



**INFORME DE LA CONTRATACION DIRECTA
No 2016CDS-00018-PRI, AyA**

**“Definición zona de protección, Manantial Manatí –
Aguas Zarcas”**

MSC. Federico Arellano Hartig

Contraparte Técnica y Administrativa de la contratación

**MSc. Viviana Sánchez Ramos
Área Funcional de Hidrogeología – AyA**

Mayo, 2016



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



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN
EL REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, Annette Henchoz Castro

N° Cédula: 1-0725-0409

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como Sub Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital, Catálogo en línea (OPAC) y la intranet institucional de la documentación incluida en la lista adjunta.

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

E-mail: centrodoc@aya.go.cr **N° Teléfono:** 2242-5487

Annette
Henchoz Castro

Firmado digitalmente por
Annette Henchoz Castro
Fecha: 2019.11.25 16:07:20
-05'00'

Firma: _____

Equipo Profesional:

Ing. Federico Arellano Hartig MSc.

Geól. Jorge Suárez Matarrita MSc.

Geól. María Gómez Tristán MSc.

Ing. Marco Pineda Gamboa

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	6
1.1	OBJETIVO	10
1.1.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.1.2	METODOLOGÍA APLICADA	11
2	GEOLOGÍA	12
2.1	GEOLOGÍA REGIONAL	12
2.1.1	GEOLOGIA ESTRUCTURAL	13
2.1.2	GEOLOGÍA LOCAL	15
3	HIDROGEOLOGÍA	18
3.1	NACIENTE MANATI	18
4	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS SUELOS	22
4.1	NACIENTE MANATI	22
5	MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL	24
5.1	NACIENTE MANATI	24
6	ZONAS DE PROTECCIÓN DE LAS NACIENTES	26
6.1	NACIENTE MANATI	26
6.1.1	TIEMPO DE TRÁNSITO DE DEGRADACIÓN DE BACTERIAS	26
6.1.2	METODO DEL RADIO FIJO	28
6.1.3	MÉTODO DE GRUBB	29
7	CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS FUENTES	33
8	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD CON EL MÉTODO GOD	34
8.1	ACUÍFERO VOLCÁNICO FISURADO	34
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
10	REFERENCIAS	38

TABLA DE CUADROS

Cuadro 1. Manantiales analizados en el estudio.....	6
Cuadro 2. Datos de pozo PO-1	18
Cuadro 3. Inventario de fuentes registradas MINAE (2016) a radio de 2 km	19
Cuadro 4. Resultados de permeabilidad (método Porchet)	22
Cuadro 5. Caudales registrados por ASADA y calculado en campo.	25
Cuadro 6. Parámetros hidráulicos del acuífero, sector naciente Manatí, ASADA Pital	25
Cuadro 7. Resumen de los datos hidráulicos para el cálculo de L.....	27
Cuadro 8. Resultados Tiempos de Tránsito zona no saturada	27
Cuadro 9. Diferencia entre los 100 días menos los obtenidos del cálculo de la ZNS.....	28
Cuadro 10. Parámetros hidrogeológicos para determinación zona protección zona saturada ...	28
Cuadro 11. Resumen de datos y resultados Método Radio Fijo	29
Cuadro 12. Resultados por medio del Método Grubb.	29
Cuadro 13. Cuadro resumen ASADA Pital	30
Cuadro 14. Vulnerabilidad en la Naciente El Manatí.	35

TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación con base cartográfica	7
Figura 2. Ubicación de la naciente ASADA Manatí, San Carlos	8
Figura 3. Ubicación de la naciente, ASADA Manatí, San Carlos	9
Figura 4. Mapa geológico regional	14
Figura 5. Mapa geológico local	17
Figura 6. Mapa elementos hidrogeológicos	20
Figura 7. Perfil hidrogeológico de la zona de Pital	21
Figura 8. Ubicación Pruebas de Infiltración, naciente Manatí, ASADA Pital.....	23
Figura 9. Ubicación Zona de protección de la Naciente Manatí.....	31
Figura 10. Ubicación Zona de protección de la Naciente Manatí (Base cartográfica).....	32
Figura 11. Diagrama determinación de vulnerabilidad acuífera	34

1 INTRODUCCIÓN

El estudio hidrogeológico realizado comprende la definición de la zona de protección de una naciente ubicada en el sector de Manatí, cantón San Carlos, provincia de Alajuela. Dicha naciente se conoce como Manatí y está captada, Fotografía 1.

La fuente es un manantial que descarga desde acuíferos de origen volcánico, en este caso lavas andesíticas del Pleistoceno.

En el Cuadro 1 se indica la ubicación cartográfica en coordenadas Lambert y CRTM05.

Cuadro 1. Manantiales analizados en el estudio.

Nombre de la fuente	Tipo de fuente	Este (m) CRTM 05	Norte (m) CRTM 05	Este (m) Lambert	Norte (m) Lambert	Altura de fuente en (msnm)
Manatí	Naciente	463532	1 089606	504345.62	254051.09	926

La naciente Manatí se encuentra en Venecia de San Carlos, del Colegio Técnico 3 km al Sur vía calle pública. Posteriormente se camina aproximadamente 3200 m dentro de bosque hasta llegar a la naciente.

La Figura 1, Figura 2 y Figura 3 presentan los mapas de ubicación del manantial evaluado.



Fotografía 1: Naciente Manatí (Coordenadas 504346 -254051 Lambert Norte)

501642

503392

505142

506892

255281

255281

253531

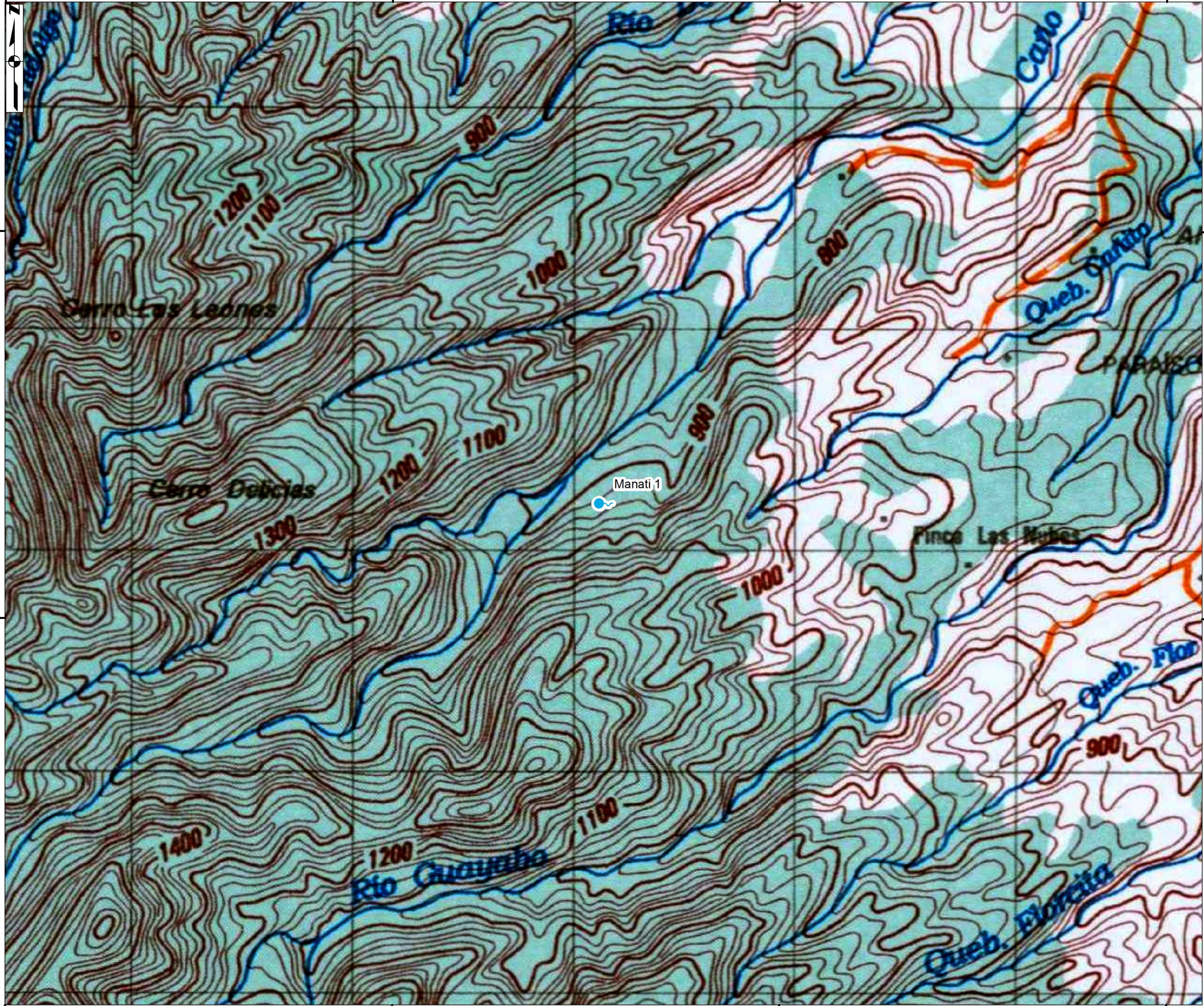
253531

501642

503392

505142

506892




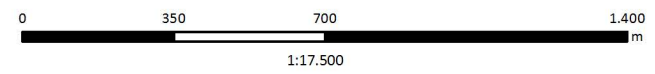
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
 Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
 UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
 Área Funcional de Hidrogeología

Pi-1

Figura 1. Ubicación de las Nacientes, Pital, San Carlos, Alajuela.

Simbología

 Naciente

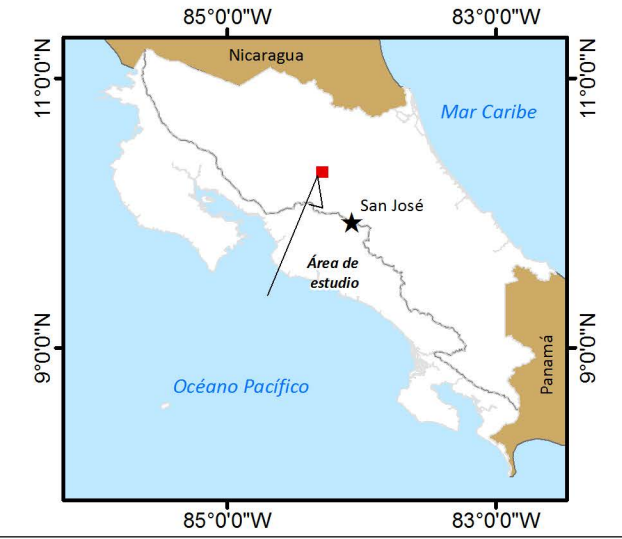


Sistema de Coordenadas Planas:
 Ocoatepeque CR 1935 Lambert Norte
 Fecha: Junio, 2016

Fuente de datos:
 Servicio WMS de ESRI, DigitalGlobe, 2012.
 Hoja Quesada: Instituto geografico Nacional, 1988. (1:50000)
 Nacientes: Hidrogeotecnia 2016 (1:5000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI

Elaborado por:
 HST
 HIDROGEOTECNIA Ltda.



503573

504073

504573

505073

254403

254403

253903

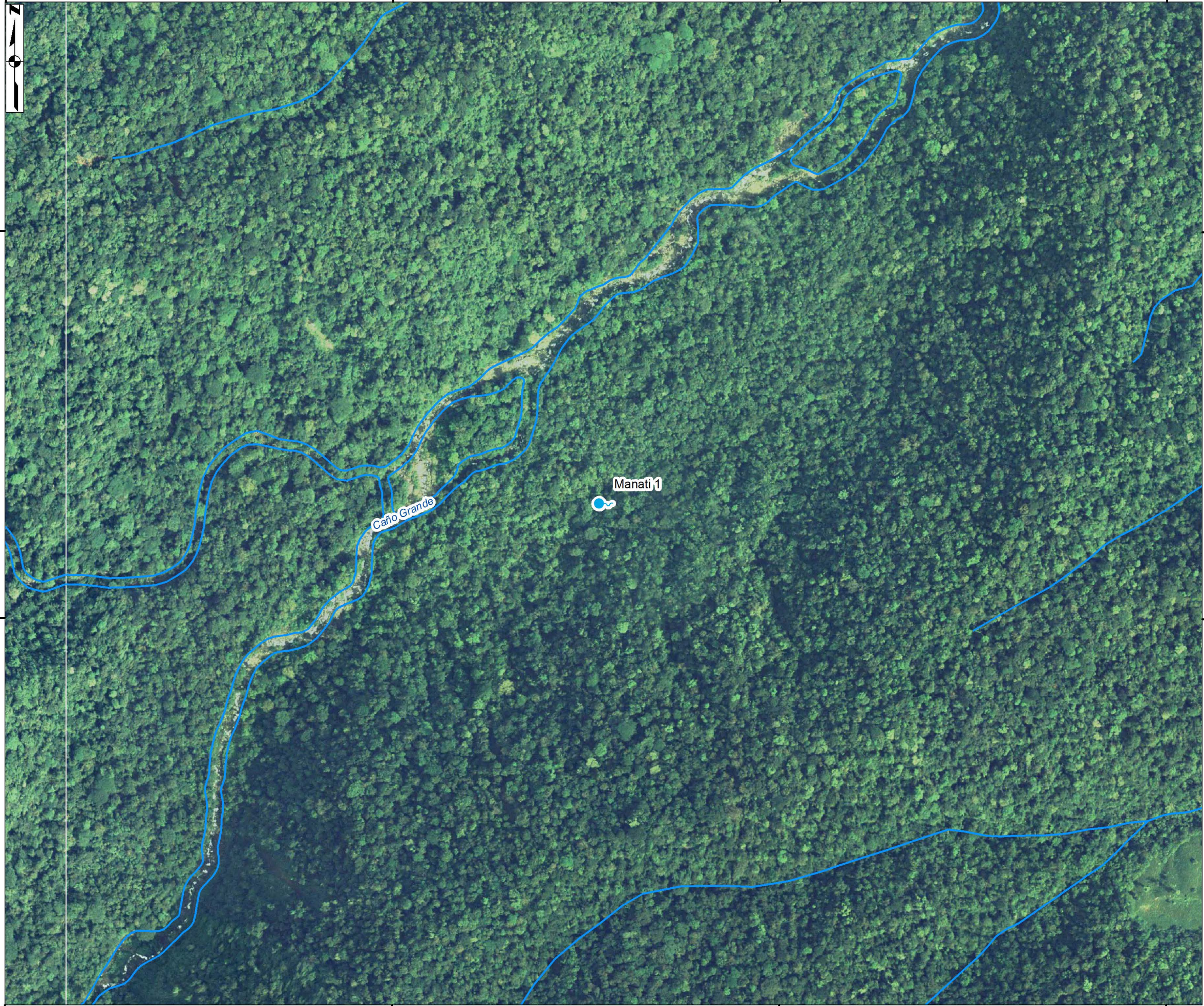
253903

503573

504073

504573

505073



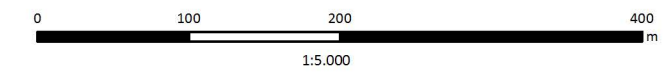
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
 Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
 UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
 Área Funcional de Hidrogeología

Pi-2

Figura 2. Ubicación de las Nacientes, Cutris, San Carlos, Alajuela.


