure of the Isthmus of Panamá: The near – shore marine record of Costa Rica and western Panamá. – Geol. Soc. Amer. Bull., 104: 814 – 828.

CORRIGAN, J., MANN, P. & INGLE, J.C., 1990: Forearc response to subduction of the Cocos Ridge, Panamá – Costa Rica. – Geol. Soc. Amer. Bull., 102: 628 – 652.

CUSTODIO, E. & LLAMAS, M., 1983: Hidrología Subterránea. Omega (2 Vol.) 2359pp.

DENYER, P., MONTERO, W & ALVARADO, G.E., 2009: Atlas tectónico de Costa Rica.- 79 págs. Ed. Univ. Costa Rica, San José.




FETTER, C.W., 1988: Applied Hydrogeology. -598 págs. Macmillan Publishing Company. New York.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GÓMEZ, D.; D'ELIA, M. & PARIS, M., 2002: Protección de la calidad del agua subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. - Groundwater Management Team, en colaboración con Global Water Partnership. Banco Mundial, Washington, D.C., Estados Unidos.

GONZÁLEZ, M.C., 2017: Determinación de la interfase agua dulce-agua salada en el acuífero aluvial de Puerto Jiménez, Puntarenas, Pacífico Sur. – 120 págs. Univ. De Costa Rica, San José [Tesis Maestría].

- OBANDO, J.A., 1986: Sedimentología y Tectónica del Cretácico y Paleógeno de la Región de Golfito, Península de Burica y Península de Osa, Provincia de Puntarenas, Costa Rica. – 233 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Tesis Lic.].
- OLSSON, A.A., 1942: Tertiary and Quaternary fossils from the Burica Peninsula of Panama and Costa Rica. – *Bulletins of American Paleontology*, 9 (39): 181 – 192.
- RODRÍGUEZ, H., 1994: Normas para el cálculo de tiempo de tránsito entre los drenajes de tanques sépticos y las fuentes de agua subterránea. -Documento interno del Departamento de Recursos Hídricos del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. San José, Costa Rica.
- WELLS, D. & COPPERSMITH K., 1994: New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement.- *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84, 4: 974-1002.

**Anexo 1: Resolución de la concesión de aprovechamiento del pozo Sándalo
(99-023) por parte de la Dirección de Agua del MINAE**

			Código N°: DA-GRH-0041	Páginas: 1 de 2
			Fecha emisión: 01/07/2016	Versión 01
			Fecha de Entrada en vigencia 01/07/2016	

DA- 1640 – 2019 - AGUAS-MINAE

Expediente: 602-R.

San José, a las 11 horas, del 26 de noviembre de 2019.

RESULTANDO

Único: Que el AyA solicita la inscripción de aguas de un pozo llamado Sandalo.

CONSIDERANDO

PRIMERO: Que, realizado el análisis, se obtuvo la siguiente información:

1. Detalles del aprovechamiento

1.1 Localización

Provincia	Cantón	Distrito	Sectores abastecidos
Puntrarenas	Golfito	Puerto Jimenez	Sándalo, Gallardo, Bambú, Río Tigre, Dos Brazos y Ñeque

1.2 Fuentes solicitadas

Fuente	Cuenca	Propiedad del fondo donde se capta	Plano Catastrado	Folio Real
Pozo Sandalo	100-32	No indica	No indica	No indica

1.3 Ubicación cartográfica de los puntos de toma

Fuente	Hoja Cartográfica	Altitud msnm	Latitud	Longitud
Pozo Sandalo	Golfo Dulce 3541-IV	15	60.010	606.420

2. Resumen de caudales (litros / segundos)

2.1 Aforo

Fuente	Origen del Dato	Fecha	Caudal
Pozo Sandalo	AyA	1/03/2011	16



Tel: (506) 2103-2600 FAX: (506) 2221-7516 Apartado: 13043-1000 <http://www.da.go.cr> aguas@da.go.cr
Edificio ALVASA, entrada ruta 32, avenida 19 (Costado Este Periódico La República), Barrio Tournon,
San José, Costa Rica.

			Código N°: DA-GRH-0041	Páginas: 2 de 2
			Fecha emisión: 01/07/2016	Versión 01
			Fecha de Entrada en vigencia 01/07/2016	


2.2 Cálculos de necesidad y disponibilidad (caudal: litros / segundos)

Fuente	Caudal Solicitado	Caudal ambiental		Disponible	Población Actual	Población Proyectada (20 años)	Caudal Requerido a 20 años
Pozo Sandalo	15	NA	NA	16	2828	1600	15

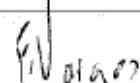
POR TANTO

El Director de la Dirección de Agua del MINAE resuelve, de conformidad con la Ley de Aguas No. 276, artículos 17, 18 y 70 y el Reglamento de las Asociaciones de Acueductos y Alcantarillados Comunales, publicado en La Gaceta No. 150 de 5 de agosto de 2005, Decreto 32529-S, inscribir en el Registro Nacional de Concesiones de Aguas y Cauces, el siguiente aprovechamiento a nombre del AyA, cédula número 4-0000-42138.

Fuente	CAUDAL (litros por segundos)
Pozo Sandalo	15


 Ing. José Miguel Zeledón Calderón
 DIRECTOR



Análisis FVS	Fecha 26/11/2019	
-----------------	---------------------	---



Tel: (506) 2103-2600 FAX: (506) 2221-7516 Apartado: 13043-1000 <http://www.da.go.cr> aguas@da.go.cr
 Edificio ALVASA, entrada ruta 32, avenida 19 (Costado Este Periódico La República), Barrio Tournon,
 San José, Costa Rica.

