



**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN HÍDRICA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA**

**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO BÁSICO DEL ACUÍFERO COTO  
COLORADO, CANTONES DE CORREDORES Y GOLFITO,  
PROVINCIA DE PUNTARENAS, COSTA RICA, AMÉRICA CENTRAL**

**SENARA-DIGH-UI-INF-0062-2020**

**Realizado por:  
Geól. Magdalena Monge Cordero  
Geól. Michelle Arias Fernández**

**Mayo, 2020**



ELABORADO POR:

\_\_\_\_\_  
Licda. Magdalena Monge Cordero

\_\_\_\_\_  
MSc. Michelle Arias Fernández

REVISADO POR:

\_\_\_\_\_  
Lic. Alonso Alfaro Martínez  
Unidad de Investigación



## TABLAS DE CONTENIDOS

---

### Contenido

TABLAS DE CONTENIDOS.....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	4
1.1 Justificación .....	4
1.2 Propósito del informe.....	4
1.3 Objetivo general .....	4
1.4 Objetivos específicos .....	4
1.5 Ubicación administrativa-geográfica del área de estudio .....	5
1.6 Escala de trabajo.....	5
1.7 Periodo de análisis.....	6
1.8 Metodología de trabajo.....	6
1.9 Antecedentes.....	6
1.10 Alcances y limitantes del estudio hidrogeológico .....	7
2. GEOLOGÍA REGIONAL.....	8
2.1 Complejo Ígneo: Golfito – Osa - Burica .....	8
2.2 Formación Golfito.....	9
2.3 Formación Quebrada Achiote.....	10
2.4 Formación Térraba .....	11
2.5 Formación Puerto Nuevo .....	12
2.6 Formación Armuelles .....	13
2.7 Meseta de San Vito .....	14
2.8 Depósitos Cuaternarios .....	14
3. HIDROLOGÍA .....	15
3.1 Cuencas hidrográficas de la zona de estudio .....	15
3.2 Clima, estaciones meteorológicas .....	15
3.3 Aforos en los cauces superficiales (ríos y quebradas).....	19
4. HIDROGEOLOGÍA .....	21
4.1 Inventario de pozos.....	21



4.2	Información de concesiones para el aprovechamiento del recurso hídrico. ....	26
4.3	Información del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) .....	27
5.	BALANCE HÍDRICO DE SUELOS (BHS).....	30
	Insumos para el Balance Hídrico de Suelos.....	30
5.1	Pruebas de infiltración .....	31
5.2	Clasificación y parámetros hidráulicos de los suelos .....	31
6.	BIBLIOGRAFÍA .....	33
	ANEXOS.....	I

- Anexo 1. Información estaciones meteorológicas (fuente IMN).
- Anexo 2. Información de aforos, base de datos SENARA.
- Anexo 3. Información de pozos, base de datos SENARA.
- Anexo 4. Información Concesiones Dirección de Agua, MINAE.
- Anexo 5. Pruebas de infiltración y muestreos de suelos según Araya (2017).

**TABLA DE CONTENIDO DE FIGURAS**

Figura 1.	Mapa de ubicación de la zona de estudio. ....	5
Figura 2.	Mapa geología regional.....	11
Figura 3.	Ubicación de estaciones meteorológicas.....	18
Figura 4.	Ubicación de aforos.....	20
Figura 5.	Ubicación de pozos según la base de datos de SENARA. ....	26
Figura 6.	Mapa de concesiones registradas en el SINIGIRH.....	27
Figura 7.	Pozos administrados por el AyA en la cuenca del Coto Colorado. ....	29
Figura 8.	Estudios hidrogeológicos en la Zona Sur de Costa Rica. ....	30
Figura 9.	Distribución de pruebas de infiltración y muestreos en Araya (2017). ....	31