Simbología

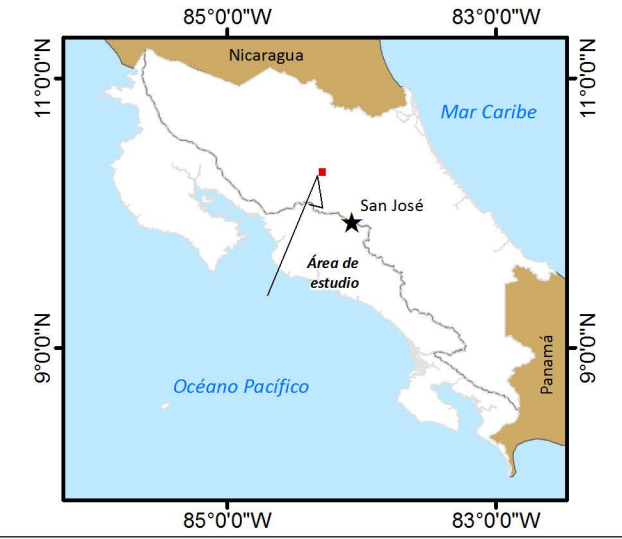
-  Naciente
-  Ríos



Sistema de Coordenadas Planas:
 Orotepeque CR 1935 Lambert Norte
 Fecha: Junio, 2016

Fuente de datos:
 Servicio WMS de ESRI, DigitalGlobe, 2012.
 Hidrografía y red vial: Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
 Nacientes: Hidrogeotecnia 2016 (1:5000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI  Elaborado por:
 HIDROGEOTECNIA Ltda.



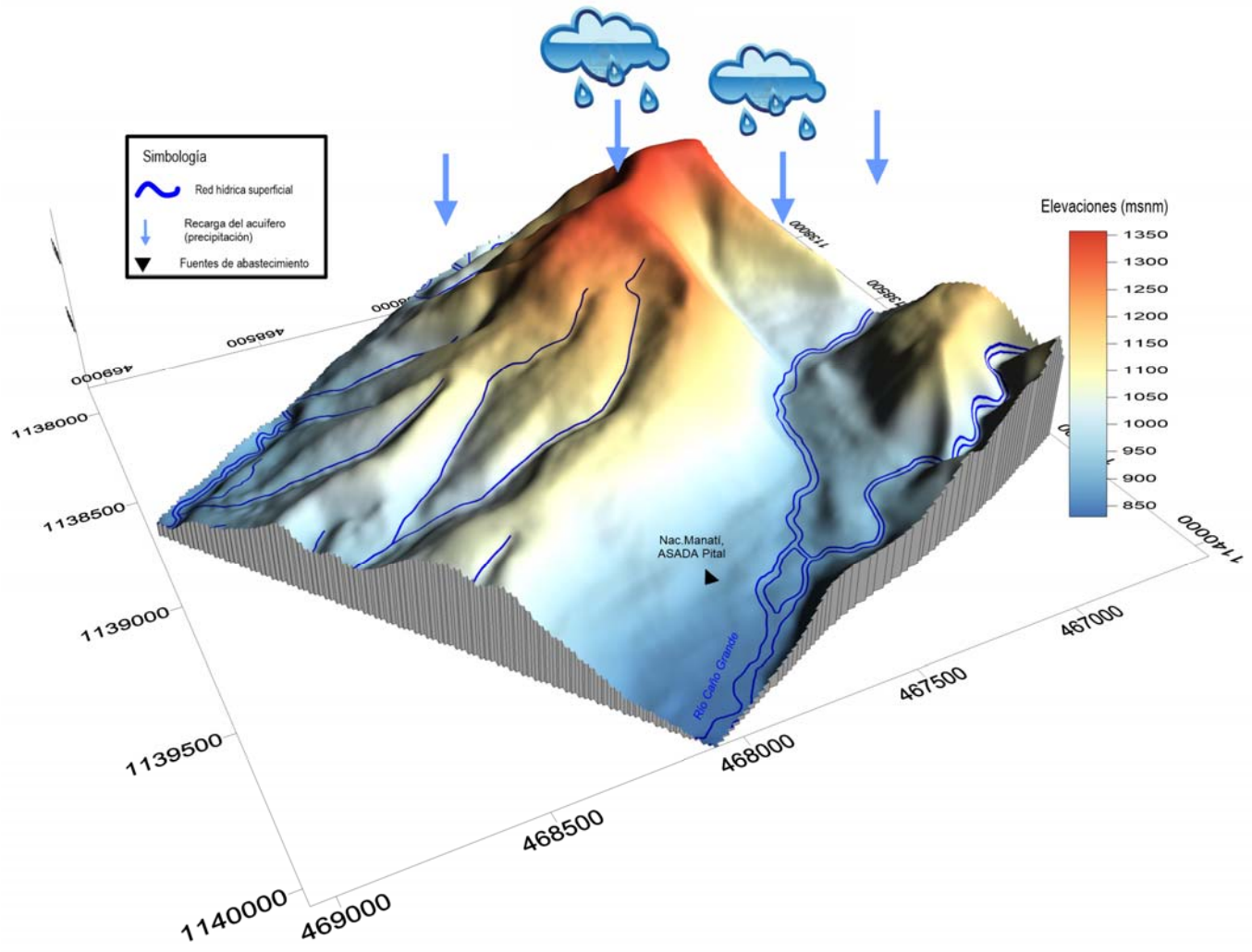


Figura 3. Ubicación de la naciente, ASADA Manatí, San Carlos



1.1 OBJETIVO

El objetivo de la contratación es realizar un estudio hidrogeológico que contemple la definición y el establecimiento de la zona de protección de la naciente Manatí, la cual requiere protección ante la amenaza de contaminación como medida preventiva, dado que la misma es utilizada como fuente de abastecimiento público.

1.1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos se han establecido:

- 1) Obtener un mapeo geológico de campo a un radio de 1 km², a fin de caracterizar y definir el entorno hidrogeológico de la zona de protección.
- 2) Realizar un inventario de fuentes hídricas subterráneas recopilando información de pozos y nacientes en un radio de 2 km² alrededor de la fuente, con el propósito de graficar la red de flujo y las líneas equipotenciales de la dinámica subterránea.
- 3) Obtener el caudal de la fuente de agua, para en conjunción con otras variables, definir la zona de protección de la misma.
- 4) Determinar las propiedades hidrodinámicas del acuífero para caracterizar el comportamiento de las aguas subterráneas.
- 5) Ejecutar una campaña de tres pruebas de permeabilidad y datos de porosidad en los alrededores de la naciente, a fin de caracterizar la zona no saturada del medio.
- 6) Determinar los tiempos de tránsito de los contaminantes en la zona no saturada y saturada, a fin de calcular la zona de protección de la fuente en estudio.
- 7) Evaluar la vulnerabilidad en la zona de protección inmediata y en un área de 500 m alrededor de cada naciente, utilizando la metodología GOD.
- 8) Analizar muestreos de calidad físico químico y bacteriológico existentes de la fuente.



1.1.2 METODOLOGÍA APLICADA

Para elaborar el estudio se realizó un mapeo geológico en 1 km² a escala 1:25000 que incluye un perfil hidrogeológico. Los espesores calculados para las unidades geológicas se basan en el trabajo de campo realizado y perfil hidrogeológico para la naciente.

Adicionalmente se recopiló la información de pozos y nacientes en los alrededores de la fuente de agua con el fin de establecer el modelo geológico e hidrogeológico.

No hay registro de pozos perforados a un radio de 2 km por lo que no se midieron niveles estáticos locales.

Los datos de caudal corresponden con el registro reportado por la ASADA de Pital. Se realizó una medición del caudal el día de la inspección al sitio.

Para desarrollar el cálculo de las zonas de protección se utilizan metodologías usadas internacionalmente, incluyendo: Tiempos de tránsito de contaminantes, Grubb, método analítico y radio fijo. Se realizaron tres pruebas de infiltración utilizando método Porchet con una duración de dos horas cada una. En los mismos sitios de las pruebas de infiltración se toman muestras para el análisis de porosidad en zona no saturada.

Adicionalmente se realizó un análisis de la vulnerabilidad a la contaminación en la zona de protección inmediata y a un radio de 500 m alrededor de la fuente utilizando el método GOD, el resultado se presenta en un mapa escala 1:25 000.



2 GEOLOGÍA

2.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La región estudiada se encuentra en el flanco norte de la Cordillera Volcánica Central, donde predominan materiales volcánicos y epiclásticos. Denyer & Alvarado (2007) determinan que en el sector estudiado se encuentra dos unidades de rocas volcánicas y una de sedimentos epiclásticos cuaternarios e incluyen el Vulcanismo del Pleistoceno, Vulcanismo del volcán Platanar y Depósitos Cuaternario, Figura 4.

- Vulcanismo del Pleistoceno

El vulcanismo del Pleistoceno (Denyer & Alvarado), corresponde con lavas, tefras, debris flows con edades entre 0,2 y 0,6 M.a., asociados a un vulcanismo en los cerros Viejo que corresponde con una zona de depósitos de azufre con laderas escarpadas rocosas e inestables, las cuales forman parte del borde e interacción de las calderas de río Segundo y Chocosuela, ambos antiguos volcanes colapsados.

La geología de los volcanes de la Cordillera Central (vulcanismo del Pleistoceno) es similar entre sí e incluyen intercalaciones de material piroclástico de caída y de flujo, (debris avalanches y debris flow), tefras, lahares y avalanchas volcánicas, Denyer & Kussmaul (2000). Las rocas consisten en andesitas basálticas y andesitas, siendo menos frecuentes los basaltos y dacitas, todas en transición a traquitas, siendo prácticamente idéntica a la composición de los volcanes de Guanacaste (Denyer & Kussmaul, 2000).

Alvarado & Gans (2012) proponen que la unidad de edad cercana a los 0,5 Ma (unidad donde se encuentra la naciente Manatí) asociada al Paleovolcán Chocosuela.

- Vulcanismo del Platanar

Los materiales asociados al volcán Platanar se presentan mayoritariamente como coladas de lava de edad reciente, donde algunas conservan aún su morfología. Están constituidas por basaltos hasta andesitas piroxénicas. El flanco suroeste del cono presenta una cubierta de piroclastos, detritos y brechas volcánicas así como lahares y aluviones (Alvarado & Carr, 1993). Las litologías con edades menores a los 0,2 Ma se asocian al volcán Platanar, el cual es encuentra al oeste del manantial estudiado.



- **Depósitos Cuaternarios**

Están constituidos por arcillas en forma de lentes, bloques métricos, limos, gravas, arenas sueltas y bloques los cuales han sido depositados por el arrastre fluvial y la variación en la pendiente entre la Cordillera Central y pendientes más planas, ubicadas en partes bajas como lo son poblados de Aguas Zarcas. Los Depósitos Cuaternarios en la zona de estudio corresponden con materiales transportados y depositados por ríos Caño Grande, Barroso, Aguas Zarcas, entre otros ríos y quebradas.

2.1.1 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La zona estudio se encuentra en el arco de Costa Rica, específicamente en la Cordillera Central. Al Oeste de las nacientes se encuentra el Volcán Platanar, el cual corresponde un dúo volcánico Platanar-Porvenir, de edad Cuaternaria, Figura 4.

Desde el punto de vista estructural Denyer et al. (2002) sugieren para el área de estudio la presencia de dos posibles fallas. El Viejo-Aguas Zarcas (la cual se infiere como de tipo normal) y falla sin nombre, no obstante, se indica que son estructuras inferidas.

- Falla El Viejo-Aguas Zarcas

Se ubica al Este de los edificios volcánicos Porvenir-Platanar, hacia el Este de Ciudad Quesada. La falla de Aguas Zarcas se extiende hasta 25 km en dirección N9EO, desde cerros del Volcán Viejo en su extremo sur, siguiendo el valle lineal del río Aguas Zarcas hasta unos 5 km al Norte del pueblo de Aguas Zarcas (Monter et al., 1998; Denyer et al., 2009). Corresponde con una falla de alto ángulo con desplazamiento de rumbo dextral según Montero et al (2010). Montero et al., (1998) indica fuerte escarpe facetado al Este, en valle lineal que sigue al río Aguas Zarcas, según muestra el mapa geológico.

- Falla Sin Nombre

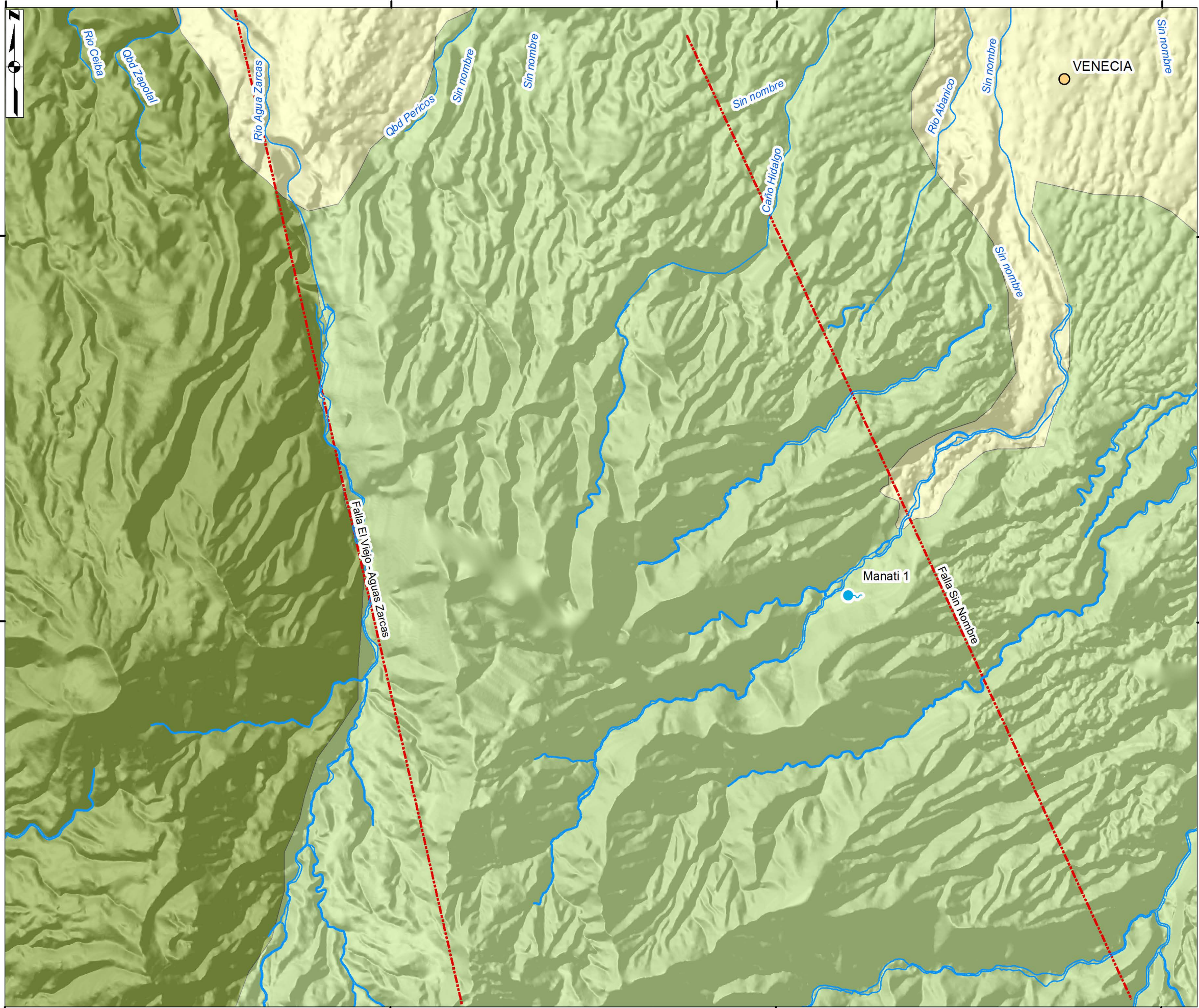
La falla Sin Nombre se ubica aproximadamente a 4,5 km hacia el Este de la Falla El Viejo-Aguas Zarcas, con un rumbo N18O y una longitud según de 10,8 km.

495556

499556

503556

507556



257775

257775

253775

253775

495556

499556

503556

507556

Figura 4. Geología Regional, Pital, San Carlos, Alajuela.