Anexo 2: Reporte de los pozos de la base de datos del AyA



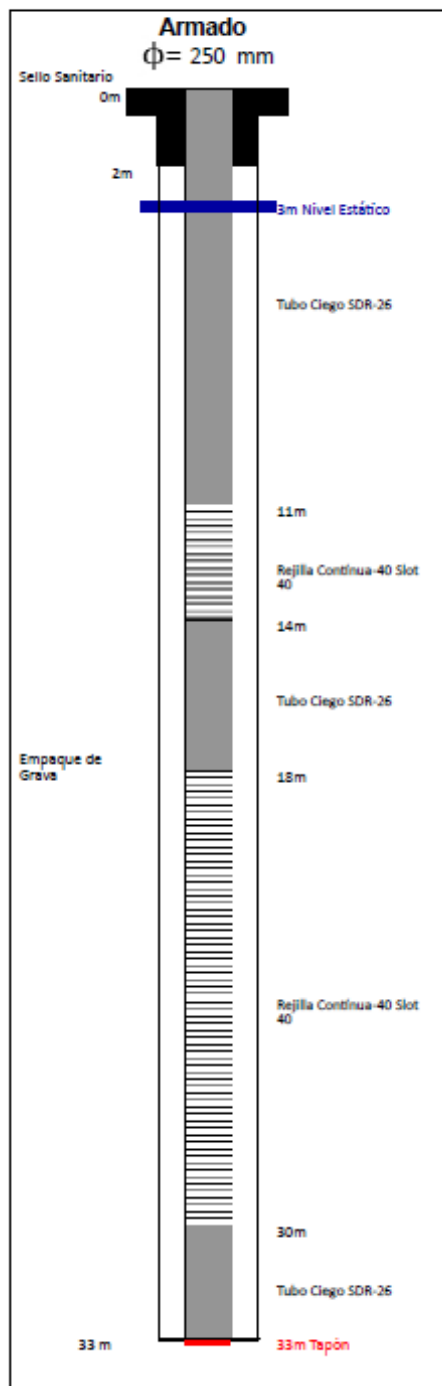
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
UEN Administración de Proyectos
Unidad Técnica de Perforaciones

Pozo N° 99-023

Pag. 1

Nombre:
N° Pozo SENARA/MINAE:

VALIDACION: Informe generado por Perfil Visita el 10/01/2020. Nulo sin firma y sello de persona autorizada



Ubicación

Localidad: Sándalo de Puerto Jiménez

Coord: N 278300 - E 532400

Elev(m): 0

Sist:

Lambert Sur

H/IGN: GOLFO DULCE 3541 IV

Provincia:

Puntarenas

Propietario: Comunidad

Cantón:

Golfito

Código: 06-07-02

Distrito:

Puerto Jiménez

Equipo de Perforación

Maquinaria: 22 W n°1

Método:

Percusión

Perforador: Bayardo Ramírez

Orden Costos:

Inicio: 26/07/1999

Final: 28/09/1999

Duración:

64 días

Datos de Perforación

Datos Prueba de Bombeo

	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Perforación	300	33
Tubería	250	18
Rejilla	250	15
Ademe	300	33
Material	PVC	
Tiempo Desarrollo (h):	12	
Desarrollo:	Pistón	

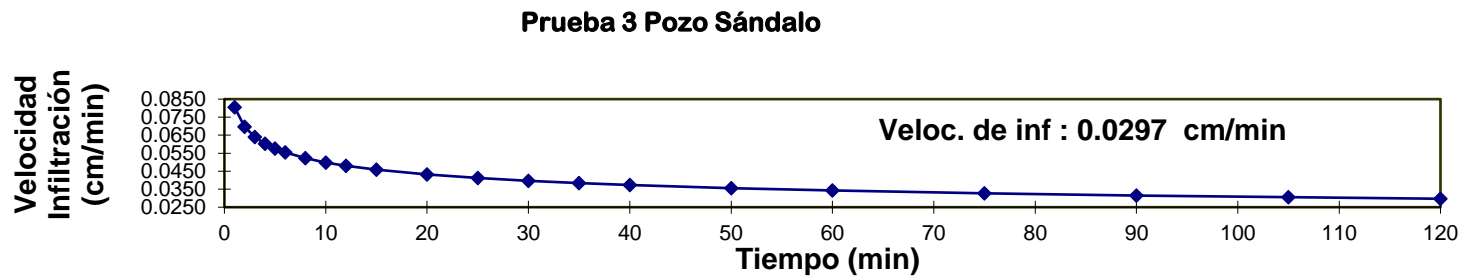
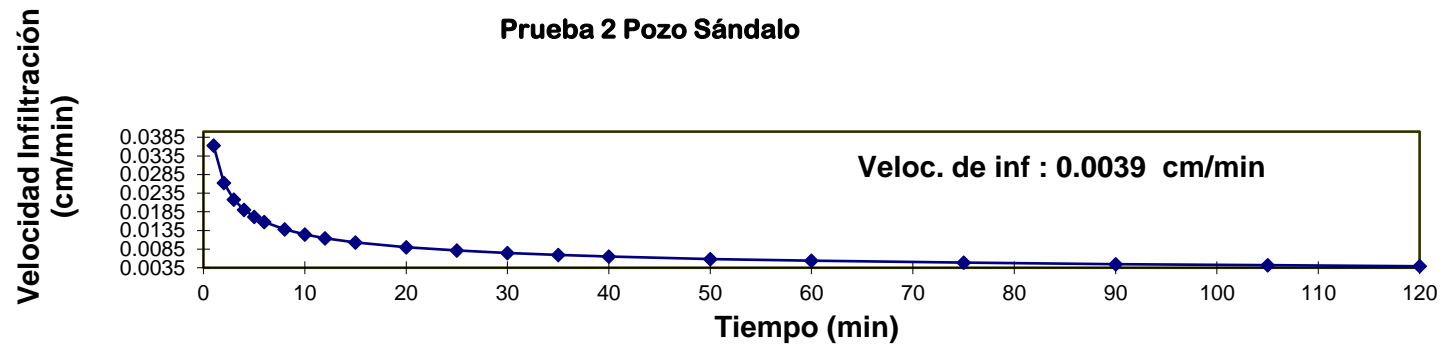
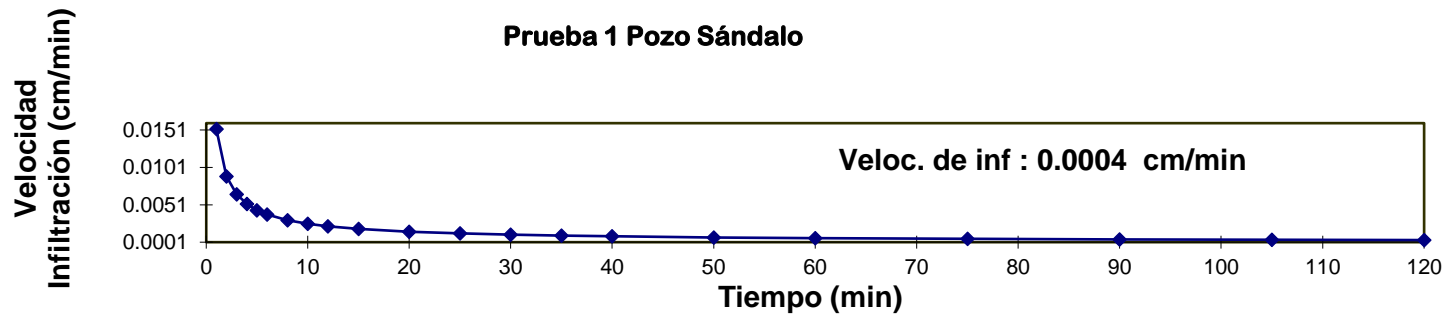
Observaciones:

Fecha de prueba:	18/07/2000
Potencia bomba (hp):	40
Profundidad bomba (m):	27
Nivel estático (m):	6.42
Nivel dinámico (m):	10.66
Caudal prueba (l/s):	36
Abatimiento (m):	0
Coef.almacenamiento:	0
Transmisividad (m ² /día):	0
Caudal rec. (l/s):	0
Tiempo bombeo rec.(h):	0

Litología

0-7 m	Suelo arcilloso
7-9 m	Arcillas con arenas finas
9-10 m	Limo arenoso color gris
10-11 m	Limo arcilloso color gris verdoso
11-14 m	Aluvión grueso limpio con arenas gruesas
14-15 m	Arenas en matriz limosa
15-17 m	Arcilla plástica gris verdosa
17-18 m	Arenas gruesas limpias
18-27 m	Aluvión grueso limpio
27-29 m	Arenas gruesas con fragmentos grandes
29-33 m	Arenas en material limoso

Anexo 3: Procesamiento de las pruebas de infiltración



Anexo 4: Cálculo de la transmisividad a partir de la prueba de bombeo de recuperación del pozo Sándalo (99-023)

Análisis prueba de bombeo ASADA de Sándalo.

1.- INTRODUCCIÓN

A solicitud del Ing Aristides Romero asesor del Hotel Crocodile Bay se realiza la interpretación de los datos de la prueba de bombeo de un pozo ubicado en Sándalo de Jiménez, perteneciente a la Asada de Sándalo de Jiménez, Golfito. El pozo se identifica con el número de AyA 99-023.

La prueba de bombeo consistió en un ensayo de 24 horas de duración al máximo caudal de bombeo a descarga libre el cual correspondió a un caudal de 34 l/s posterior al bombeo se tomaron las medidas de recuperación del nivel del agua.

La finalidad de la prueba es evaluar el comportamiento del acuífero a un bombeo prolongado para determinar las características hidráulicas del acuífero y definir el régimen adecuado de bombeo.

El pozo tiene 34.42 m de profundidad fue perforado en un diámetro de 300 mm y se encuentra encamisado con tubería de PVC de 250 mm de diámetro el nivel inicial del nivel de agua cuando se perforó era de 3 m, el día de la prueba de bombeo el nivel del agua subterránea se encontraba a 5.17 m de profundidad.

La prueba se realizó los días 1y 2 de diciembre del 2010 y se utilizó la bomba sumergible marca Franklin Electric con una potencia de 20 HP la cual se encuentra colocada a 16.34 m de profundidad, la tubería de descarga y de succión tenían un diámetro de 150 mm.

Las condiciones climáticas durante la prueba de bombeo fueron adecuadas y no hubo precipitación durante toda la prueba.

En la Foto 1 se muestra las condiciones de ejecución de la prueba y el caudal extraído.



Foto 1: prueba de bombeo en pozo

2.- DATOS DE CAMPO

Los datos del comportamiento del nivel del agua durante el bombeo y la recuperación se presentan en los Cuadro 1 y 2.

CUADRO 1: DATOS DEL BOMBEO

T	NIVEL DINÁMICO	T (MIN)	NIVEL DINAMICO	T	NIVEL DINAMICO
0	5,17	30	9,39	600	9,49
0.5	7,56	40	9,45	660	9,49
1.0	7,77	50	9,46	720	9,49
1.5	7,97	60	9,48	780	9,49
2.0	8,12	75	9,49	840	9,49
2.5	8,16	90	9,49	900	9,49
3	8,36	105	9,49	960	9,49
3.5	8,44	120	9,49	1020	9,49
4.0	8,51	150	9,49	1080	9,49
4.5	8,59	180	9,49	1140	9,49
5	8,65	210	9,49	1200	9,49
7	8,83	240	9,49	1260	9,49
9	8,95	300	9,49	1320	9,49
11	9,14	360	9,49	1380	9,49
15	9,2	420	9,49	1420	9,49
20	9,3	480	9,49		
25	9,36	540	9,49		