**TABLA DE CONTENIDO DE CUADROS**

Cuadro 1.	Micro cuencas en la zona de estudio y su relación con las cuencas regionales de Costa Rica.....	15
Cuadro 2.	Estaciones Meteorológicas en la Zona de Estudio, Coto Colorado. ....	17
Cuadro 3.	Estaciones de Aforos en la Zona de Estudio de Coto Colorado.....	19
Cuadro 4.	Información de pozos. ....	21
Cuadro 5.	Pozos existentes en la zona de estudio, según la base de datos del SENARA. ....	21
Cuadro 6.	Pozos administrados por el AyA.....	28



## 1. INTRODUCCIÓN

---

### 1.1 Justificación

El presente informe constituye el estudio base para definir la información hidrogeológica existente con relación al acuífero desarrollado en la parte media-baja de la microcuenca del río Coto-Colorado, cantones de Corredores y Golfito, provincia de Puntarenas. El análisis a realizar permitirá establecer la necesidad de estudios más específicos que se requieren llevar a cabo para la caracterización hidrogeológica a detalle del acuífero, que considere las zonas de recarga y su regulación, así como la vulnerabilidad a la contaminación, los cuales son aspectos fundamentales para garantizar el aprovechamiento sostenible a través del tiempo.

### 1.2 Propósito del informe

Recopilar y presentar la información existente como parte de los estudios hidrogeológicos básicos en la zona de estudio.

### 1.3 Objetivo general

Realizar un diagnóstico de la información hidrogeológica disponible para definir el estudio hidrogeológico específico de los acuíferos de la micro-cuenca Coto-Colorado, sector costero del Pacífico Sur de Costa Rica.

### 1.4 Objetivos específicos

1. Determinar la geología superficial regional de la zona de estudio.
2. Recopilar la información hidrológica existente en la zona de estudio.
3. Recabar la información existente de pruebas de infiltración y análisis de suelos.
4. Compilar la información generada por las estaciones meteorológicas existentes dentro o más cercanas al área de estudio.



### 1.5 Ubicación administrativa-geográfica del área de estudio

La zona de estudio se ubica entre las coordenadas aproximadas CRTM05 590456-629612 E y 929816-962816 N, tiene un área de 697,45 km<sup>2</sup> (Figura 1) y abarca parte de los cantones de Corredores y Golfito. Se extiende desde Punta Piedras (sector Golfo Dulce) hasta la línea de frontera Costa Rica – Panamá, abarcando los sectores de Canoas, La Cuesta, Laurel, mientras que de Norte a Sur se extiende desde la comunidad de Caracol (sector Laurel) hasta Neily, Río Claro y cercanías del sitio conocido como Kilómetro 29.