Simbología

- Naciente
- Poblados importantes
- Fallas
- Ríos
- Geología Regional
 - Depósitos Cuaternarios
 - Materiales volcánicos del Volcán Platanar
 - Materiales volcánicos del Pleistoceno

0 750 1.500 3.000 m
1:40.000

Sistema de Coordenadas Planas:
Ocatepeque CR 1935 Lambert Norte
Fecha: Junio, 2016
Fuente de datos:
Servicio WMS de ESRI, DigitalGlobe, 2012.
Geología y Fallas: Denyer et al. 2003
Hidrografía y red vial: Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
Modelo de Sombras y Nacientes: Hidrogeotecnia 2016 (1:5000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI

Elaborado por:
HST HIDROGEOTECNIA, Ltda.



2.1.2 GEOLOGÍA LOCAL

En los alrededores de la zona de la naciente Manatí se observan lavas andesito-basálticas color gris claro con textura afanítica porfirítica con fenocristales de plagioclasa, hornablenda y olivinos, Fotografía 2 , Fotografía 3 y Figura 5. Las lavas se encuentran bastante sanas con poca meteorización y cierto fracturamiento secundario.

Propiamente en el sitio de la naciente Manatí se observa un contacto geológico entre un debris flow y bloques de lavas andesito basálticas subredondeadas; ambos asociados al vulcanismo del Pleistoceno, Fotografía 4.

Los materiales del debris flow incluyen bloques de lavas andesito-basálticas de tamaños centimétricos hasta de 1,5 m de diámetro englobados en una matriz limo arcillosa dispuestos de manera caótica.

No se observan fracturas visibles ni indicios de fallamiento en los alrededores de la naciente.



Fotografía 2: Muestra de lava andesito basáltica ubicada 75 m antes de llegar a la naciente



Fotografía 3: Afloramiento ubicado aguas debajo de la naciente Manatí donde se observan bloques de lavas andesito basálticas



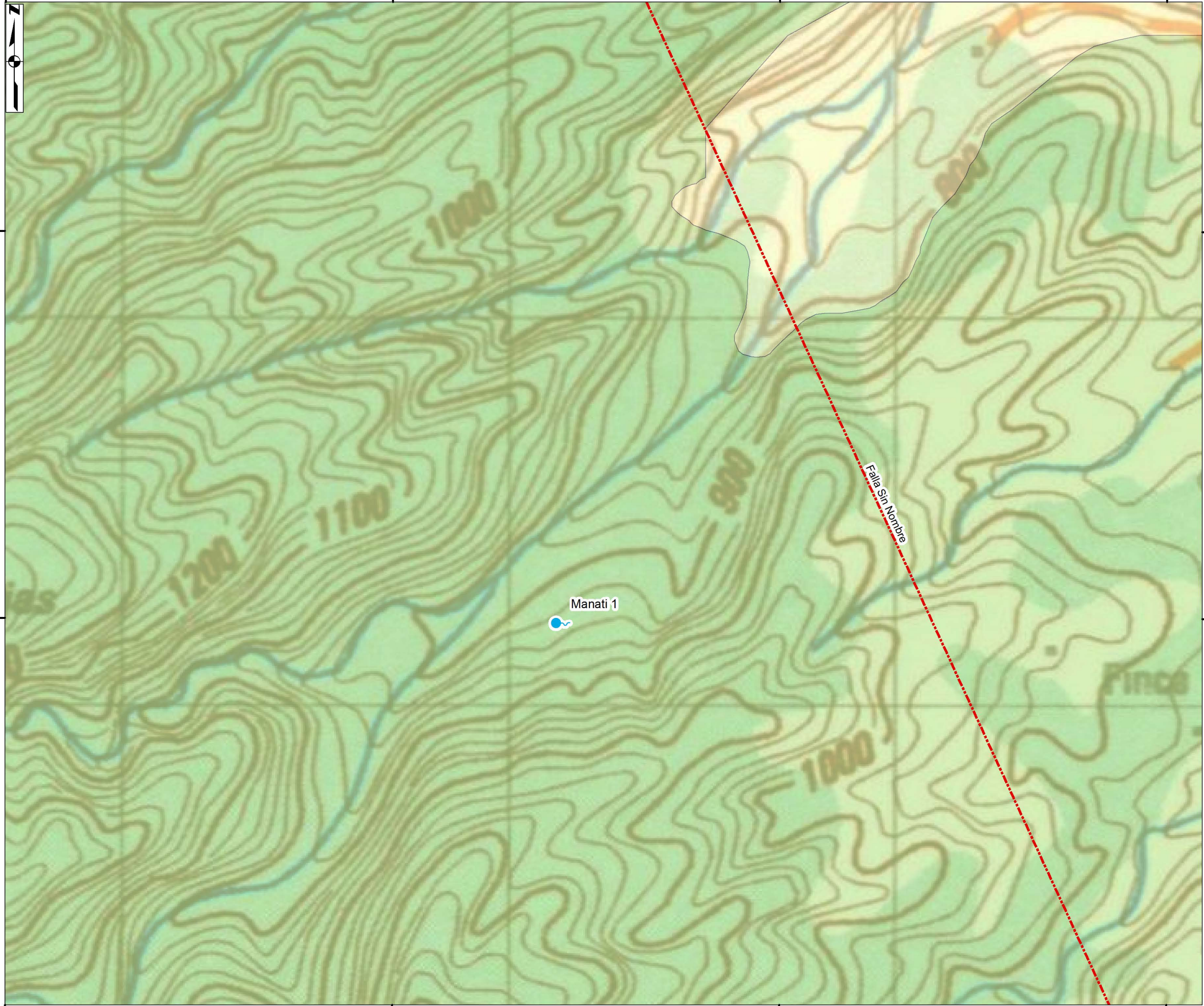
Fotografía 4. Contacto geológico (línea rosada) entre Debris Flow subyaciendo lavas del Pleistoceno

502911

503911

504911

505911



255063

255063

254063

254063

502911

503911

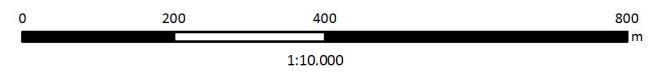
504911

505911

Figura 5. Geología Local, Pital, San Carlos, Alajuela.

Simbología

- Naciente
- Fallas
- Geología Regional**
- Depósitos Cuaternarios
- Materiales volcánicos del Volcán Platanar

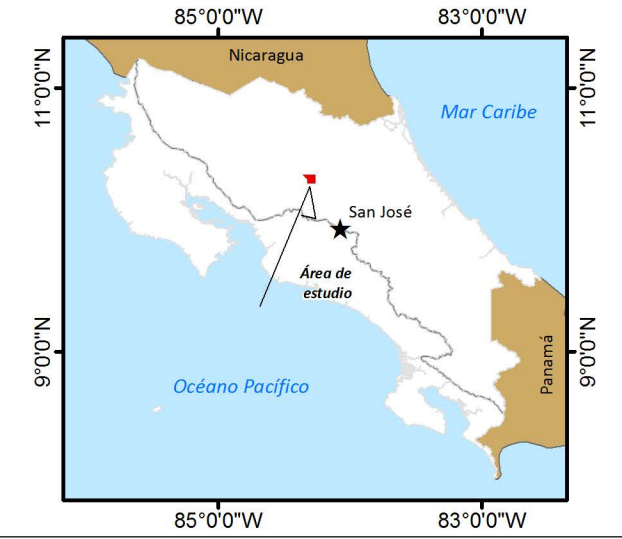


Sistema de Coordenadas Planas:
Ocoatepeque CR 1935 Lambert Norte
Fecha: Junio, 2016

Fuente de datos:
Servicio WMS de ESRI, DigitalGlobe, 2012.
Geología y Fallas: Denyer et al. 2003
Hoja Quesada: Instituto geográfico Nacional, 1988. (1:50.000)
Modelo de Sombras y Nacientes: Hidrogeotecnia 2016 (1:5000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI

Elaborado por:
HST
HIDROGEOTECNIA Ltda.



3 HIDROGEOLOGÍA

3.1 NACIENTE MANATI

La hidrogeología de la zona y las curvas isofreáticas que definen la dirección del flujo del sistema acuífero existente en la zona, se basó con información obtenida en el campo y revisión de datos de concesiones en la Dirección de Aguas (MINAE, 2016) y SENARA (2016).

No hay pozos perforados registrados a 2 km de radio de la Naciente Manatí (SENARA, 2016). El pozo más cercano registrado con datos de litología y prueba de bombeo (SENARA, 2016) es el pozo PO-1, (Cuadro 2), ubicado aproximadamente a 5,5 km al Suroeste de la naciente Manatí, (Anexo 1). Dicho pozo fue utilizado para determinar los parámetros hidrogeológicos utilizados en los cálculos de zonas de protección para la naciente Manatí debido a que se encuentra en las mismas condiciones geológicas de la Formación Lavas de Pleistoceno, donde aflora la naciente Manatí.

Cuadro 2. Datos de pozo PO-1

Pozo	Latitud	Longitud	Nivel estático (m)	Litología	Armado	Varios
PO-1	255935	509522	2	0-3 m: Toba color amarillenta, granulometría fina con abundantes restos fósiles de hojas / 3-10 m: Lavas andesíticas color gris, textura ligeramente porfirítica, con alteración hidrotermal, algo fracturada con moderada permeabilidad aparente	0-2 m. Sello sanitario / 0-10 m: Espacio anular vacío sin filtro grava / Pozo perforado en 12 pulgadas diámetro 2 -10 m	Transmisividad: 24,56 m ² /día / Capacidad específica: 0,55 / Nivel inicial: 0,0 m / Nivel final: 5,0 m

Se encuentran 4 fuentes registradas en base de datos del MINAE (2016), como se muestra en el Cuadro 3, Figura 6.



Cuadro 3. Inventario de fuentes registradas MINAE (2016) a radio de 2 km

No. FUENTE	LATITUD	LONGITUD	CONCESIONARIO	ESTADO EXPED.	TIPO EXPED.	TIPO FUENTE
10544	253015	505932	Asada de Marsella	Inscrito	Acueducto Rural	Nacimiento
10551	253200	505700	Asada de Marsella	Inscrito	Acueducto Rural	Nacimiento
10552	253203	505455	Asada de Marsella	Inscrito	Acueducto Rural	Nacimiento
10553	253230	505075	A Y A	Solicitud Nueva	Acueducto Rural	Nacimiento

La fuente conocida como naciente Manatí se encuentra asociada a un debris flow local de bloques de lavas andeisto-basálticas en contacto con una lava andesito-basáltica, ambas asociadas al Vulcanismo de Pleistoceno.

La delimitación de las isofreáticas de la zona consideró los siguientes criterios técnicos:

- a. El acuífero de origen volcánico de la zona de estudio es tipo libre, donde las coladas de lava moldean la topografía de la zona.
- b. El acuífero libre de origen lávico que comprende la fuente Manatí mantiene la dirección de flujo y la superficie freática con base en la topografía actual.
- c. A partir de las nacientes y las alturas de los niveles de las nacientes, las curvas isofreáticas fueron delimitadas para el acuífero; con el fin de contar con la mayor cantidad de puntos de nivel de agua subterránea, considerando la topografía actual y elevaciones de quebradas y ríos aledaños según metodología de Davis & Di Weist (Figura 6).

Con base en ello, se elaboró un perfil hidrogeológico para la naciente Manatí, (Figura 7), tomando en cuenta la delimitación del contacto entre las lavas y el debris flow local, a partir del mapeo de campo.

503564

504064

504564

505064



254060

254060

253560

253560

503564

504064

504564

505064



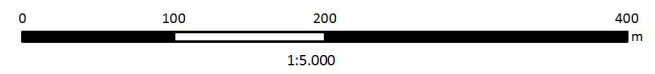
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
 Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
 UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
 Área Funcional de Hidrogeología

Pi-5

Figura 6. Mapa Hidrogeológico y ubicación de los perfiles, Pital, San Carlos, Alajuela.

Simbología

- Naciente
- Dirección de Flujo
- Perfil A-A'
- Equipotenciales
- Geología Local**
- Materiales volcánicos del Volcán Platanar

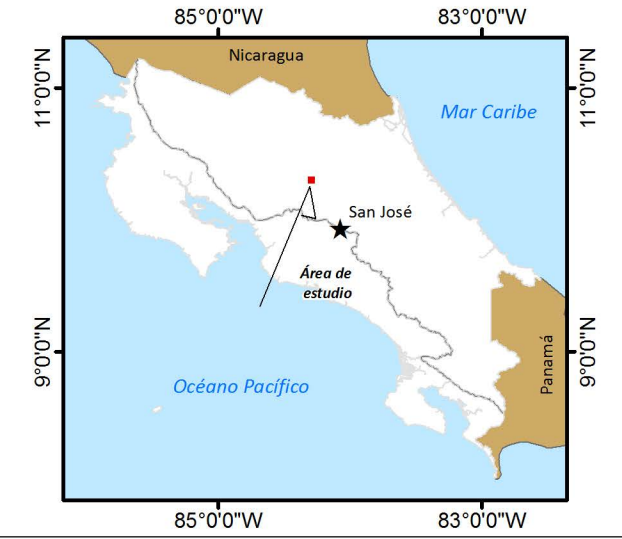


Sistema de Coordenadas Planas:
 Ocoetepeque CR 1935 Lambert Norte
 Fecha: Junio, 2016

Fuente de datos:
 Geología y Fallas: Denyer et al. 2003
 Hoja Quesada: Instituto Geográfico Nacional 1988. 1:50000
 del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
 Flujo, Equipotenciales, Perfil y Nacientes: Hidrogeotecnia 2016 (1:5000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI

Elaborado por:
 HIDROGEOTECNIA Ltda.