T= tiempo en minutos

Nivel dinámico= profundidad al nivel del agua en metros

Cuadro 2: Datos de Recuperación

TIEMPO (MIN)	ASCENSO DEL NIVEL DINÁMICO	TIEMPO (MIN)	ASCENSO DEL NIVEL DINÁMICO
0	9,49	5	5,6
05	6,89	7	5,4
1.0	6,59	9	5,27
1.5	6,39	11	5,23
2.0	6,22	15	5,19
2.5	6,07	20	5,19
3.0	5,93	25	5,18
3.5	5,85	30	5,18
4.0	5,79	40	5,17
4.5	5,71		

3.- ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Con los datos de descenso obtenidos de la prueba de bombeo de larga duración, se graficaron y en la **Figura 1** se presenta el gráfico correspondiente. La gráfica fue analizada por el Método de Jacob y de esta se observa que el nivel del agua durante los primeros 11 minutos mostró un descenso gradual hasta alcanzar un nivel de equilibrio que continuó por el resto de la prueba.

El análisis de la prueba de bombeo indica que la transmisividad del acuífero es de 413 m²/d, valor que indica que se está en presencia de un acuífero de una capacidad de transmisión del agua subterránea alta.

Una vez suspendido el bombeo, se inicia la prueba de recuperación extendiéndose por 40 minutos al cabo de los cuales se había recuperado 14.64 m lo cual representa un 90 % el nivel de agua subterránea.

4.- CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA.

Durante el proceso del bombeo se tomó una muestra de agua para ser analizada en el Laboratorio de Aguas Lambda, ubicado en San José. El reporte del Laboratorio indica que la calidad físico química del agua subterránea es adecuada para consumo humano.

Todos los parámetros se reportan por debajo de la norma lo cual es un indicador de la buena calidad del agua de abastecimiento, en el **Anexo** adjunta copia del reporte del Laboratorio.

4.- CONCLUSIONES

De la prueba de bombeo se concluye que el acuífero tiene un potencial hidrogeológico alto, ya que con el caudal probado (34 l/s) a pocos minutos de bombeo ya había alcanzado un nivel de equilibrio manteniéndose constante por el resto de la prueba.

De datos de descenso del nivel del agua subterránea se obtuvieron los datos de abatimiento, con estos datos y los tiempos establecidos en la prueba de bombeo se obtuvo el valor de la transmisividad del acuífero, la cual resultó en un valor de 413 m²/ d, lo cual indica un acuífero de alto potencial hidrogeológico.

Hidrogeol. Alicia Gómez Cruz
Teléfonos 2588-0222/ 8392-7843
Fax: 2289-0822
agomez@consulteccr.net

Los datos de ascenso del nivel de agua una vez suspendido el bombeo o prueba de recuperación, indican una rápida recuperación del nivel de agua original, alcanzando en 40 minutos una recuperación casi total del nivel original del agua subterránea.

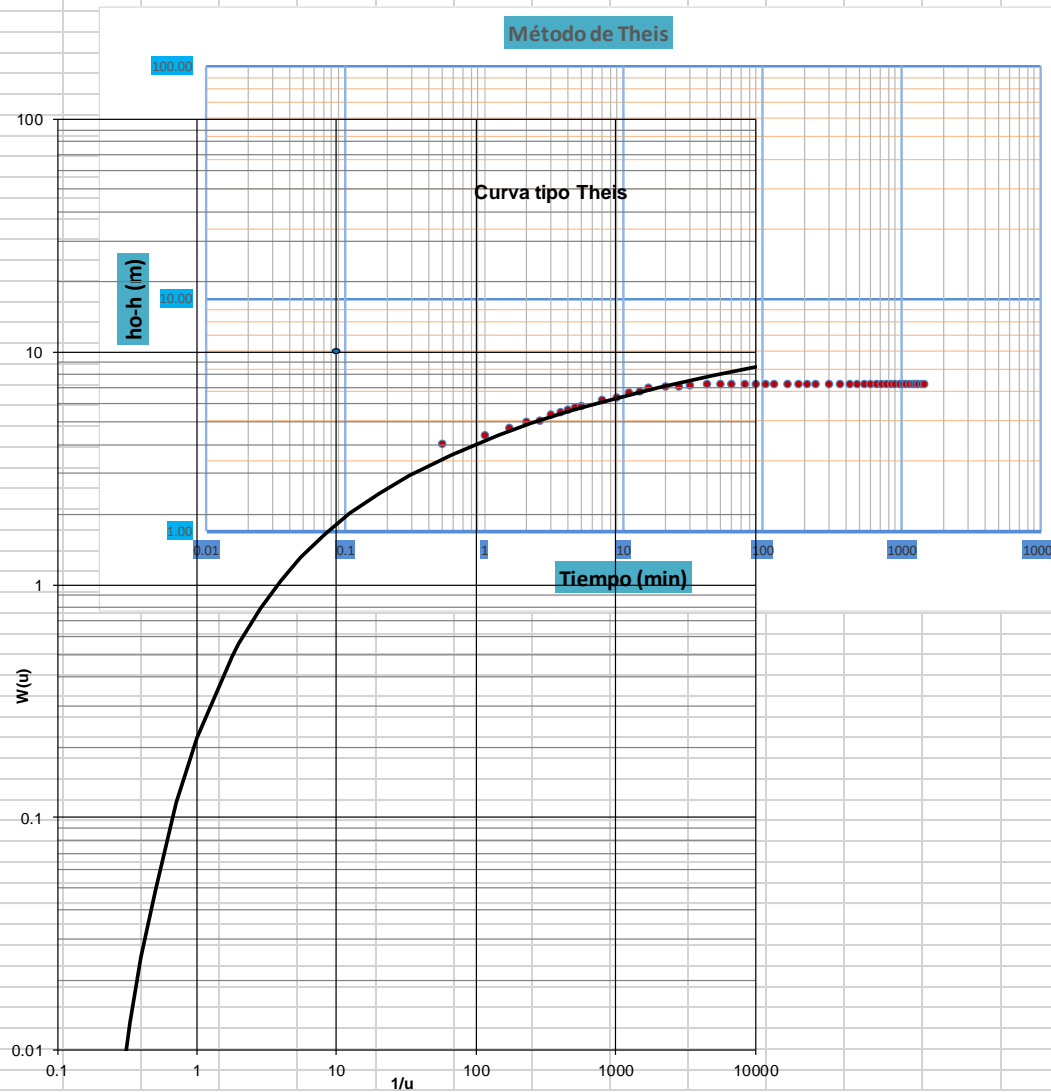
Con base en los datos obtenidos de la prueba de bombeo y a la información suministrada del armado del pozo se puede indicar que el pozo podría ser bombeado a un caudal de hasta 34 l/s sin que ello implique un riesgo para la administración de la ASADA siempre que se tomen las medidas adecuadas en cuanto a cambio de bomba y panel de control, así como una adecuada revisión de la tubería de impulsión y de distribución.