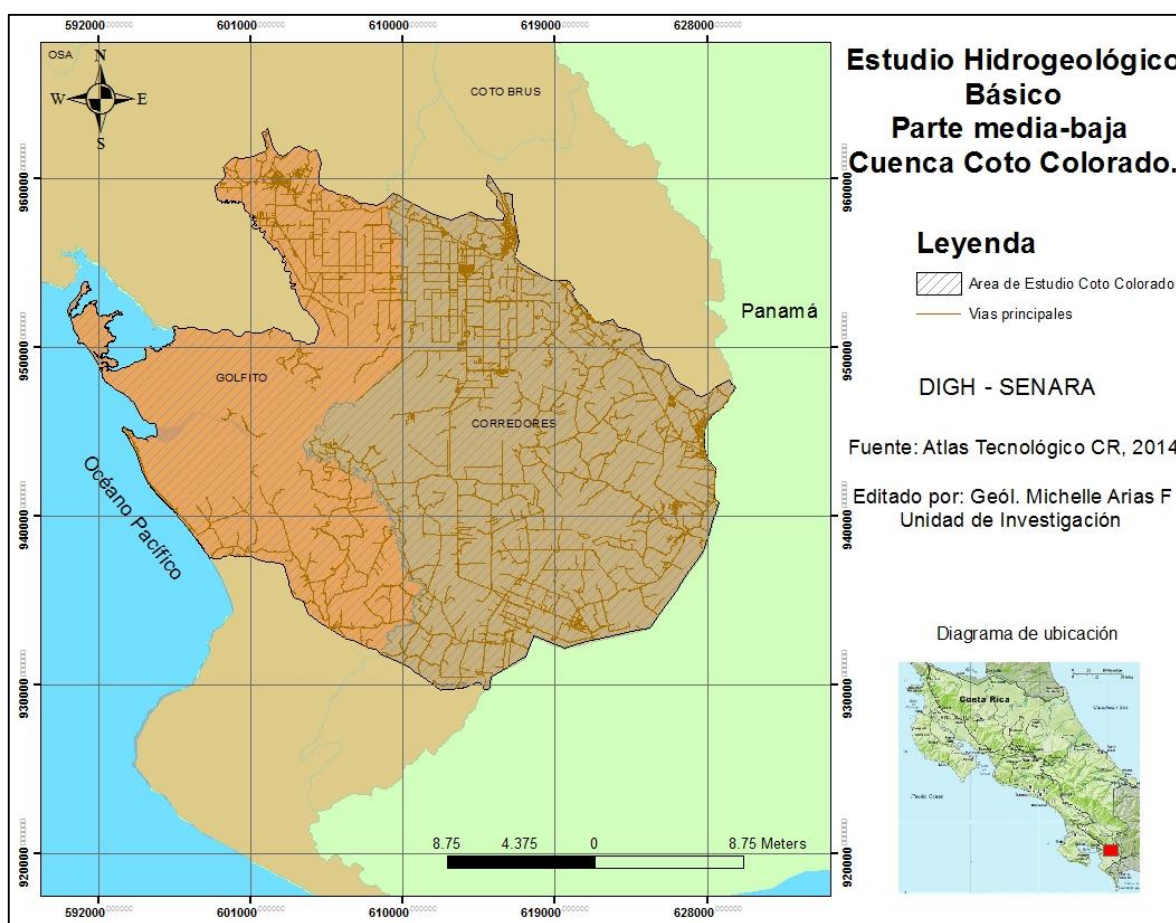


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

### 1.6 Escala de trabajo



Para el presente estudio y principalmente debido a la información geológica y de curvas de nivel disponible, se ha definido que la escala de trabajo es de 1: 50 000 y 1: 25 000, que es la escala base con la que se generaron los mapas del presente estudio.

### **1.7 Periodo de análisis**

El presente estudio básico incluye la información existente, anterior al año 2020, realizándose exclusivamente la recopilación de información de textos y mapas que involucren la zona de interés.

### **1.8 Metodología de trabajo**

La metodología de trabajo para realizar el presente informe se detalla en las siguientes actividades:

- Recopilación de información bibliográfica de la zona, entre ella información geológica, estructural, climática e hidrogeológica.
- Revisión de bases de datos de pozos y manantiales en el SENARA y la Dirección de Aguas del MINAET, para obtener datos de los acuíferos y concesiones de agua.
- Recopilación de información climatológica de la base de datos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN).
- Recopilación de la información de aforos en ríos y quebradas que se han realizado en el SENARA.
- Elaboración del Informe Estudio Básico Hidrogeológico.

### **1.9 Antecedentes**

Para el área de estudio y alrededores existen tres mapas geológicos a diferentes escalas con un carácter regional; mientras que la información hidrogeológica resulta bastante escasa, correspondiendo con campañas geológicas en el sector de Golfito y una tesis de licenciatura desarrollada en una zona específica. Dentro de la información existente destacan los siguientes trabajos ya sea por: contenido, área de cobertura e importancia de la información:



- Tournon & Alvarado, 1997, publican el Mapa Geológico de Costa Rica a escala 1:500.000.
- Ministerio de Ambiente y Energía, la Dirección de Geología y Minas-Dirección de Hidrocarburos y la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE) en el año 1997 divulgan el Mapa Geológico de Costa Rica a escala de 1:700.000.
- Denyer & Alvarado (2007), publican el Mapa Geológico de Costa Rica a escala 1:400000.