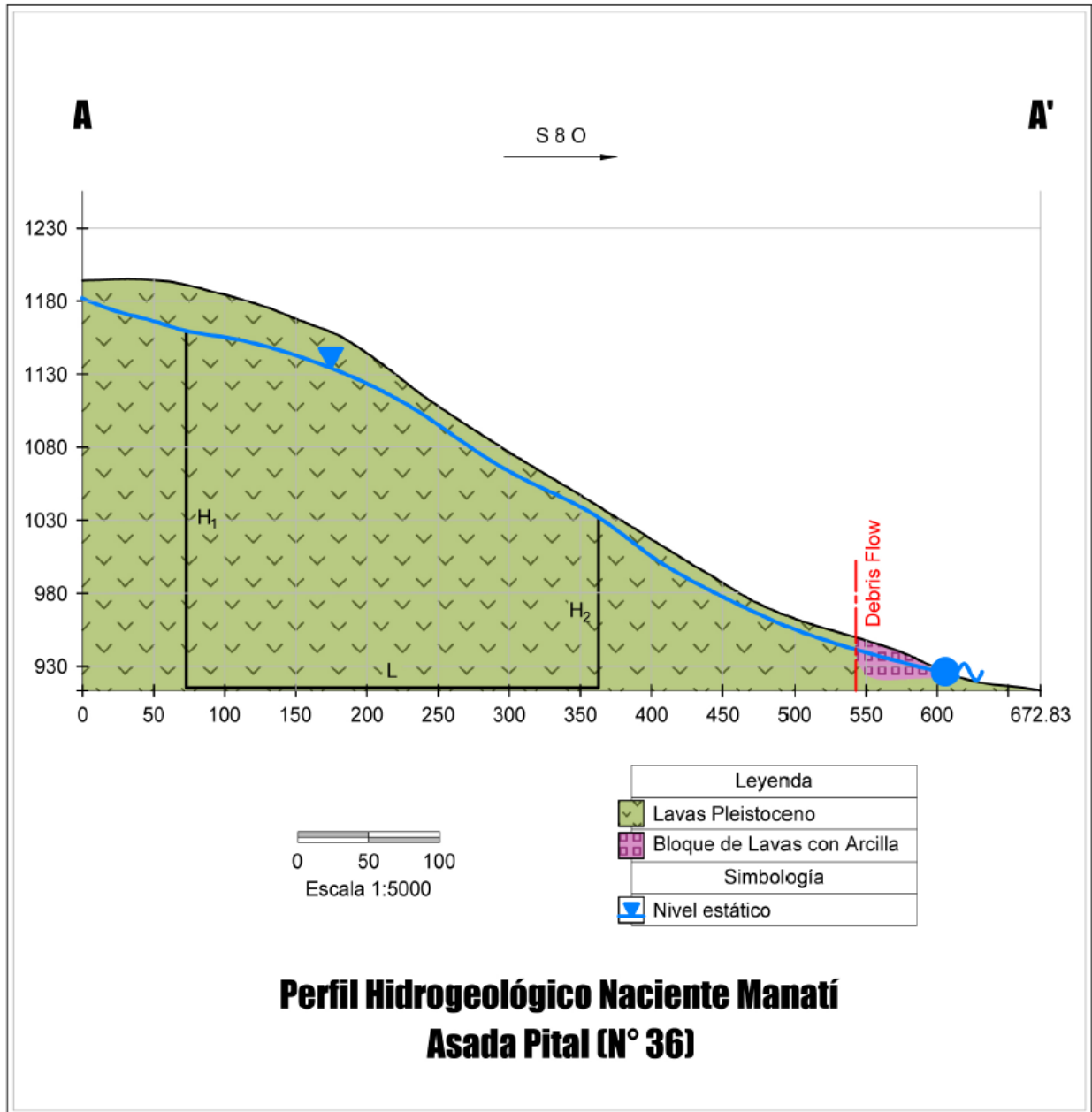





Figura 7. Perfil hidrogeológico de la zona de Pital

4 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DE LOS SUELOS

4.1 NACIENTE MANATI

Los resultados obtenidos de porosidad con el laboratorio del INTA y permeabilidad utilizando metodología Porchet en el campo para la naciente de la zona se presentan en el Cuadro 4, y Anexos 2 y 3. Las ubicaciones de las pruebas de permeabilidad que coinciden con los puntos de muestreo se presentan en el mapa de la Figura 8.

Cuadro 4. Resultados de permeabilidad (método Porchet)

PUNTO	MUESTRA	POROSIDAD (%)	PERMEABILIDAD (m/d)	ESTE (m)	NORTE (m)	FOTO
Manatí	#1 Nac Manatí	55,43	0,23	467837	1139602	
Manatí	#2 Nac Manatí	62,09	0,56	467825	1139577	
Manatí	#3 Nac Manatí	61,27	0,25	467884	1139575	

504114

504264

504414

504564



254157

254157

254007

254007

504114

504264

504414

504564



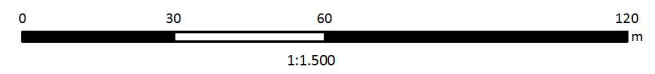
Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
 Subgerencia Ambiente, Investigación y Desarrollo
 UEN Gestión Ambiental del Recurso Hídrico
 Área Funcional de Hidrogeología

Pi-6

Figura 8. Ubicación de las Infiltraciones, Pital, San Carlos, Alajuela.

Simbología

- ▲ Infiltraciones
- Naciente
- ~ Ríos



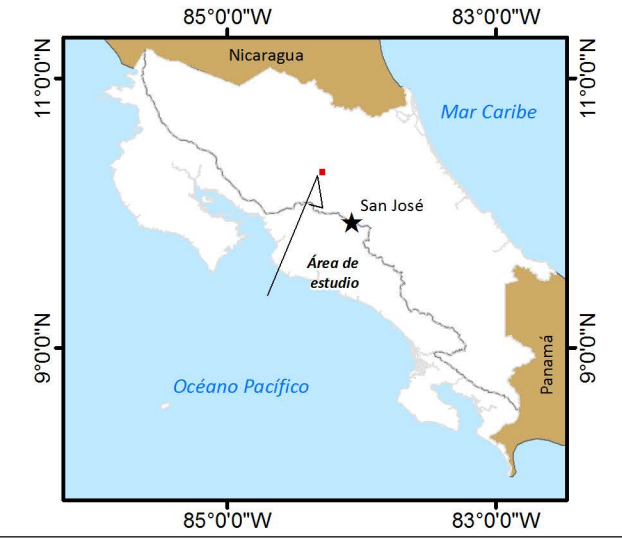
Sistema de Coordenadas Planas:
 Orotepeque CR 1935 Lambert Norte
 Fecha: Junio, 2016

Fuente de datos:
 Servicio WMS de ESRI, DigitalGlobe, 2012.
 Hidrografía y red vial: Restitución fotogramétrica del Programa de Regularización del Catastro y Registro, a partir de ortofotos Proyecto Carta 2005 - 2007. (1:5000)
 Infiltraciones, Nacientes: Hidrogeotecnia 2016 (1:5000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI

Elaborado por:

 HST
 HIDROGEOTECNIA Ltda.



5 MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEPTUAL

5.1 NACIENTE MANATI

En la zona de estudio se identifica un único acuífero de origen volcánico asociado a lavas basalto andesíticas, asociadas a Lavas del Pleistoceno. La naciente Manatí aflora debido a un debris flow local donde se observaron bloques de lavas englobados en arcilla color café claro, sin embargo, cabe aclarar que el acuífero como tal se asocia a las lavas del Pleistoceno.

La dirección de flujo de aguas subterráneas según Figura 6, es hacia el Noreste-Noroeste, siguiendo la topografía y gradiente hacia río Caño Grande, ubicado aguas debajo de la naciente Manatí. Según el perfil hidrogeológico realizado para naciente Manatí, el acuífero tiene un espesor promedio de 167 m en la zona de estudio, sin embargo, el espesor podría ser mayor. La transmisividad obtenida de acuerdo con reporte de perforación del pozo PO-1, siendo éste el pozo más cercano con datos hidráulicos, es de 24,56 m²/día. Dicho pozo está captando lavas andesíticas color gris con textura porfirítica, alteración hidrotermal y moderada permeabilidad aparente, asociado a la misma geología de la naciente en estudio. El nivel dinámico llega a 5,0 m de profundidad a un caudal de extracción de 2,75 l/s por un tiempo de bombeo continuo de 6 horas.

La gradiente hidráulica para la naciente Manatí es 0,4398, obtenida entre las isofreáticas a 1135 m.s.n.m. y 1007,5 m.s.n.m., del perfil hidrogeológico, Figura 7.

Los parámetros hidráulicos fueron obtenidos con base los datos obtenidos del perfil hidrogeológico, Figura 7 para la naciente, caudales registrados y geología de campo.

Durante la visita en el mes de mayo del año en curso, se realizó un aforo en la naciente Manatí, con un caudal reportado de 30 l/s. Los caudales fueron obtenidos con base en datos de la ASADA de Pital (Anexo 4) y se realizó un aforo durante visita al campo en mayo del año en curso. Dichos datos se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Caudales registrados por ASADA y calculado en campo.

Naciente	Caudal mínimo (medido por Hidrogetecnia, 2016) (L/s)	Caudal promedio (L/s)	Caudal reportado ASADA (L/s)
Manatí	30	36	42

La porosidad acuífera fue tomada de Custodio & Llamas (1984). La permeabilidad hidráulica se obtiene a partir de la ecuación (1) descrita a continuación:

$$(1) T = k \times b$$

Donde T: 24,56 m²/día (tomada de pozo PO-1)

b: 167m espesor promedio acuífero local, tomado del perfil hidrogeológico.

El Cuadro 6 incluye los parámetros hidráulicos del acuífero en el sector de la naciente Manatí.

Cuadro 6. Parámetros hidráulicos del acuífero, sector naciente Manatí, ASADA Pital

Nº de naciente	Porosidad acuífera (Custodio & Llamas, 1984) (%)	Condctividad zona saturada (m/d) ecuación T: k x b	Espesor saturado promedio (m)	Transmisivi- dad (m²/d) pozo PO-1
Manatí	15	0,1471	167	24,56

6 ZONAS DE PROTECCIÓN DE LAS NACIENTES

6.1 NACIENTE MANATI

Es importante aclarar que según las condiciones hidrogeológicas observadas, incluyendo verificación de geología aguas arriba y aguas abajo de la naciente, se tiene un comportamiento de acuífero tipo libre. Las líneas equipotenciales se tomaron a partir de la geología de campo observada en el campo así como la aplicación del metodología descrita por Davis & Wiest (1976) en función de los niveles base de los cauces (ríos o quebradas). Se utilizó dicha metodología ante la falta de pozos perforados registrados dentro de un radio de 2 km alrededor de la fuente.

El gradiente hidráulico para el análisis en la horizontal fue obtenido a partir del perfil hidrogeológico realizado, Figura 7 y el valor de transmisividad se obtuvo del pozo PO-1. El espesor saturado corresponde con la sección promedio de material que está saturada con aguas subterráneas en el perfil hidrogeológico elaborado.

Se tomaron además tres muestras de porosidad por naciente para ser analizadas en el laboratorio del INTA y se trabaja con el promedio de dichos valores.

Se realizaron además tres pruebas de infiltración en la naciente para determinar la permeabilidad de la zona no saturada, donde en dicho cuadro se muestra el valor promedio.

6.1.1 TIEMPO DE TRÁNSITO DE DEGRADACIÓN DE BACTERIAS

Para determinar el ancho de la zona de captura o zona de influencia, se utiliza la fórmula hidráulica de Darcy que estipula según ecuaciones 2 y 3.

$$(2) Q = T \times i \times L$$

$$(3) L = Q / T \times i$$

En el Cuadro 7, se resumen los datos hidráulicos para el cálculo de L para la naciente Manatí.

Cuadro 7. Resumen de los datos hidráulicos para el cálculo de L

Naciente	Transmisividad (m ² /d)	Gradiente hidráulica (adimensional)	Caudal (L/s)	Caudal (m ³ /día)	L (ancho del tubo de flujo) (m)
Manatí	24,56	0,4398	36	3 110,4	288,0

- Tránsito en la zona no saturada

Considerando que el tiempo de residencia máxima de bacterias patógenas para flujos fisurados es de 100 días, se calcula el tiempo de tránsito para la zona no saturada según ecuación (4) (Cuadro 8):

$$(4) t = (b \cdot \theta) / k$$

donde:

θ : es la porosidad media del obtenido en el laboratorio del INTA

K= es la permeabilidad de la zona no saturada y con base en las pruebas de Porchet realizadas para la naciente.

Cuadro 8. Resultados Tiempos de Tránsito zona no saturada

Naciente	Espesor (b) ZNS (m) sobre naciente Manatí	Porosidad INTA (fracción de %)	K Promedios de las pruebas de Porchet (m/d)	t (tiempo de tránsito vertical) días
Manatí	16,7	59,60	0,35	28,44

Como el tiempo tránsito para medios fisurados se ha estimado en 100 días (Lewis, Foster y Drassar, 1992 en Rodríguez, H, 1994), se observa que al hacer el cálculo para la zona no saturada (ZNS) y el tiempo de tránsito vertical el valor en días NO supera los 100 día para la degradación de las bacterias patógenas, por ese motivo, se calcula el tiempo de tránsito en la zona saturada (ZS) para eliminar las bacterias y conocer la zona de protección absoluta de cada naciente, tomando en cuenta la diferencia entre 100 menos los días obtenidos en la zona no saturada para cada una, que se presenta en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Diferencia entre los 100 días menos los obtenidos del cálculo de la ZNS

Naciente	Tiempo de tránsito obtenido de la ZNS (días)	Tiempo faltante para calcular en la ZS (días)
Manatí	28,43	71,56

La fórmula de Darcy establecida para este cálculo en la Zona Saturada (ZS) se muestra en ecuación (5):

$$(5) t = (d * \theta) / (k * i)$$

de la fórmula se despeja "d" :

El Cuadro 10 muestra los parámetros hidrogeológicos para determinación distancia de protección zona saturada

Cuadro 10. Parámetros hidrogeológicos para determinación zona protección zona saturada

Naciente	Tiempo faltante para calcular en la ZS (días)	Porosidad acuífera (Custodio & Llamas, 1984)	K Permeabilidad acuífera (m/d)	Gradiente del acuífero para naciente (adimensional)	Distancia de la zona de protección inmediata Método Bacterias (m)
Manatí	71,56	15	0,1471	0,4398	30,86

La distancia de la zona de protección para la naciente Manatí de Pital, tiene longitud de 30,86 m aguas arriba de la fuente, Cuadro 10.

6.1.2 METODO DEL RADIO FIJO

Para calcular el radio fijo de la naciente analizada, se utiliza la fórmula (6) que fue publicada en el diario oficial La Gaceta No. 147 del 31 de julio del 2012, tomando en cuenta la zona de captura con base en la ecuación analítica de Darcy, con el planteamiento de la ecuación (6):

$$(6) r = \sqrt{Q \times T / \pi \times n \times b}$$

donde:

Q= caudal de cada naciente en m³/d.

t= tiempo de vida bacterias zona al llegar a zona saturada (100 días medios fisurados)

n= porosidad de las rocas que albergan al acuífero

b= espesor saturado obtenido del perfil hidrogeológico

Cuadro 11. Resumen de datos y resultados Método Radio Fijo

Naciente	Caudal (m³/d)	Tiempo faltante para calcular en la ZS (días)	Porosidad zona saturada (%)	b Espesor saturado (m)	Distancia de la zona de protección inmediata Método Radio Fijo (m)
Manatí	3 110,4	71,56	15	167	53,20

6.1.3 MÉTODO DE GRUBB

Para utilizar el método de Grubb (1993), se aplica la siguiente fórmula:

$$(7) Y = Q L / (k(h_1^2 - h_2^2))$$

El Cuadro 12 muestra los resultados obtenidos para análisis de método Grubb.

Cuadro 12. Resultados por medio del Método Grubb.

Naciente	Caudal Promedio (m³/d)	L Longitud entre dos puntos de observación del NF (m)	K Conductividad hidráulica del acuífero (m/d)	h1 (m)	h2 (m)	Y (m)	2 Y (m)
Manatí	3 110,4	289,9	0,1471	244,4	116,77	132,94	265,88

- Punto de no retorno

Para determinar la zona del punto de no retorno ecuación (8) se analizan los parámetros incluidos según dicha ecuación, mostrados en cuadro 12.

$$(8) \text{ Punto No Retorno (estancamiento): } Q \times L / \pi \times k (h_1^2 - h_2^2)$$

En el Cuadro 13 se presenta el resumen de las zonas de protección obtenidos por diferentes métodos.