El reporte de la muestra de agua analizada por el Laboratorio Lambda indica que todos los parámetros se encuentran por debajo de la norma establecida para aguas de consumo humano.

Solicitar la concesión de explotación ante la Dirección de Aguas del Minaet para que el pozo tenga los permisos correspondientes y esté operando a derecho.

Hidrogeol. Alicia Gómez Cruz
C.G.C.R # 110

Tiempo (min)	Abatimiento (m)
0.5	2.39
1	2.60
1.5	2.80
2	2.95
2.5	2.99
3	3.19
3.5	3.27
4	3.34
4.5	3.42
5	3.48
7	3.66
9	3.78
11	3.97
13	4.03
15	4.13
20	4.19
25	4.22
30	4.28
40	4.29
50	4.31
60	4.32
75	4.32
90	4.32
105	4.32
120	4.32
150	4.32
180	4.32
210	4.32
240	4.32
300	4.32
360	4.32
420	4.32
480	4.32
540	4.32
600	4.32
660	4.32
720	4.32
780	4.32
840	4.32
900	4.32
960	4.32
1020	4.32
1080	4.32
1140	4.32
1200	4.32
1260	4.32
1320	4.32
1380	4.32
1440	4.32



Q (L/s)	36
Parámetro	Valor
Q (gal/min)	570.61
Q (m3/min)	2.1600
r (m)	250
W(u)	10
1/u	10
ho-h	7
t (min)	0.09
T (m2/min)	0.2457
T (m2/d)	353.78
S	1.415E-06
K (cm/s)	2.730E-02
b (m)	15
t (d)	0.0000625
u	1

Método de Theis

$$T = \left[\frac{Q}{4\pi(h_0 - h)} \right] \cdot W(u)$$

$$S = \frac{4Tut}{r^2}$$

**Anexo 5: Análisis de calidad del agua subterránea que capta el pozo Sándalo
(99-023)**



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-08955-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
e-mail: dmora@aya.or.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	DIVISION ACUEDUCTOS RURALES		Proc. muestreo	AYA-PT-019-5	
Contacto:	Sra. Cecilia Martínez Artavia		Muestreado por	Fonseca Calderón	
SISTEMA:	SÁNDALO DE PUERTO JIMÉNEZ DE GOLFITO		Fecha de muestreo	07-sep.-16	
			Fecha de ingreso :	08-sep.-16	
Muestreo:	POZO 1		Fecha de Reporte:	16-sep.-16	
Dirección:	POZO 1		Inicio Análisis MIC:		
			Teléfono:	242-5266	
PROVINCIA:	Puntarenas	CANTON:	Golfito	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	cmartinez@aya.go.cr	Fax:	242-5223	Hora de recolección:	10:26

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	127	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	18,6	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	N.D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	30,6	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B		100
Cloruros	*	N.D.	mg/L	0,81	1,10	1,30	4110B Cro	25	250
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	237	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	77	mg/L	2,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	115	mg/L	2,0	2,0	3,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	D.	mg/L	0,027	0,040	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,80	4110B Cro		
Hierro	*	181,7	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	9,3	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	97,9	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	N.D.	mg/L	0,53	0,81	1,40	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,040	0,10	4110B Cro		0,1
Olor	**	Acceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Acceptable	Acceptable
pH	*	7,56		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Sabor	**	Acceptable	N.A.		.		2160 B	Acceptable	Acceptable
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125 B		10

Página 1 de 2

Rige: 16/01/17
AYA

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-08955-2016

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
e-mail: dmora@aya.go.cr



PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Sodio	*	8,5	mg/L	1,9	2,0	2,5	3500-Na B	25	200
Sulfatos	*	D.	mg/L	0,79	0,81	1,60	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	27,6	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °	
Turbiedad	*	D.	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	4,5	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Observaciones:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-03934-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: dmora@aya.go.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N.º LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliete:	DIVISION ACUEDUCTOS RURALES		Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	Sra. Cecilia Martínez Artavia		Muestreado por	Fonseca Calderón
SISTEMA:	SÁNDALO DE PUERTO JIMÉNEZ DE GOLFITO		Fecha de muestreo	28-abr.-17
			Fecha de ingreso :	29-abr.-17
Muestreo:	POZO		Fecha de Reporte:	04-may.-17
Dirección:	SÁNDALO		Inicio Análisis MIC:	
			Teléfono:	242-5266
PROVINCIA:	Puntarenas	CANTON: Golfito	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	cmartinez@aya.go.cr	Fax: 242-5223	Hora de recolección:	11:52