Para la cuenca del río Coto Colorado solo se cuenta con un estudio hidrogeológico específico “*Caracterización Hidrogeológica del Área de Influencia del Vertedero de Residuos de Golfito, Puntarenas*”, correspondiente con una tesis de licenciatura, elaborado por Araya (2017), y solo cubre una pequeña porción del área de investigación del presente proyecto.

### **1.10 Alcances y limitantes del estudio hidrogeológico**

El presente documento tiene como principal alcance realizar la recopilación de la información geológica e hidrogeológica para los acuíferos de las zonas costeras y llanuras aluviales (depósitos cuaternarios) y parte de las estribaciones de la Cordillera de Talamanca de Costa Rica (rocas volcánicas y sedimentarias); cuyo alcance es la utilización de información disponible principalmente a una escala 1:400.000.

De esta manera se define que las principales limitantes son:

- Disponibilidad de mapas geológicos detallados de toda la zona de estudio.
- Disponibilidad de suficiente información climática con datos de precipitación y temperatura, por parte del IMN que abarque la zona de estudio.
- Disponibilidad de mapas y parámetros de los suelos de acuerdo con el mapa de suelos generado por el MAG y el INTA.
- Existencia de estudios hidrogeológicos específicos y regionales.
- Ausencia de una distribución homogénea de pozos con información litológica completa en toda la zona de estudio.



## 2. GEOLOGÍA REGIONAL

---

La zona de estudio se localiza en la zona Ante-arco de Costa Rica, en la unidad morfo-tectónica de la cuenca sedimentaria Fila Costeña-Térraba y donde las formaciones geológicas, sedimentarias y volcánicas, comprenden desde el Cretácico, para las rocas más antiguas del Complejo de Nicoya; hasta el Holoceno con la acumulación de los Depósitos Cuaternarios Aluviales y la formación de los Manglares y Esteros con toda su dinámica marina – fluvial reciente.

Las formaciones geológicas regionales se basaron principalmente en el Mapa Geológico de Costa Rica a escala 1:400.000; (Denyer & Alvarado, 2007); así como también las referencias del Mapa Geológico de Costa Rica a escala 1:500.000, (Tournon & Alvarado, 1997) y el Mapa Geológico de Costa Rica elaborado por el Ministerio de Ambiente y Energía, la Dirección de Geología y Minas y Recope; también en el año 1997.

De esta manera se describen, a continuación, las formaciones geológicas a nivel regional que cubre la presente investigación, parte del trabajo ha consistido en la verificación de los contactos de las formaciones geológicas en el campo a nivel regional (Figura 2).

### 2.1 Complejo Ígneo: Golfito – Osa - Burica

Según Alvarado & Gans (2012), en la región sur de Costa Rica afloran rocas máficas de origen submarino con una historia geológica compleja. Denyer et al (2006), interpretan esta litología como fragmentos acrecionales de un plateau o parte del CLIP, pero son diferentes al Complejo de Nicoya, ya que presentan cuerpos básicos intruyendo o intercalados, deformando sedimentos del Campaniano Tardío hasta por lo menos el Eoceno (Berrangé & Thorpe, 1988; Berrangé et al, 1989, Di Marco, 1994). Además de la presencia de basaltos vesiculares, picritas y gabros pegmatíticos (Berrangé & Thorpe, 1988; Berrangé et al, 1989), rocas similares a los granófiros formados a partir de fundidos enriquecidos en fluidos y sílice (Buchs et al, 2010) y



abundantes vetillas de cuarzo en contraposición con Nicoya, enriquecidas en Au (Berrangé & Thorpe, 1988).

Según Alvarado & Gans (2012), aunque Berrangé & Thorpe (1988) concluyen que en general estas rocas ígneas se formaron en un ambiente de cuenca tras-arco, si dejan en claro su cercanía o afinidad con una zona de subducción. Más estudios de detalles son requeridos, pero en términos generales se interpretan como fragmentos de montes submarinos, posiblemente parte de una cordillera asísmica del CLIP, también con presencia de rocas con afinidad N-MORB, E-MORB y OIB (Berrangé & Thorpe, 1998; Hauff et al., 2000; Hoernle et al., 2002; Buchs et al., 2009; Denyer & Gazel, 2009; Tournon & Bellon, 2009).