Cuadro 13. Cuadro resumen ASADA Pital

Fuente	Distancia zona saturada para 100 días	Ancho tubo flujo protección Darcy	Ancho (Grubb)	Punto No Retorno	Radio fijo	"X" Límite de zona de captura a divisoria aguas microcuenca
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
Manatí	30,86	288,0	132,94	42,31	53,20	507,9

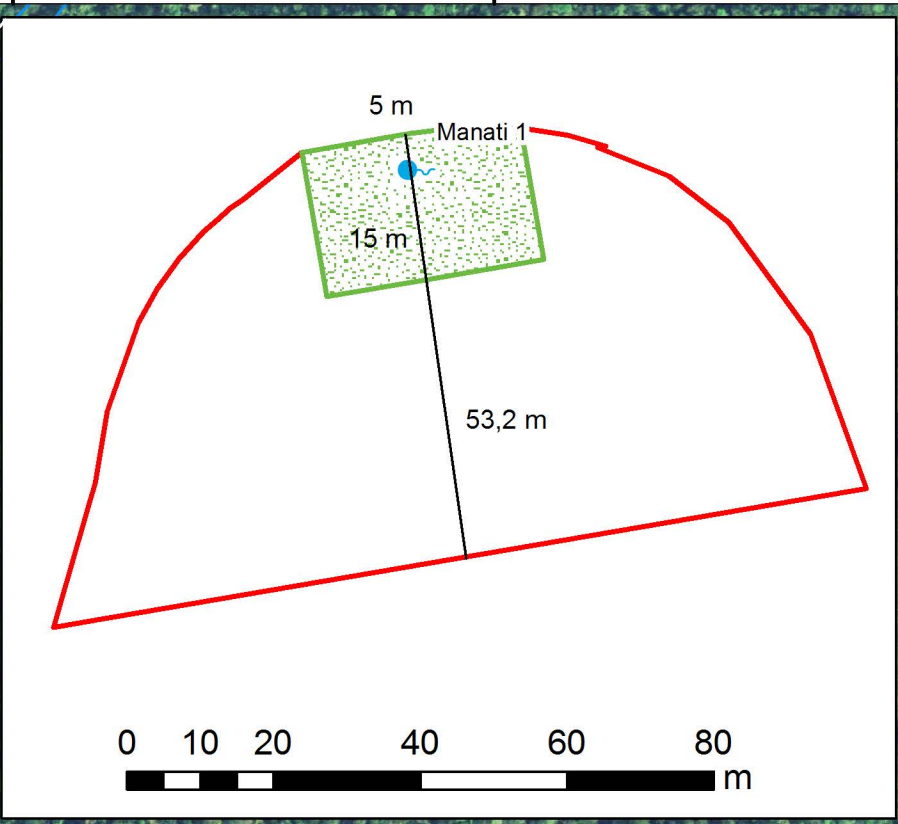
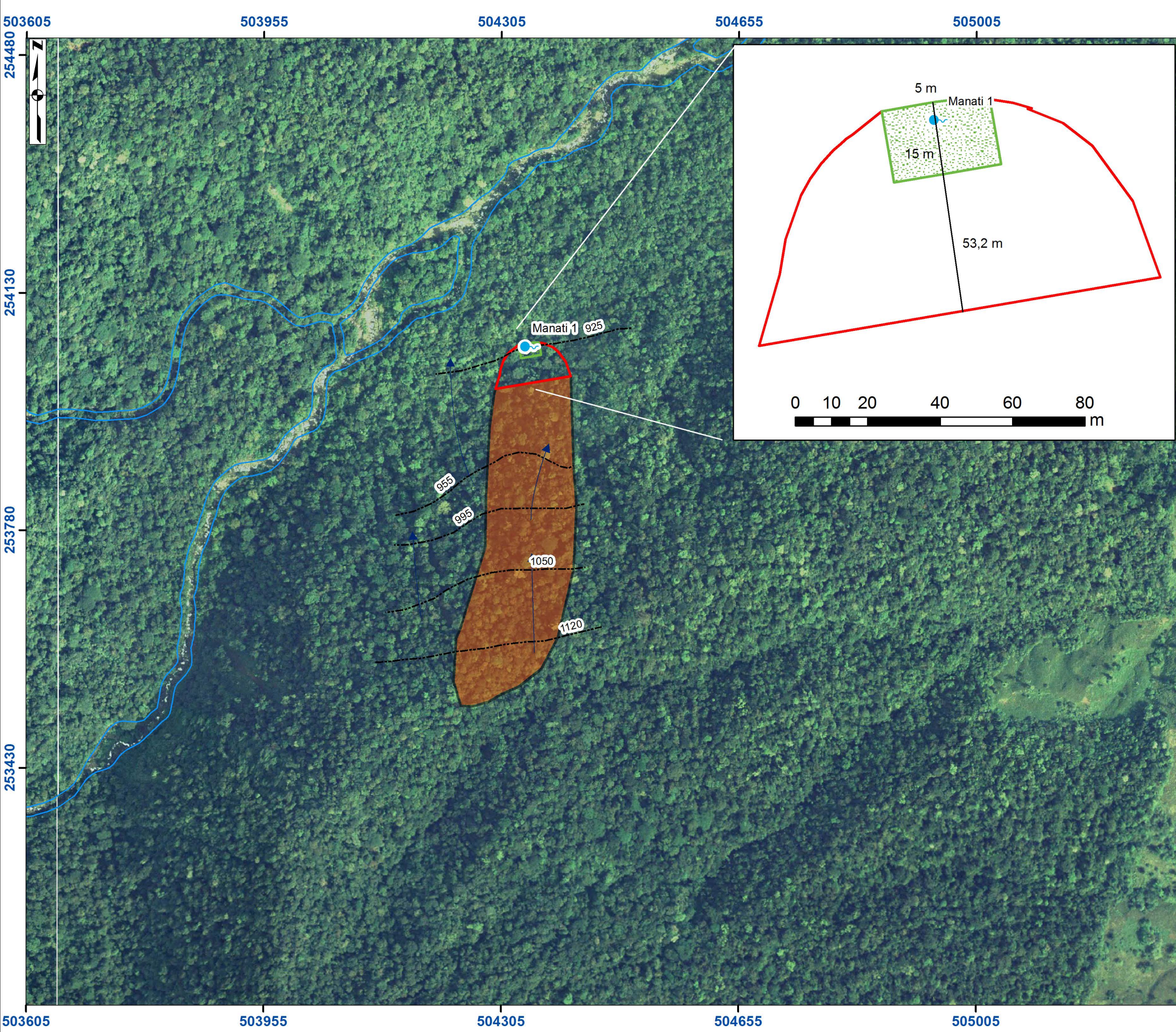
Se calculó el punto de no retorno para la naciente sin embargo, por criterio de experto y análisis de campo, se recomienda una zona de protección aguas abajo de la naciente de 5 m.

Para el caso de la naciente Manatí, la zona de protección absoluta se extiende 53,20 m aguas arriba, según criterio de radio fijo y criterio geomorfológico.

El ancho de cada tubo de flujo recomendado es el obtenido según criterio geomorfológico. La zona de protección (zona regulada) donde debe imperar el manejo integral del recurso hídrico donde se contemplen buenas prácticas ambientales, agrícolas y antrópicas; se extiende aguas arriba de la naciente con una distancia de 454,7 m, según el criterio hidrogeomorfológico hasta la divisoria de cada microcuenca, distancia correspondiente al límite de la zona de captura a divisoria de aguas para la microcuenca.

Con base en la geología de campo realizada se recomienda mantener un área bajo el brote de 5 m como medida de prevención, aunque las nacientes por su características no incluyen un punto de no retorno, sin embargo esta zona aguas abajo del brote es para protección absoluta (operacional) y 15 m a cada lado.

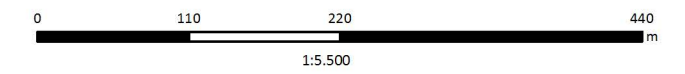
La Figura 9 y Figura 10 muestran la zona de protección para la fuente.



**Figura 9. Zonas de protección de la
naciente el Manatí.
Pital, San Carlos, Alajuela.**

Simbología

- Naciente
- Dirección de Flujo
- Equipotenciales
- Ríos
- Zonas de protección absoluta (Operacional)
- Zona de protección absoluta (Vulnerabilidad Alta)
- Zona de protección regulada

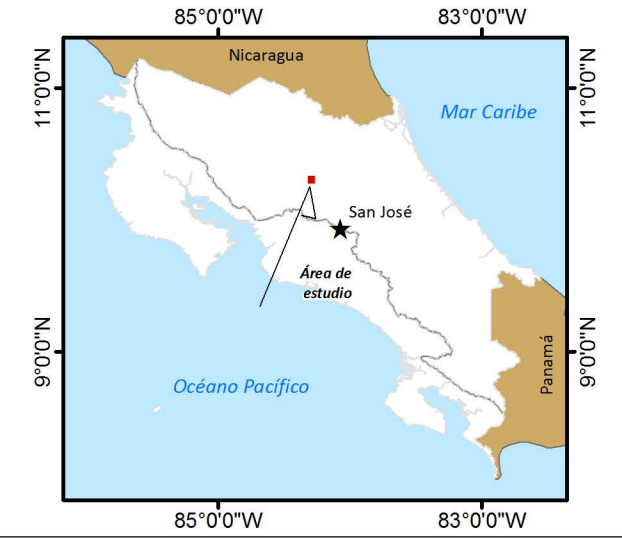


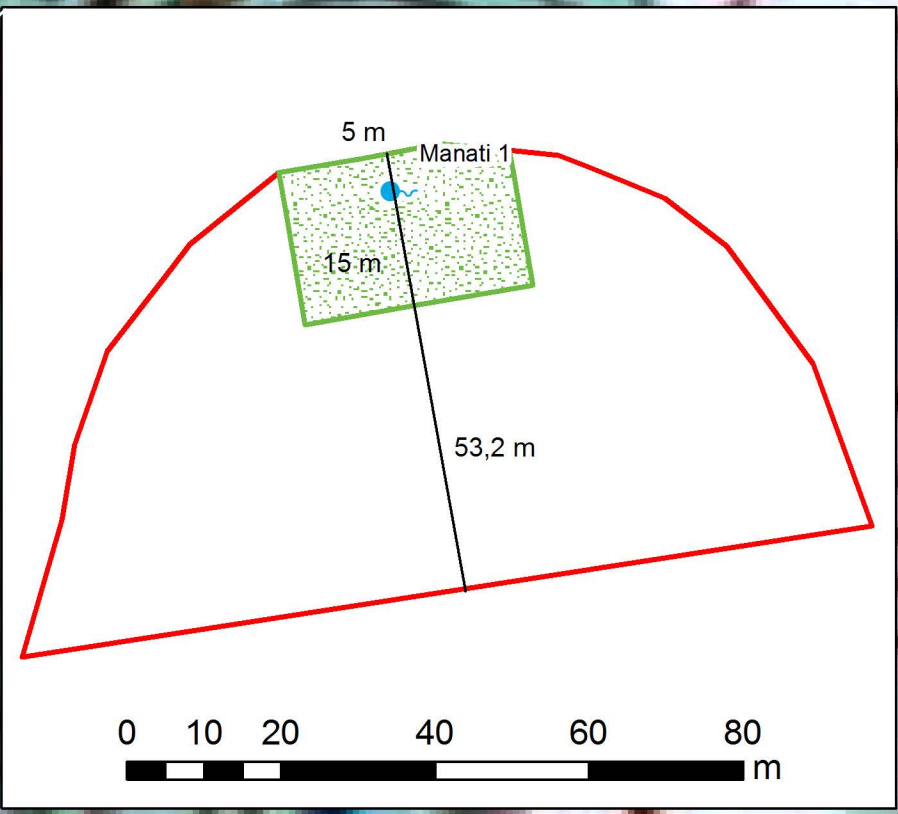
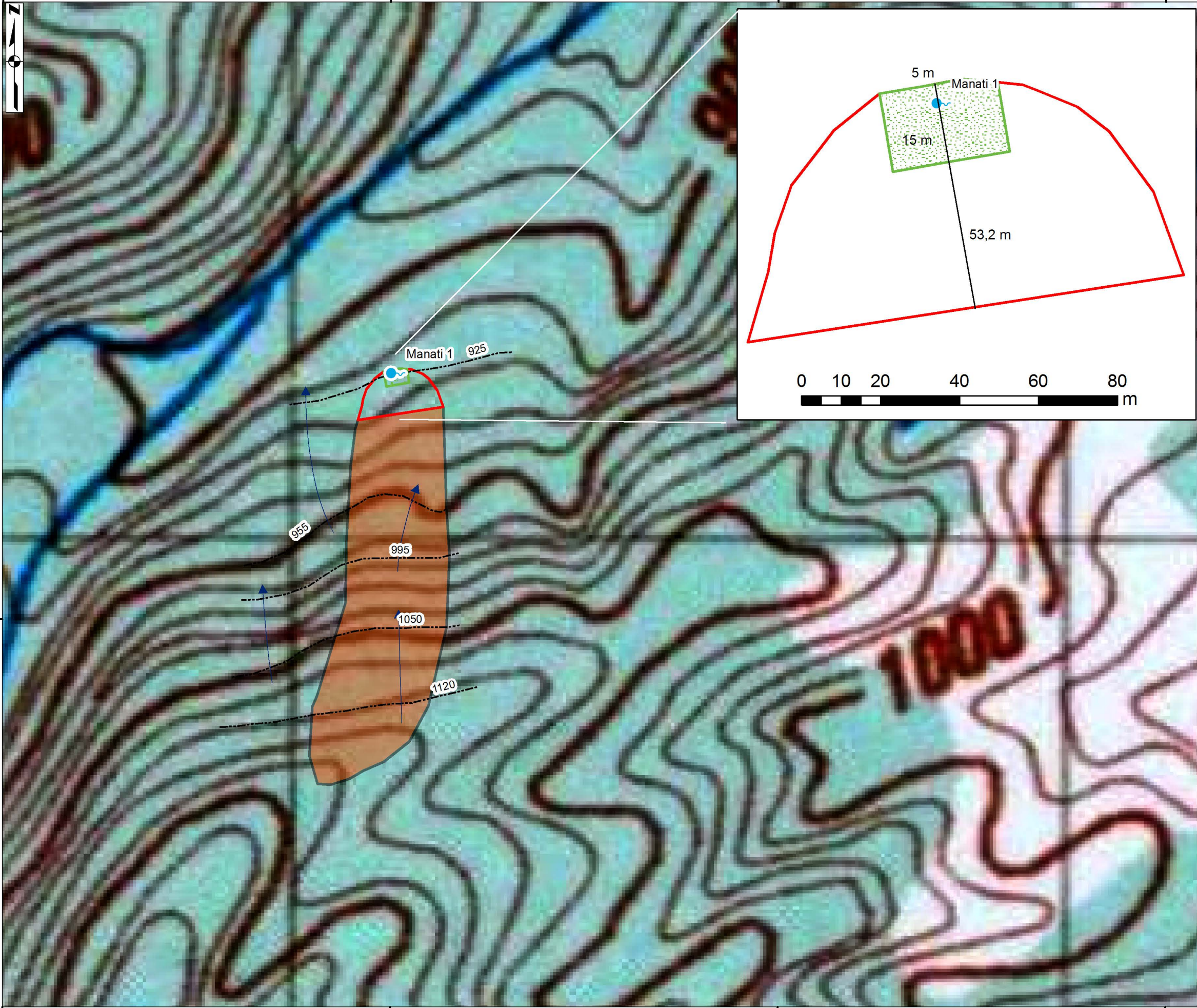
Sistema de Coordenadas Planas:
 Ocatepeque CR 1935 Lambert Norte
 Fecha: Junio, 2016

Fuente de datos:
 Servicio WMS de ESRI, DigitalGlobe, 2012.
 Zonas de protección, Equipotenciales,
 Perfil y Nacientes: Hidrogeotecnia 2016 (1:5000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI

Elaborado por:

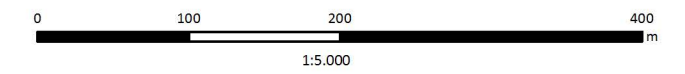




**Figura 10. Zonas de protección de la
 naciente el Manatí.
 Pital, San Carlos, Alajuela.**

Simbología

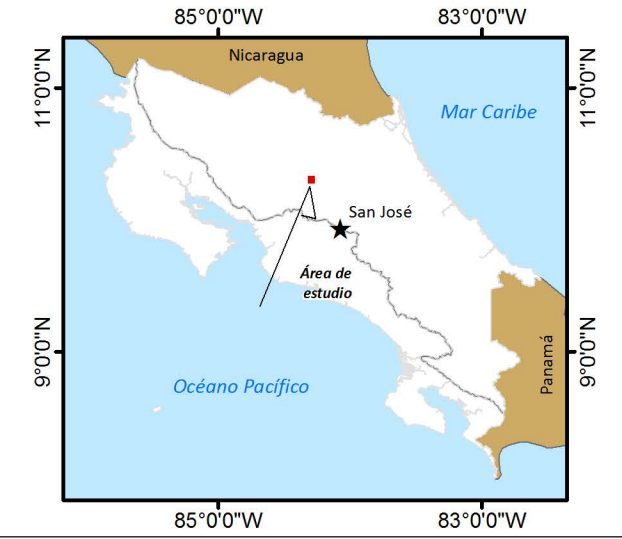
- Naciente
- Dirección de Flujo
- Equipotenciales
- Zonas de protección absoluta (Operacional)
- Zona de protección absoluta (Vulnerabilidad alta)
- Zona de protección regulada



Sistema de Coordenadas Planas:
 Ocatepeque CR 1935 Lambert Norte
 Fecha: Junio, 2016

Fuente de datos:
 Hoja Quesada: Instituto geográfico Nacional,
 1988. (1:50.000)
 Zonas de protección, Equipotenciales,
 Perfil y Nacientes: Hidrogeotecnia 2016 (1:5000)

Contratación AyA: 2016CDS-00018-PRI





7 CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y BACTERIOLÓGICA DE LAS FUENTES

En el Anexo 4 se adjuntan los resultados físico químicos y bacteriológicos aportados por la ASADA de Pital y elaborados por la Universidad Nacional, Escuela de Ciencias Ambientales – Laboratorio de Análisis Ambiental, Reporte de Resultados PRT-011-R-03, consecutivo AG-442-2012, con fecha del 1 de marzo del año 2010, donde se incluyen análisis bacteriológicos, pH, conductividad, turbiedad, arsénico, color y temperatura.