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	129	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	D.	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	N.D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	32,3	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B		100
Cloruros	*	N.D.	mg/L	0,81	1,10	1,30	4110B Cro	25	250
Cobre	*	3,4	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	255	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	81	mg/L	2,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	114	mg/L	2,0	2,0	3,0	2340 C	300	400
Fluoruros	*	N.D.	mg/L	0,027	0,040	0,100	4110B Cro		0,7-1,5
Fosfatos	*	N.D.	mg/L	0,32	0,40	0,80	4110B Cro		
Hierro	*	19,5	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	8,0	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	71,2	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Nitratos	*	N.D.	mg/L	0,53	0,81	1,40	4110B Cro		50
Nitritos	*	N.D.	mg/L	0,026	0,040	0,10	4110B Cro		0,1
Olor	**	No Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	7,35		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125 B		10
Sodio	*	8,1	mg/L	1,9	2,0	2,5	3500-Na B	25	200

Página 1 de 2

Rige: 16/01/17
AYA

Aprobado por:
Dr. Darner Mora Alvarado



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-03934-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: dmora@aya.or.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Sulfatos	*	D.	mg/L	0,79	0,81	1,60	4110B Cro	25	250
Temperatura	*	27,6	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	N.D.	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	6,1	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Observaciones:

-Remuestreo solicitado por Presidencia Ejecutiva porque en el anterior solo se recolectó muestra para análisis microbiológico OT 093317. --Durante la inspección y recolección de muestras el agua presenta olor a Sulfuro.-El parámetros del Control

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-10925-2017

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
e-mail: d.mora@aya.go.cr



DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	DIVISION ACUEDUCTOS RURALES		Proc. muestreo	AYA-PT-019-5
Contacto:	Sra. Cecilia Martínez Artavia		Muestreado por	Fonseca Calderón
SISTEMA:	SÁNDALO DE PUERTO JIMÉNEZ DE GOLFITO		Fecha de muestreo	02-nov.-17
			Fecha de ingreso :	03-nov.-17
Muestreo:	POZO SÁNDALO		Fecha de Reporte:	10-nov.-17
Dirección:	POZO SÁNDALO		Inicio Análisis MIC:	
			Teléfono:	242-5266
PROVINCIA:	Puntarenas	CANTON: Golfito	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	cmartinez@aya.go.cr	Fax: 242-5223	Hora de recolección:	09:43

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Conductividad	*	192	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Olor	**	No Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	7,48		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Temperatura	*	28,3	°C	0,10			2550 B	18 a 30) °C	
Turbiedad	*	N.D.	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

** Ensayo no acreditado

Condiciones Ambientales:

Tiempo soleado. En el Pozo se percibe un fuerte olor a huevo podrido.

Observaciones:

El nivel de Olor, no cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

A. Urbina C.

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química

Página 1 de 1	Rige: 16/01/17 AYA	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
---------------	-----------------------	---



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-04790-2018

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
e-mail: dmora@aya.or.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N°. LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

DATOS DE LA MUESTRA

Cliente:	DIVISION ACUEDUCTOS RURALES		Proc. muestreo	AYA-PT-019-6
Contacto:	Sra. Cecilia Martínez Artavia		Muestreado por	Peralta José Ricar
SISTEMA:	SÁNDALO DE PUERTO JIMÉNEZ DE GOLFITO		Fecha de muestreo	17-may.-18
			Fecha de ingreso :	18-may.-18
Muestreo:	SALIDA DE POZO		Fecha de Reporte:	12-jun.-18
Dirección:	SALIDA DE POZO		Inicio Análisis MIC:	
			Teléfono:	242-5266
PROVINCIA:	Puntarenas	CANTON: GOLFITO	Tipo de muestra:	Agua
e-mail:	cmartinez@aya.go.cr	Fax: 242-5223	Hora de recolección:	10:30

DETALLE REPORTE DE RESULTADOS ANALISIS

PARAMETRO	E	RESULTADO	UNIDADES	INCERT	LD	LC	METODO	V.A.	V.MAX
Alcalinidad	*	124	mg/L	1,0	2,0	3,0	2320		
Aluminio	*	D.	µg/L	1,0	1,0	4,0	3125 B		200
Amonio	*	D.	mg/L	0,10	0,1	0,15	4500-NH3	0,05	0,5
Antimonio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		5
Arsénico	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		10
Cadmio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,30	3125 B		3
Calcio	*	32,4	mg/L	1,0	1,5	2,0	3500-Ca B		100
Cobre	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	1000	2000
Color Aparente	*	N.D.	UPT-Co	1,0	2,0	4,0	2120 C	5	15
Conductividad	*	245	µS/cm	1,0	2	4	2510	400	
Cromo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,50	1,60	3125 B		50
Dureza de Calcio	*	81	mg/L	2,0	2,0	3,0	3500-Ca D		
Dureza Total	*	112	mg/L	2,0	2,0	3,0	2340 C	300	400
Hierro	*	23,9	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		300
Magnesio	*	7,5	mg/L	0,10	0,50	1,0	3500 B	30	50
Manganeso	*	71,6	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B	100	500
Mercurio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,11	0,15	3125 B		1
Niquel	*	N.D.	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		20
Olor	**	Aceptable		N.A.	N.A.	N.A.	2150 B	Aceptable	Aceptable
pH	*	7,21		0,10	0,10	0,20	4500-H+	6,0-8,0	
Plomo	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,50	3125 B		10
Potasio	*	D.	mg/L	0,80	1,0	1,5	3500-K B		10
Selenio	*	N.D.	µg/L	0,10	0,20	0,70	3125 B		10
Sodio	*	8,2	mg/L	1,9	2,0	2,5	3500-Na B	25	200
Turbiedad	*	0,41	UNT	0,10	0,12	0,15	2130 B	<1	5
Zinc	*	3,6	µg/L	1,0	2,0	3,0	3125 B		3000