Alvarado & Gans (2012) observan en el campo que los basaltos intruyen a los sedimentos que aún estaban en estado plástico y, por ello, la edad de algunos basaltos es contemporánea y efectivamente algo más joven que la de los sedimentos.

Según dataciones radiométricas y paleontológicas, la ubicación y el contexto geológico (Tournon, 1984; Di Marco et al., 1995; Hauff et al., 2000; Hoernle et al., 2002; Tournon & Bellon, 2009; Buchs et al., 2009, 2010), la cronología se puede resumir en:

- a. Un magmatismo tipo CLIP pre-Campaniano, en equivalencia con el Complejo de Nicoya, que conformaría el basamento.
- b. Posiblemente un magmatismo de arco de islas incipiente sobre este basamento, de edad del Campaniano Tardío a Maastrichtiano (75-70 Ma).
- c. Un magmatismo de dorsal oceánica con montes submarinos aislados (tipo CLIP, MORB, N-MORB, E-MORB y OIB), del Campaniano al Eoceno Medio (80-76; 64-60; 56,7-54,7 y 47,5-43,5 Ma), que son paulatinamente acrecionados al margen convergente, e incluso desmembrados (mélange) junto con secuencias sedimentarias entre el Paleoceno y el Mioceno.

## 2.2 Formación Golfito

Según Obando (1986), esta formación se compone de calizas silíceas y alternancias rítmicas de areniscas y lutitas silíceas. Corresponden a sedimentos



pelágicos depositados sobre la CCD a partir de plancton en suspensión en la columna de agua. Estos sedimentos se depositaron en el mismo momento en que existía un vulcanismo submarino activo que los cubría. También se dio un aporte de materiales originados en el arco volcánico.

Henningsen (1965) le asigna una edad de Campaniano Superior.

### **2.3 Formación Quebrada Achiote**

Linkimer & Aguilar (2000) indican que esta formación incluye areniscas, brechas, lutitas, calizas y hasta rocas piroclásticas, como resultado de la depositación de flujos turbidíticos en el fondo marino, afectados por un vulcanismo cercano.

Di Marco (1994) dice que su edad es de Maastrichtiano Medio Superior al Paleoceno, y que sobreyace a la Formación Golfito.