A partir de dichos resultados, se tiene una cantidad menor de 1,8 NMP/100 ml de E. Coli, un conteo de 4,5 NMP/100 mL para coliformes fecales y 2,0 NMP/100 mL de Coliformes Totales.

Los resultados obtenidos del análisis físico químico indican un pH de 6,99, conductividad de 64 ± 29 μ S/cm, turbiedad de $0,24 \pm 0,03$ Ntu. La cantidad de arsénico es menor a 3 μ g/l para una temperatura de 19,1 °C y el color del agua es incolora.

8 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD CON EL MÉTODO GOD

A continuación se presenta el análisis, para determinar su condición de vulnerabilidad siguiendo el método GOD (Figura 11).

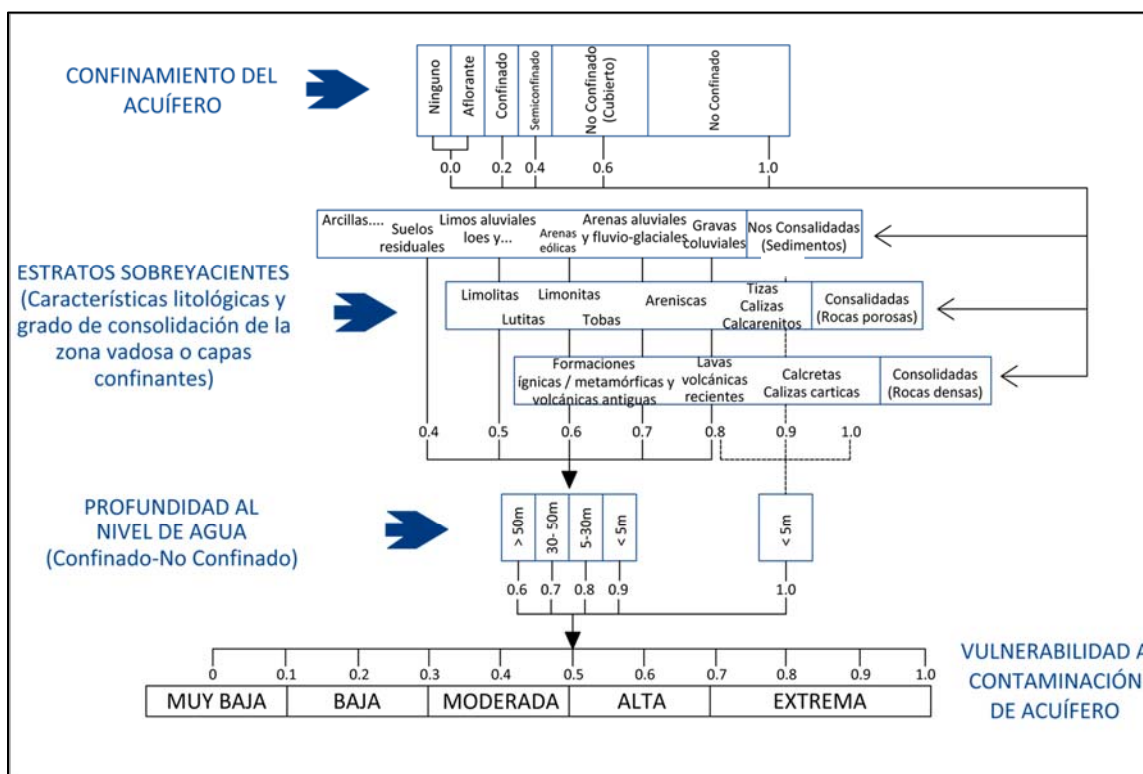


Figura 11. Diagrama determinación de vulnerabilidad acuífera
Fuente: Foster, et al, 2002.

8.1 ACUÍFERO VOLCÁNICO FISURADO

A partir de la Figura 11 se tiene la clasificación según metodología GOD para el acuífero donde aflora la naciente Manatí. Se tiene un grado de confinamiento de un acuífero libre no cubierto con un valor asignado de 1,0. De acuerdo con las características litológicas de la zona no saturada y dado que dicha zona está constituida por lavas, se le asigna un valor de 0,8. La profundidad promedio del nivel freático según perfil hidrogeológico realizado es de 16,7 m. Esto también se ve reflejado en la Figura 11.



Cuadro 14. Vulnerabilidad en la Naciente El Manatí.

Clasificación GOD	Descripción del factor	Valor asignado	Tipo de vulnerabilidad
Grado de confinamiento	Libre	1,0	Alta
Tipo de característica litológica de la zona no saturada	Lavas	0,8	
Profundidad del nivel freático (promedio cerca de la naciente)	16,7	0,8	
Evaluación de vulnerabilidad	0,64		



9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) En la zona de estudio donde se encuentra la naciente Manatí de la ADADA Pital, San Carlos, se encuentra un acuífero de origen volcánico asociado a la Formación Lavas del Pleistoceno.
- 2) El contacto geológico entre un debris flow y las lavas andesito basálticas del Pleistoceno dan origen a la naciente Manatí, según lo observado en el campo.
- 3) Las zonas de protección para la naciente Manatí se definieron con base en el caudal, parámetros hidráulicos obtenidos del perfil hidrogeológico y observación de geología de campo.
- 4) La naciente Manatí se encuentra dentro del Parque Nacional Juan Manuel Castro Blanco, por lo que existe suficiente cobertura boscosa para la protección de esta naciente.
- 5) De acuerdo con el análisis de zonas de protección, se tiene una zona de protección absoluta se extiende 53,20 m aguas arriba, según criterio de radio fijo y criterio geomorfológico, Figura 9 y Figura 10.

El ancho de cada tubo de flujo recomendado es el obtenido según criterio geomorfológico.

La zona de protección (zona regulada) donde debe imperar el manejo integral del recurso hídrico donde se contemplen buenas prácticas ambientales, agrícolas y antrópicas; se extiende aguas arriba de la naciente con una distancia de 454,7 m, según el criterio hidrogeomorfológico hasta la divisoria de cada microcuenca, distancia correspondiente al límite de la zona de captura a divisoria de aguas para la microcuenca.

- 6) Se calculó el punto de no retorno con un valor obtenido de 69,70 m para la naciente Manatí, sin embargo, por criterio de experto y análisis de campo, se recomienda una zona de protección aguas abajo de la naciente de 5 m.
- 7) Aunque la naciente Manatí se encuentra dentro de un Parque Nacional, se requiere una zona de protección absoluta (operacional), con un radio de 15 m alrededor de dicha naciente, a partir de normativa internacional asumida para este análisis y 5 m aguas abajo de la naciente.
- 8) La vulnerabilidad analizada a partir del método GOD, demuestra que la zona operacional y en la zona de protección inmediata de la naciente Manatí presenta una categoría de vulnerabilidad alta.



9) Se recomienda realizar análisis de calidad de aguas que incluyan aniones y cationes mayores así como mediciones de caudales por lo menos semestrales para monitorear el comportamiento de la naciente a lo largo del año hidrológico y verificar si se mantiene la disponibilidad hídrica en función de cantidad y calidad.

10) En la zona de protección absoluta y zona operacional de naciente; no se recomienda realizar actividades tipo agrícolas, pecuarias, ubicación de tanques sépticos, actividad industrial entre otros.

11) Se recomienda de sobremanera mantener la cobertura boscosa existente actualmente aguas arriba de la naciente Manatí.



10 REFERENCIAS

- Alvarado, G.E. & Gans, P.B, 2012: Síntesis geocronológica del magmatismo, metamorfismo y metalogenia de Costa Rica, América Central. – Revista Geológica de América Central, 46: 7-122.
- Alvarado, G.E., 2009: Los volcanes de Costa Rica. Geología, historia, riqueza natural y su gente. – Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, 333 págs.
- Alvarado, G.E. & Gans, P.B, 2012: Síntesis geocronológica del magmatismo, metamorfismo y metalogenia de Costa Rica, América Central. – Revista Geológica de América Central, 46: 7-122.
- Alvarado, G.E., Vega, E., Chaves, J. & Vázquez, M., 2004: Los grandes deslizamientos (volcánicos y no volcánicos) de tipo debris avalanche en Costa Rica. . – Revista Geológica de América Central, 30:83-99.
- ALVARADO, G.E. & CARR, M.J., 1993: The Platanar - Aguas Zarcas volcanic centers, Costa Rica: Spatial-temporal association of Quaternary calc-alkaline and alkaline volcanism. - Bull. Volcanol., 55: 443-453.
- DENYER, P. & ALVARADO, G.E., 2007: Mapa Geológico de Costa Rica.- Escala 1:400 000. Librería Francesa, San José, Costa Rica.
- DENYER, P., MONTERO, W. & ALVARADO, G.E., 2002: Atlas tectónico de Costa Rica. - Editorial UCR.



ANEXO N° 1

REPORTE PERFORACION POZO PO-1



Empresaria

Copia: SENARA.

-1-

<p>REPORTE FINAL DE PERFORACIÓN POZO N°: PO-01.</p>		<p>Empresa perforadora: CORPORACIÓN DE PERFORACIONES SPRING WATER, S.A. Telefax: 442-0458. Celular: 363-3032.</p>											
<p>Permiso de perforación IMN-DA-0507-2007.</p>	<p>BITACORA N°: 3708-07. Colegio de Geólogos</p>	<p>UBICACIÓN CARTOGRÁFICA</p>											
<p>Ubicado en: Marsella, Venecia de San Carlos, Alajuela.</p>													
<p>Croquis del pozo con relación al terreno:</p>		<p>Area Aguas Subterranas 28 AGO. 2007 RECIBIDO INGENIEROS Y DE ARQUITECTOS DE C. E. 86 MAR 1998 JOSE EL AYTIADO ARATA</p>											
<p>DEPARTAMENTO DE AGUAS MINAE 28 AGO 2007 RECIBIDO</p>		<p>Latitud: 255.935 Norte. Longitud: 509.522 Este Hoja: Poás (3346-I). Escala 1: 50.000 del IGN.</p>											
<p>RECREO VERDE DE MARSELLA, S.A. Cédula jurídica: 3-101-217475. Teléfonos: 472-2270, 4721610. Fax: 472-1611.</p>													
<p>Usos que se dará al agua: Turísticos.</p>	<p>Método de perforación usado: Rotopercusión con aire.</p>	<p>Equipo de perforación: Ingersoll Rand T-4.</p>											
<p>Inicio de la perforación: 23 de mayo del 2007.</p>	<p>Final de la perforación: 26 de mayo del 2007.</p>	<p>Profundidad total: 10 metros.</p>											
<p>VARIACIÓN DEL NIVEL DEL AGUA Y AVANCE DE LA PERFORACIÓN.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Profundidad (m).</th> <th>Nivel del agua (m).</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>El agua termal apareció a 2 metros de profundidad, subió a la superficie y sale directamente por la boca del pozo sin ayuda de una bomba.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Profundidad (m).	Nivel del agua (m).	El agua termal apareció a 2 metros de profundidad, subió a la superficie y sale directamente por la boca del pozo sin ayuda de una bomba.		<p>DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tramo</th> <th>Rocas cortadas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>▪ Toba (0 3 m):</td> <td>De coloración amarillenta, granulometría fina y abundantes restos fósiles de hojas de plantas. Alterada hidrotermalmente y con baja permeabilidad aparente.</td> </tr> <tr> <td>▪ Lava (3-10 m):</td> <td>Andesítica, color gris, textura ligeramente porfírica, con alteración hidrotermal, algo fracturada y con moderada permeabilidad aparente.</td> </tr> </tbody> </table>		Tramo	Rocas cortadas	▪ Toba (0 3 m):	De coloración amarillenta, granulometría fina y abundantes restos fósiles de hojas de plantas. Alterada hidrotermalmente y con baja permeabilidad aparente.	▪ Lava (3-10 m):	Andesítica, color gris, textura ligeramente porfírica, con alteración hidrotermal, algo fracturada y con moderada permeabilidad aparente.
Profundidad (m).	Nivel del agua (m).												
El agua termal apareció a 2 metros de profundidad, subió a la superficie y sale directamente por la boca del pozo sin ayuda de una bomba.													
Tramo	Rocas cortadas												
▪ Toba (0 3 m):	De coloración amarillenta, granulometría fina y abundantes restos fósiles de hojas de plantas. Alterada hidrotermalmente y con baja permeabilidad aparente.												
▪ Lava (3-10 m):	Andesítica, color gris, textura ligeramente porfírica, con alteración hidrotermal, algo fracturada y con moderada permeabilidad aparente.												
<p>CONDICIONES HIDROGEOLOGICAS ENCONTRADAS</p> <p>La perforación cortó materiales volcánicos parcialmente alterados hidrotermalmente. El agua producida tiene una temperatura de alrededor de 41°C y una concentración anómala de minerales, por lo que se usará con fines turísticos en piscinas del proyecto.</p>													

Per
40



CROQUIS DEL ARMADO POZO N°: PO-01.			
PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	DETALLES CONSTRUCTIVOS	OTROS DETALLES
<p>Profundidad (m).</p> <p>0,5</p> <p>2,5</p> <p>5,0</p> <p>7,5</p> <p>10,0</p> <p>Boca del Pozo</p> <p>Nivel del suelo (0 m).</p> <p>NE: 0 m</p> <p>Sello sanitario de 0-2 m (alcantarillas de concreto).</p> <p>Espacio anular vacío de 0-10 m (sin filtro de grava).</p> <p>ND: 5 m</p> <p>Agujero de la perforación en 12 pulgadas de diámetro (2-10 m).</p> <p>Agujero de la perforación sin tubería de encamisado (2-10 m).</p> <p>LITOLOGIA</p> <p>□ : Toba fina amarill. ■ : Lava andesítica alterada.</p>			<p>SELLO SANITARIO Tipo: No se instaló. Profundidad: 0 m.</p> <p>FILTRO DE GRAVA Tipo: Sin filtro. Tramo: 0 m.</p> <p>DESARROLLO Y LIMPIEZA Tipo: Con aire y espumante. Duración: 1 hora continua.</p> <p>DESINFECCIÓN No se realizó.</p> <p>CALIDAD DEL AGUA Termal con una temperatura de 41°C. (Ver análisis).</p> <p>LODOS /ADITIVOS USADOS Espumante biodegradable.</p> <p>PRUEBA DE BOMBEO Fecha: 25 de mayo del 2007. Bomba.: Sumergible de 1 HP. Prof. de la bomba: 9 m. Duración: 6 horas continuas. Caudal extraído: 2,75 l/s. Nivel inicial (NE): 0 m. Nivel final (ND): 5 m. Abatimiento: 5 m. ¿Estabilizado?: Si. Tiempo recuper.: 35 minutos. Recuperación: 85 %. Transmisibilidad (m²/d): 24,56. Capac. espec. (lps/m): 0,55.</p>