INCERT: Corresponde a la Incertidumbre expandida k=2 para un 95% de confianza

LD: Límite de Detección en las unidades del parámetro analizado

Página 1 de 2	Rige: 16/01/17 AYA	Aprobado por: Dr. Darner Mora Alvarado
---------------	-----------------------	---



LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS

AYA-ID-04790-2018

INFORME DE RESULTADOS

AYA-FPT-011B

Tres Ríos, Cartago
Teléfono: (506) 279-5118
Fax: (506) 279-5973
email: dmora@aya.or.cr



Laboratorio de Ensayo
Alcance de Acreditación N° LE-049
Acreditado a partir de: 11.02.2008

Alcance disponible en www.eca.or.cr

LC: Límite de Cuantificación en las unidades del parámetro analizado

METODO: Corresponde al código del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

N.D.: No detectable bajo el límite de detección

D.: Detectable pero no cuantificable

* Ensayo acreditado. Ver alcance en www.eca.or.cr

**** Ensayo no acreditado**

Condiciones Ambientales:

Observaciones:

En este análisis puntual las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924-S.

Se prohíbe la reproducción de este documento en forma total o parcial sin la autorización del Laboratorio

Licda. Azucena Urbina Campos
Jefe del Laboratorio Química

Cuadro 1. Resultado de análisis microbiológicos efectuados en muestras recolectadas en pozo de acueducto de Sándalo de Puerto Jiménez, del 01-01-2000 al 19-12-2019.

Bloque - Sistema	Fuentes y tanques			Red de distribución				Calidad	Observaciones
	Punto de muestreo	Fecha muestreo	Cloro residual mg/L	Coliformes Fecales/100ml	Total	Muestras analizadas			
					Positivas por cloro n	%	Negativas por c. fecales n	%	
A - SÁNDALO DE PUERTO JIMÉNEZ DE GOLFITO ()									
POZO	27/04/2008	0.3	43						Se aisló E.coli a 44.5°C.
POZO	18/08/2011	0.0	Negativo						
POZO	25/01/2012	0.1	Negativo						
POZO	21/11/2012	1.5	Negativo						
POZO	05/08/2013	0.0	Negativo						
POZO	14/11/2013	0.0	Negativo						
POZO	05/08/2014	0.0	Negativo						
POZO	21/01/2015	0.0	Negativo						
POZO	08/07/2015	0.0	Negativo						
POZO	28/01/2016	0.0	Negativo						
POZO	07/09/2016	0.0	Negativo						
POZO	01/03/2017	0.0	Negativo						
POZO	28/04/2017	0.0	Negativo						
POZO	02/11/2017	0.0	Negativo						
POZO	24/05/2018	0.0	Negativo						
POZO	27/11/2018	0.0	Negativo						
POZO	28/05/2019	0.0	2,0						



INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
San José, Costa Rica
Apartado 1097-1200. Teléfono 2242-3694. jdvargas@aya.go.cr

MEMORANDO

PARA: Irving Zelaya Palacios
Dirección Región Brunca

FECHA: 11 de febrero del 2020

DE: Jose Daniel Vargas Bolaños
UEN Gestión Ambiental

No. UEN-GA-2020-00359

ASUNTO: Estudio hidrogeológico: Cálculo de la zona de protección absoluta bacteriológica del pozo Sándalo (99-023) del Acueducto de Sándalo de Puerto Jiménez, Puntarenas.

En atención a la solicitud realizada, se adjunta el estudio hidrogeológico denominado "Cálculo de la zona de protección absoluta bacteriológica del pozo Sándalo (99-023) del Acueducto de Sándalo de Puerto Jiménez, Puntarenas".

A continuación, se citan las conclusiones indicadas en dicho estudio:

1. Geológicamente, en el área de estudio predominan sedimentos aluviales que han sido relacionados con el Grupo Puerto Jiménez, los cuales corresponden con depósitos cuaternarios indiferenciados aluviales.
2. Con base en las observaciones de campo, así como la descripción litológica del pozo Sándalo (99-023) del AyA (Cuadro 2) el subsuelo de la zona de estudio presenta en superficie un suelo predominante de textura areno limoso, de espesor variable, menor a medio metros (según se observó en el pozo visitado 1) hasta los 7 m (con base en la descripción litológica del pozo en estudio) el cual forma parte de la unidad de Depósitos Aluviales (Grupo Puerto Jiménez). Bajo este suelo se localizan los depósitos aluviales que conforman el acuífero que es captado por el pozo Sándalo (99-023) que están conformados por capas intercaladas de arenas gruesas entre 4 y 6 m de espesor, así como aluviones gruesos entre 3 y 9 m de espesor.

El acuífero en estudio está constituido en la unidad de los Depósitos Aluviales, conformado por una matriz arenosa que engloba bloques subangulares de tamaños milimétricos a centimétricos, que se encuentran poco consolidados y que para la parte más somera se comporta como un acuífero libre y que a profundidad (18 a 30 m) presentan confinamiento a causa de una capa de arcillas de 2 m de espesor que los

separa entre los 15 y los 17 m de profundidad en las inmediaciones del pozo Sándalo (99-023).

3. En cuanto al gradiente hidráulico que presenta el acuífero en las inmediaciones del pozo en estudio, se determina un gradiente de 0,027 entre las líneas equipotenciales de 25 y 29 Figura 6, con una dirección del flujo subterráneo del agua hacia el este.

4. Los parámetros hidráulicos de transmisividad y conductividad hidráulica calculados a partir de los datos de una prueba de bombeo del pozo Sándalo (99-023), mediante la metodología de Theis, indican un valor de 353,78 m²/d y 23,59 m/d, respectivamente.

5. A partir del cálculo del tiempo de tránsito de contaminantes, se ha determinado que el tiempo de tránsito de contaminantes total, para la zona no saturada será de 12,69 días. Por lo que, la distancia horizontal que deberán recorrer las bacterias patógenas una vez alcanzado el acuífero hasta degradarse, es de 104 m.

6. Se establece una Zona de Protección Operacional Absoluta y Absoluta para el pozo en estudio de 15 m alrededor del pozo (Figura 7).

Se debe indicar que esta área debe estar bajo el control del ente administrador que realizará la explotación del recurso hídrico. En ella no se deberán permitir actividades que no estén relacionadas con la extracción misma del agua y además, estas actividades requerirán ser evaluadas y controladas cuidadosamente para evitar la posibilidad de que los contaminantes alcancen los niveles de agua subterránea, ya sea de forma directa o a través de alteraciones del terreno en las cercanías.

7. En resumen, las dimensiones que fueron determinadas para definir la zona de protección del pozo en estudio son las siguientes:

Área Especial de Protección		
Pozo	Zona de Protección Operacional y Absoluta	Zona de Protección Absoluta
		Largo y ancho m (aguas arriba y a cada lado del pozo)
Sándalo (99-023)	30 m de ancho, definido como un radio de 15 m alrededor del pozo (ver Figura 7)	104 m y 67 m

Se indica que desde el criterio técnico hidrogeológico el área mínima para protección bacteriológica del pozo Sándalo (99-023) es de 900 m², donde la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación del agua subterránea en esta área es media.

8. A partir del cálculo de la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación, mediante la metodología de *G.O.D.*, se determina que la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación para la Zona Operacional y de Protección Absoluta del pozo Sándalo (99-023), corresponde con una vulnerabilidad a la contaminación media (Figura 7).

9. Se debe considerar que dentro de la zona de protección operacional y la zona de protección absoluta, no se debe permitir ningún tipo de actividad antrópica que genere flujos o lixiviados que contengan o generen contaminantes de tipo advectivo (aquellos que se mueven con o como el agua), tales como los de origen patógeno y mucho menos de otros tipos de contaminantes más agresivos para el medio hidrogeológico o nocivos para la salud (productos químicos como pinturas u otros; fertilizantes, pesticidas, agroquímicos hidrosolubles o hidrofóbicos, hidrocarburos o derivados del petróleo, entre otros).

10. Entiéndase que la zona operacional y la zona de protección absoluta es un área total de resguardo, implica no admitir, por ejemplo, el uso del terreno para instaurar desarrollos de vivienda de cualquier tipo dentro de dicha zona de resguardo, especialmente si el diseño de sitio implica la implementación de tanques o fosas sépticas, así como, que no se deben de realizar ni utilizar letrinas en esta área. Se indica que fuera de dicha área establecida, el espacio es aprovechable para otros posibles usos del terreno, que sean amigables con el ambiente.

11. En cuanto a la calidad del agua subterránea que es aprovechada por el pozo en estudio, con base en los análisis de resultados físico-químicos se concluye lo siguiente:

- AYA-ID-08955-2016, analizado en setiembre del 2016 y que presenta en la conclusión del informe de resultados que las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N. 38924-S.
- AYA-ID-03934-2017, analizado en abril del 2017, menciona en la conclusión del informe de resultados la presencia de un olor fuerte en el agua subterránea, por lo que no cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.
- AYA-ID-10925-2017, analizado en noviembre del 2017 y el cual presentan en la conclusión del informe de resultados la presencia de un olor fuerte en el agua subterránea, por lo que no cumple con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable 38924-S.
- AYA-ID-04790-2018, analizado en mayo del 2018 y que concluye en el informe de resultados que las determinaciones efectuadas cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable N. 38924-S.

De los análisis de calidad físico-químicos realizados (Anexo 5) los parámetros como el aluminio, hierro y manganeso (metales pesados), han sido cuantificados en el agua subterránea en concentraciones menores al valor máximo admitido por el Reglamento de Calidad del Agua Potable 38924-S. De igual manera, el parámetro de la conductividad eléctrica se presenta en valores inferiores al valor alerta según dicho Reglamento.

En lo que respecta al análisis microbiológico del pozo analizado por parte del LNA, con base en los análisis históricos entre enero del 2000 y diciembre del 2019 del LNA, se muestra que en la mayoría de los análisis la presencia de coliformes fecales fue negativa, únicamente para los análisis efectuados en abril del 2016 y mayo del 2019 se contabilizaron coliformes fecales en la muestra de agua subterránea analizada, en cantidades de 43 y 2 respectivamente.

12. Se recomienda a la Dirección Regional Brunca que para evitar la acumulación de estas aguas de escorrentía en las cercanías del pozo Sándalo (99-023) en la parte trasera de la propiedad (sector oeste del pozo) y que hidrogeológicamente corresponde con el sector aguas arriba del pozo Sándalo (99-023), se realice la canalización de las aguas en este sector de la propiedad hacia el lindero sureste de la propiedad, sitio por donde se podrían conducir estas aguas hacia el camino cantonal que pasa frente dicha propiedad, para que sean canalizadas hacia los bordes externos del camino, ya que el mismo carece de cunetas.


V.B. MSc. Viviana Ramos Sánchez



Dirección UEN Gestión Ambiental

- C: Florentino Fernandez Venegas, Subgerencia Ambiental, Investigación y Desarrollo
Sergio Nunez, UEN Programación y Control
Natalie Montiel Ulloa, Subgerencia Gestión Sistemas Periféricos
Gerardo Rivas Rivas, UEN Programación y Control
Eliomar Solis Guadamuz, Región Brunca
Christian Delgado Segura, UEN Gestión Ambiental
Isabel Fallas Salamanca, UEN Gestión Ambiental
Archivo 96