RECOMENDACIONES SOBRE LA EXPLOTACIÓN
<p>EQUIPO DE BOMBEO A INSTALAR Bomba: <u>Sumergible</u>. Capacidad: <u>≤ 1 HP</u>. Profundidad: <u>9 metros</u>. Motor: <u>Eléctrico ≤ 1 HP</u>. Cable: <u>N° 12</u>. Tubería de descarga: <u>1^{1/4} pulg.</u> Electrodo (encendido/apagado): <u>Según requerim. agua</u>.</p>
<p>REGIMEN DE EXPLOTACIÓN Caudal a extraer (l/s): <u>≤ 2</u>. Horas diarias: <u>Las necesarias</u>. Nivel máximo bombeo: <u>Controlado con electr.</u></p>
<p>CONCESIÓN DE APROVECHAMIENTO De conformidad con la Ley de Aguas #276, el propietario del pozo deberá solicitar la respectiva Concesión de Aprovechamiento de Aguas, ante el Departamento de Aguas del MINAE. Teléfono: 281-2020. Fax: 283-7140.</p>

<p>Geólogo supervisor: José Daniel Quesada Brenes Credencial: 132 del CGCR.</p> <p>Firma: _____</p> <p>Fecha: 15/08/07.</p>		<p>Representante empresa perforadora: Francisco Argiello Rodríguez Cédula: 2-234-375.</p> <p>Firma: _____</p> <p>Fecha: 15/08/07.</p>
--	--	--

**CORPORACION DE PERFORACIONES SPRING WATER, S.A.
 REPORTE DE PRUEBA DE BOMBEO**

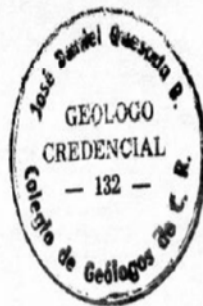
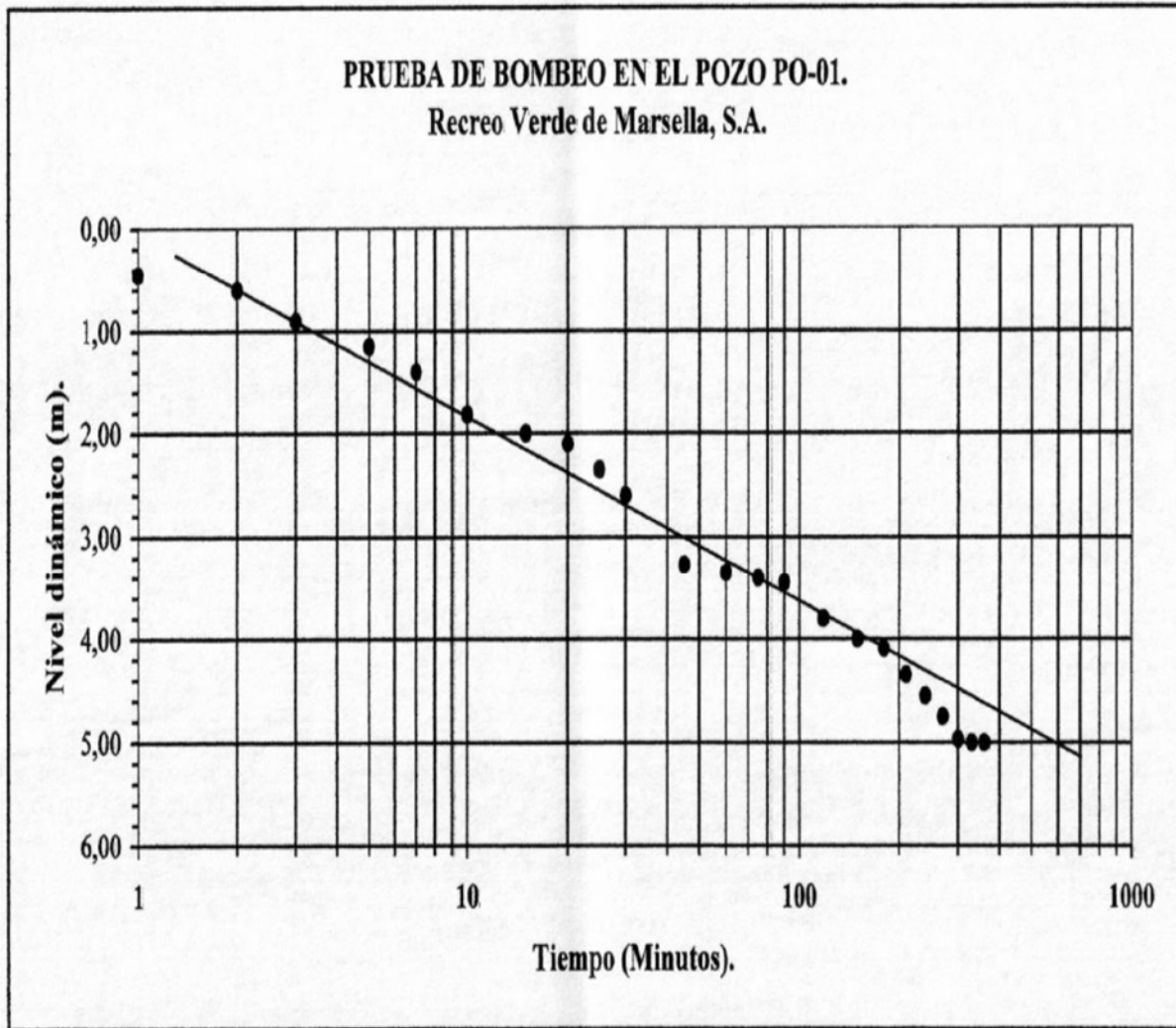
Pozo N°: PO-01. Propietario: Recreo Verde de Marsella, S.A. Lugar: Marsella, Venecia de San Carlos, Alajuela. Profundidad del pozo: 10 m.	Equipo de bombeo: Bomba sumergible de 1 HP. Profundidad de la bomba: 9 m. Nivel estático: 0 m. Fecha: 25-05-07.
--	--

HORAS DE PRUEBA.	TIEMPO (Minutos).	ABATIMIENTO			CAUDAL (l/s).	OBSERVACIONES
		Nivel dinámico (m).	Incremento (m).	Acumulado (m).		
0,00	0	0,00	0,00	0,00		
	1	0,45	0,45	0,45		
	2	0,60	0,15	0,60		
	3	0,90	0,30	0,90		
	5	1,15	0,25	1,15	2,75	Agua termal (41°C).
	7	1,40	0,25	1,40		
	10	1,82	0,42	1,82		
	15	2,00	0,18	2,00		
	20	2,10	0,10	2,10		
	25	2,35	0,25	2,35	2,75	
0,50	30	2,60	0,25	2,60		
	45	3,27	0,67	3,27		
1,00	60	3,35	0,08	3,35	2,75	Agua termal (41°C).
	75	3,40	0,05	3,40		
	90	3,45	0,05	3,45		
2,00	120	3,80	0,35	3,80	2,75	Agua termal (41°C).
	150	4,00	0,20	4,00		
3,00	180	4,09	0,09	4,09	2,75	
	210	4,35	0,26	4,35		
4,00	240	4,55	0,20	4,55	2,75	Agua termal (41°C).
	270	4,75	0,20	4,75		
5,00	300	4,97	0,22	4,97	2,75	
	330	5,00	0,03	5,00		
6,00	360	5,00	0,00	5,00	2,75	Agua termal (41°C).

Nota: Todos los valores están referidos al nivel del suelo.

Prueba realizada por: Geól. José Daniel Quesada B.





$ds = 1,8 \text{ m.}$

$Q = 2,75 \text{ l/s (237,6 m}^3\text{/d)}$

$T = 0,183 \times Q/ds = (0,183 \times 237,6)/1,8 = 24,56 \text{ m}^2\text{/d.}$

$T = 24,56 \text{ m}^2\text{/d.}$

Realizado por: Geól. José Daniel Quesada B.



Tels.: 286-1168 / 226-4462 • Fax: (506) 226-4462 • Apartado 877-1011 San José, Costa Rica
e-mail: lambda@racs.co.cr

RESULTADO DE ANALISIS # 161,625

---RESULTADO DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO---

FECHA: 10 DE AGOSTO DEL 2007.

SOLICITANTE: RECREO VERDE.

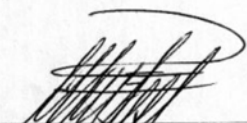
ATENCIÓN: Sr. JOSE DANIEL QUESADA.

REFERENCIA: MUESTRA DE AGUA TERMAL POZO PO-01. RECIBIDA POR EL LABORATORIO QUÍMICO LAMBDA EL DÍA 8 DE AGOSTO DEL 2007.

MUESTRA	COLIFORMES TOTALES (N.M.P/dL)	COLIFORMES FECALES (N.M.P/dL)	RECuento DE ESCHERICHIA COLI (N.M.P/dL)
AGUA TERMAL POZO PO-01	< 1	< 1	< 1

OBSERVACIONES:

- **N.M.P:** NUMERO MAS PROBABLE.
- **MÉTODOS UTILIZADOS:** LAMBDA PT- 14 Determinación de coliformes totales, coliformes termotolerantes y E. coli en aguas potables y residuales, (no detectable para MUG negativos en termotolerantes), MÉTODO VALIDADO EN LABORATORIO LAMBDA.
- **MÉTODOS DE REFERENCIA:** STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 21ST EDITION, 2005: 9020B(3), 9020B(8), 9020B(9), 9223A, 9223B.
- **DE ACUERDO CON LA TÉCNICA ANALÍTICA EMPLEADA PARA EL ANÁLISIS DE POTABILIDAD, LA EXPRESIÓN NMP < 1/ dL (100 mL) EN LA MUESTRA ANALIZADA INDICA QUE NO EXISTEN COLIFORMES, POR LO TANTO SE CONSIDERA CON COLIFORMES IGUAL A CERO Y MICROBIOLÓGICAMENTE POTABLE SEGUN DECRETO EJECUTIVO 32327-S.**
- **CODIGO LAMBDA:** 7348E.


 Dr. MARIO LIZANO QUESADA
 COD. 1140

NOTA:

Refiérase al número de este resultado para cualquier consulta.



Tels.: 286-1168 / 226-4462 • Fax: (506) 226-4462 • Apartado 877-1011 San José, Costa Rica
e-mail: lambda@racsa.co.cr

RESULTADO DE ANALISIS # 161,642

---RESULTADO DE ANALISIS QUIMICO---

FECHA: 11 DE AGOSTO DEL 2007.

SOLICITANTE: RECREO VERDE.

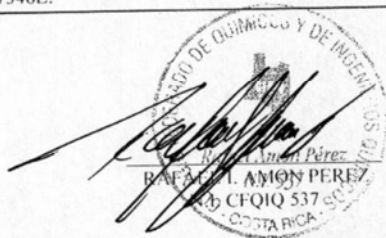
ATENCION: Sr. JOSE DANIEL QUESADA.

REFERENCIA: MUESTRA DE AGUA TERMAL POZO PO-01. RECIBIDA POR EL LABORATORIO QUIMICO LAMBDA EL DIA 8 DE AGOSTO DEL 2007.

<u>ANALISIS:</u>	<u>RESULTADO PROMEDIO</u>
pH.....	6,41
TURBIDEZ.....	12,2 NTU
COLOR (Pt/ Co).....	12,7
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA.....	5,48 mS/cm.
SOLIDOS TOTALES.....	3822 mg/L.(ppm)
SOLIDOS DISUELTOS.....	3730 mg/L. (ppm)
SOLIDOS SUSPENDIDOS.....	92 mg/L. (ppm)
ALCALINIDAD PARCIAL (FF expresado como CaCO ₃).....	< 1 mg/L. (ppm)
ALCALINIDAD TOTAL (AM expresado como CaCO ₃).....	2066 mg/L. (ppm)
DUREZA TOTAL (expresado como CaCO ₃).....	2323 mg/L. (ppm)
DUREZA DE CARBONATOS (expresado como CaCO ₃).....	2066 mg/L. (ppm)
DUREZA DE NO-CARBONATOS (expresado como CaCO ₃).....	257 mg/L. (ppm)
CALCIO (Ca).....	491,9 mg/L. (ppm)
MAGNESIO (Mg).....	265,6 mg/L. (ppm)
CLORUROS (Cl).....	468,3 mg/L. (ppm)
SULFATOS (SO ₄).....	635,5 mg/L. (ppm)
SILICE (SiO ₂).....	158,2 mg/L. (ppm)
AMONIO (NH ₄).....	0,30 mg/L. (ppm)
HIERRO (Fe).....	2,40 mg/L. (ppm)

OBSERVACIONES:

- VER DETALLES DE LAS REFERENCIAS DE LOS METODOS DE ENSAYO EN EL ALCANCE DE ACREDITACION DEL LABORATORIO EN LA DIRECCION ELECTRONICA: WWW.ECA.CO.CR.
- PROCEDIMIENTOS UNICAMENTE DE REFERENCIA LOS UTILIZADOS EN EL STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 21st. 2005.
- EL AGUA SE CATALOGA DE DUREZA MUY ALTA. VER LOS PARAMETROS SEGÚN LAS NORMAS Aya Y EPA ANOTADOS EN EL REVERSO.
- CODIGO LAMBDA: 7348E.


 AMÓN PÉREZ
 INGENIERO QUÍMICO Y DE INGENIEROS
 C.F.Q.I.Q. 537
 COSTA RICA

NOTA: Refiérase al número de este resultado para cualquier consulta.

LAMBDA R-04



ANEXO N° 2

RESULTADOS LABORATORIO DEL

INTA, MAG

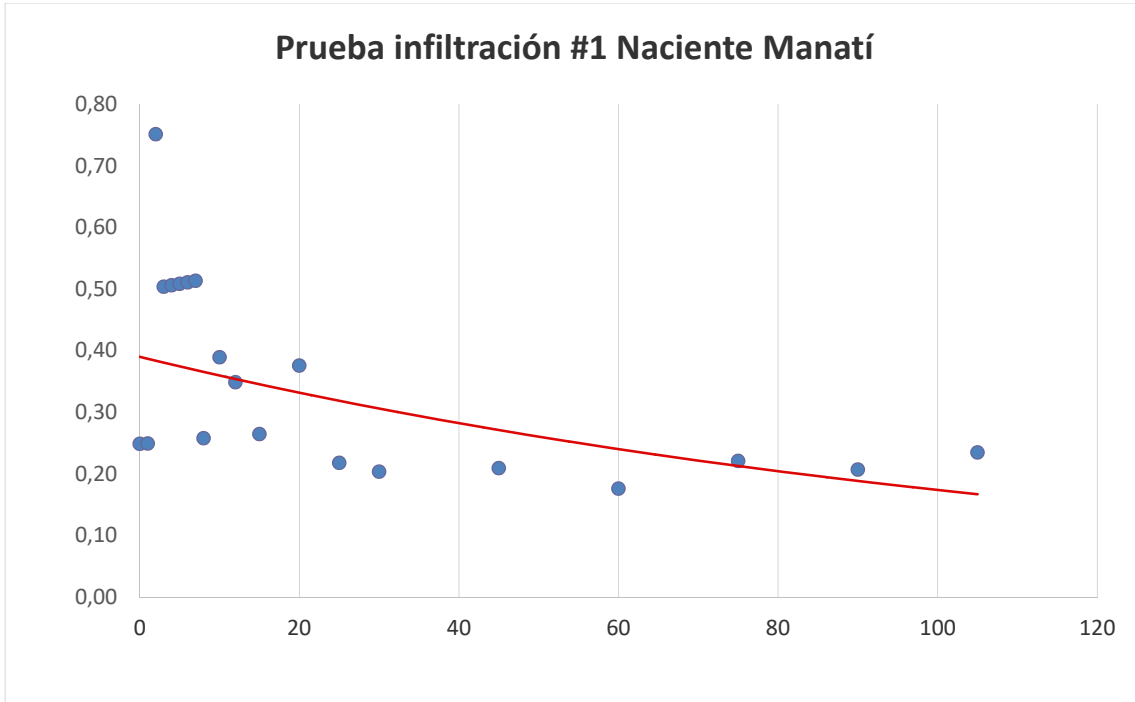


ANEXO N° 3

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD

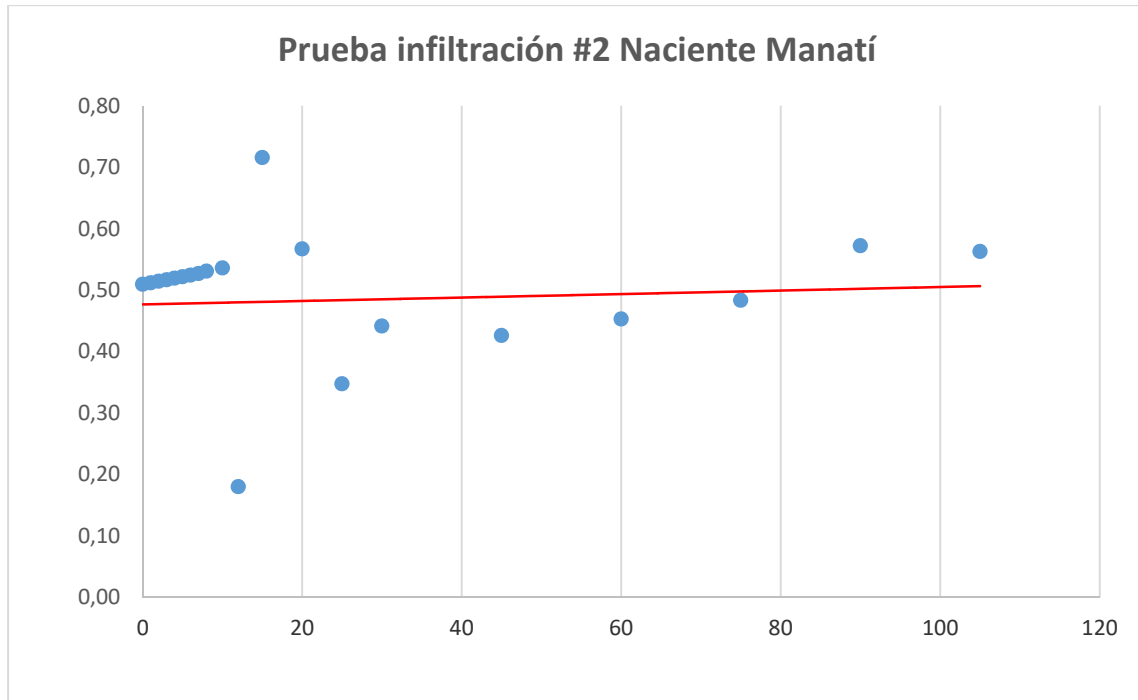


PRUEBA DE PORCHET			
Tipo aprovechamiento: Naciente		Fecha: 24/5/2016	
No: #1 Manatí		Hora: 10:00 horas	
Ubicación: ASADA Pital			
Coordenadas: 467.837 / 1.139.602			
TIEMPO	LECTURA	K	K
(min)	(cm)	(cm/min)	(m/día)
0	36,00		
1	35,90	0,02	0,25
2	35,80	0,02	0,25
3	35,50	0,05	0,75
4	35,30	0,03	0,50
5	35,10	0,04	0,51
6	34,90	0,04	0,51
7	34,70	0,04	0,51
8	34,50	0,04	0,51
10	34,30	0,02	0,26
12	34,00	0,03	0,39
15	33,60	0,02	0,35
20	33,10	0,02	0,26
25	32,40	0,03	0,38
30	32,00	0,02	0,22
45	30,90	0,01	0,20
60	29,80	0,01	0,21
75	28,90	0,01	0,18
90	27,80	0,02	0,22
105	26,80	0,01	0,21
120	25,70	0,02	0,23
Radio de excavación =		15 cm	



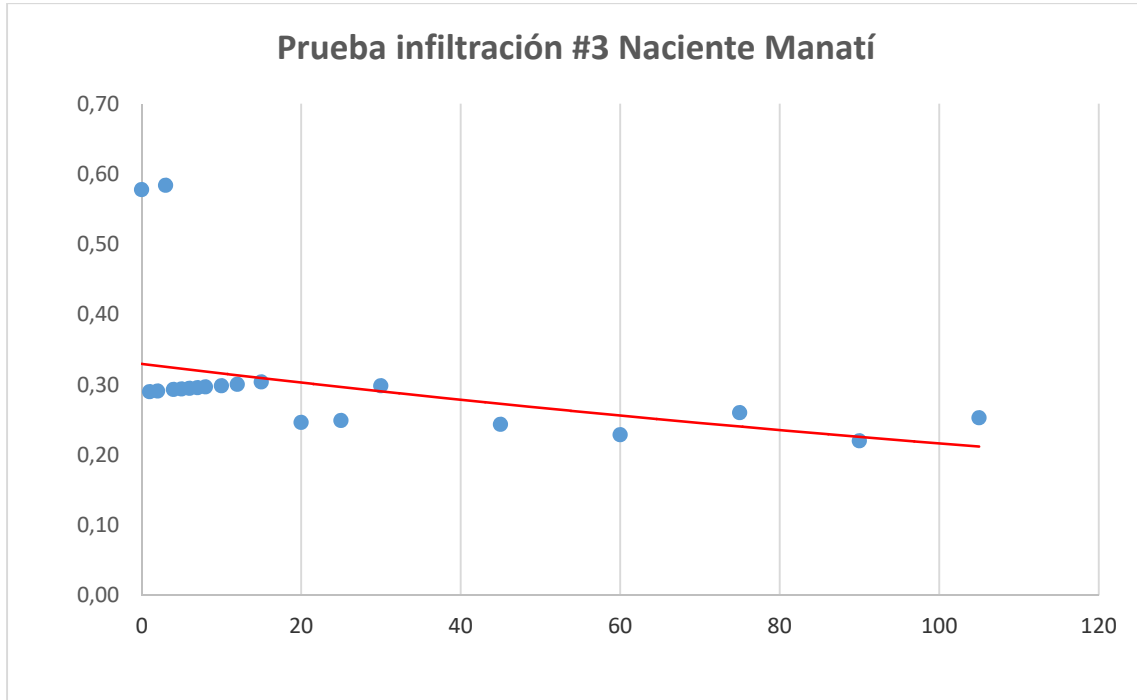


PRUEBA DE PORCHET			
Tipo aprovechamiento: Naciente		Fecha: 24/5/2016	
No: #2 Manatí		Hora: 10:20 horas	
Ubicación: ASADA Pital			
Coordenadas: 467.825 / 1.139.577			
TIEMPO	LECTURA	K	K
(min)	(cm)	(cm/min)	(m/día)
0	35,00		
1	34,80	0,04	0,51
2	34,60	0,04	0,51
3	34,40	0,04	0,51
4	34,20	0,04	0,52
5	34,00	0,04	0,52
6	33,80	0,04	0,52
7	33,60	0,04	0,52
8	33,40	0,04	0,53
10	33,00	0,04	0,53
12	32,60	0,04	0,54
15	32,40	0,01	0,18
20	31,10	0,05	0,72
25	30,10	0,04	0,57
30	29,50	0,02	0,35
45	27,30	0,03	0,44
60	25,30	0,03	0,43
75	23,30	0,03	0,45
90	21,30	0,03	0,48
105	19,10	0,04	0,57
120	17,10	0,04	0,56
Radio de excavación =		15 cm	





PRUEBA DE PORCHET			
Tipo aprovechamiento: Naciente		Fecha: 24/5/2016	
No: #3 Manatí		Hora: 10:25 horas	
Ubicación: ASADA Pital			
Coordenadas: 467.884 / 1.139.575			
TIEMPO	LECTURA	K	K
(min)	(cm)	(cm/min)	(m/día)
0	30,00		
1	29,80	0,04	0,58
2	29,70	0,02	0,29
3	29,60	0,02	0,29
4	29,40	0,04	0,58
5	29,30	0,02	0,29
6	29,20	0,02	0,29
7	29,10	0,02	0,29
8	29,00	0,02	0,30
10	28,80	0,02	0,30
12	28,60	0,02	0,30
15	28,30	0,02	0,30
20	27,80	0,02	0,30
25	27,40	0,02	0,25
30	27,00	0,02	0,25
45	25,60	0,02	0,30
60	24,50	0,02	0,24
75	23,50	0,02	0,23
90	22,40	0,02	0,26
105	21,50	0,02	0,22
120	20,50	0,02	0,25
Radio de excavación =		15 cm	





ANEXO N° 4

REPORTE DE AFOROS



De: asadapital@ice.co.cr [<mailto:asadapital@ice.co.cr>] **Enviado el:** jueves 2 de junio de 2016 12:16 p.m. **Para:** jsuarez@hidrogeotecnia.com **Asunto:** Análisis de agua Asada Pital

Buenas tardes, adjunto copia de los análisis de agua que se le realizaron a la naciente Manatí ubicada en el parque nacional Juan Castro Blanco, con respecto al caudal de la naciente se logró aforar un total de 6 naciente produciendo 42 l/s, nos queda pendiente realizar el aforo de dos más debido a que no se pudo realizar todo en un mismo día.



Nerwin Nájera
Administrador
Asada Pital

24783-3938



ANEXO N° 5

RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS Y BACTERIOLÓGICOS

	UNIVERSIDAD NACIONAL ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL	
PRT-011 R-03 REPORTE DE RESULTADOS		Página 2 de 5
Fecha de implementación: 01/03/2010	Versión: 004	Consecutivo:AG-442-2012

Fecha de emisión del reporte de resultados:
04 de diciembre de 2012.

Métodos de análisis ejecutados:

***PMA 010 Valor de pH, método modificado basado en:** Método 4500-H⁺ B "pH Value, Electrometric Method", en "Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater", American Public Health Association, USA, Washington, DC, 21th Edition, 2005.

***PMA 011 Conductividad, método modificado basado en:** Método 2510 B "Laboratory Method", American Public Health Association, "Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater", American Public Health Association, United States of America, Washington, DC, 21th Edition, 2005.



***PMA 016 Turbiedad, método modificado basado en:** Método 2130 B. "Nephelometric Method", American Public Health Association, "Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater", American Public Health Association, United States of America, Washington, DC, 21th Edition, 2005.

***PMA 018 Temperatura, método modificado basado en:** Método 2550 Temperature - en "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", American Public Health Association, Washington, DC 20005, 21th Edition. 2005.

***PMA 036 Metales en agua por absorción atómica método modificado basado en:** Método 3113 B "Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method American Public Health Association, "Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater", American Public Health Association, United States of America, Washington, DC, 21th Edition, 2005.

****PMA 009 Color, método modificado basado en método 2120 D. "Spectrophotometric – Multi-Wavelength Method", American Public Health Association, "Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater", American Public Health Association, United States of America, Washington, DC 20005, 21th Edition 2005.**

Laboratorio de Análisis Ambiental
Tercer Piso, Escuela de Ciencias Ambientales, Campus Omar Dengo, UNA
Heredia, Costa Rica TEL: (506) - 2277 3292 FAX: (506) - 2277 3696

 UNIVERSIDAD NACIONAL COSTA RICA	UNIVERSIDAD NACIONAL ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL	
PRT-011 R-03 REPORTE DE RESULTADOS		Página 4 de 5
Fecha de implementación: 01/03/2010	Versión: 004	Consecutivo:AG-442-2012

Resultados de análisis físico- químicos de la muestra de agua:

Análisis	Unidades	Muestra N° 01
pH (25 °C)	± 0,04	6,99
Conductividad	µS/cm	64 ± 29
Turbiedad	NTU	0,24 ± 0,03
Arsénico	µg/l	< 3
Temperatura	°C	19,1 ± 0,1
Color pH original	Longitud de onda máxima nm	NA
	Porcentaje de pureza %	< 10
	Tonalidad	Incolora
Color pH ajustado	Longitud de onda máxima nm	NA
	Porcentaje de Pureza %	< 10
	Tonalidad	Incolora


nd: no detectable

“La incertidumbre de la medición se determina para un factor de cobertura $k = 2$ correspondiente a un nivel de confianza aproximadamente del 95 %”.

Descripción de las muestras:

Muestra N°01: Muestra de agua tomada en Naciente Manatí.

Laboratorio de Análisis Ambiental
 Tercer Piso, Escuela de Ciencias Ambientales, Campus Omar Dengo, UNA
 Heredia, Costa Rica TEL: (506) - 2277 3292 FAX: (506) - 2277 3696

 UNIVERSIDAD NACIONAL COSTA RICA	UNIVERSIDAD NACIONAL ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL	 LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL
PRT-011 R-03 REPORTE DE RESULTADOS		Página 3 de 5
Fecha de implementación: 01/03/2010	Versión: 004	Consecutivo:AG-442-2012



Resultados de Análisis Microbiológicos¹:

Análisis	Unidades	Muestra N° 01
E.coli	NMP/100 ml	< 1,8
Coliformes Fecales	NMP/100mL	4,5
Coliformes Totales	NMP/100mL	2,0

¹Análisis realizados por el Laboratorio de Microbiología de Aguas, Universidad de Costa Rica, según consta en los reportes LAMA-REP-0218-12 y LMA-INF-250-12.

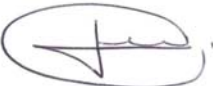

Laboratorio de Análisis Ambiental
 Tercer Piso, Escuela de Ciencias Ambientales, Campus Omar Dengo, UNA
 Heredia, Costa Rica TEL: (506) - 2277 3292 FAX: (506) - 2277 3696



	UNIVERSIDAD NACIONAL ESCUELA DE CIENCIAS AMBIENTALES LABORATORIO DE ANALISIS AMBIENTAL	
PRT-011 R-03 REPORTE DE RESULTADOS		Página 5 de 5
Fecha de implementación: 01/03/2010	Versión: 004	Consecutivo:AG-442-2012

Notas:

1. Las muestras analizadas referentes al presente reporte se mantendrá en custodia por un período mínimo de 8 días calendario una vez emitido el reporte, siempre y cuando no se hayan ejecutado análisis destructivos de la muestra. Después de este tiempo se procederán a desechar.
2. Los ensayos ejecutados pueden estar acreditados o no, por lo que para su identificación llevan la leyenda descrita en la primera página del presente informe.
3. El Laboratorio de Análisis Ambiental cuenta con permiso sanitario de funcionamiento bajo el registro RCN-ARSH-R-1805-2010.

Revisado por: Lic. Johan Castro V. Ingeniero II 23889 Cargo: Responsable del Sistema de Calidad (o su sustituto) Firma: 	Aprobado por: Licda. Érika Herrera Químico NI 2216 Cargo: Coordinador Laboratorio (o su sustituto) Firma: 
---	---



----- Última Línea del Reporte de Resultados AG-442-2012 -----

Laboratorio de Análisis Ambiental
Tercer Piso, Escuela de Ciencias Ambientales, Campus Omar Dengo, UNA
Heredia, Costa Rica TEL: (506) - 2277 3292 FAX: (506) - 2277 3696