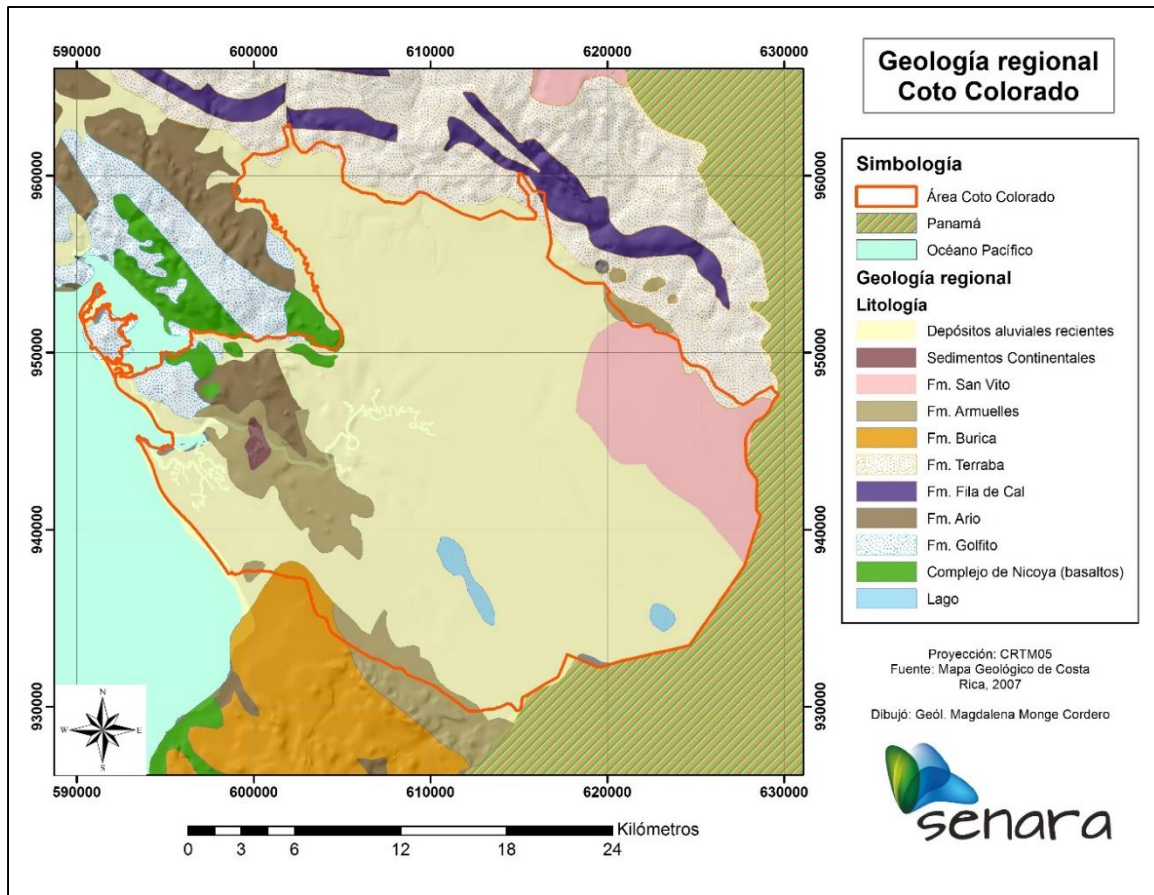


Figura 2. Mapa geología regional.

## 2.4 Formación Térraba

Originalmente fue definida por Dengo (1953), (1962) a través de los afloramientos localizados a lo largo del río Grande de Térraba, entre Palmar Norte y el río Curré y entre San Isidro de El General y Dominical. Describe las rocas como lutitas gris-negruczas, calcáreo-silíceas y piríticas. A su vez, subdivide esta formación en los miembros Curré, Lagarto y Cajón. Mientras que Henningsen (1965) y Madrigal (1974) incluyen al miembro Cajón dentro de la formación Brito y al miembro Curré le elevan la categoría a formación.

Mora (1979) divide la Formación Térraba en dos subunidades:

- ✓ Unidad Zapote: compuesta por rocas turbidíticas de areniscas, limolitas y arcillolitas con intercalaciones de productos de vulcanismo submarino, como aglomerados y brechas. Presenta estructuras sedimentológicas como ondulitas, *flute*



cast, huellas de impacto y escasos fósiles. Esta unidad sobreyace concordantemente a la Unidad Cajón y subyace a la Unidad Lagarto de la formación Térraba. Mora (1979) le asigna una edad Oligoceno temprano a medio.

✓ Unidad Lagarto: es la facies proximal de la secuencia turbidítica, con abundantes conglomerados y areniscas y depósitos de canales. Tiene un espesor variable de 1200 a 1500 m y está sobreyacida concordantemente por la formación Gatún (Mora, 1979). A su vez, yace concordantemente sobre la formación Brito, Dengo (1962) y Henningsen (1965) consideran que se desarrolló a partir de ésta. Mora (1979) le ha asignado una edad Oligoceno-Mioceno inferior.

## 2.5 Formación Puerto Nuevo

Fue descrita por primera vez por Dengo (1962 b en: Mora, 1979), mientras que los primeros análisis químicos y petrografía fueron realizados por Henningsen (1965) y Tournon (1970) respectivamente. Mora (1979) describe esta formación como un grupo de diques, "sills" y un "stock" de composición gabrodiorítica.

Alvarado et al. (2009) describen cuerpos hipohabisaes pequeños, con forma de diques de aproximadamente 83,4 - 4,8 km de extensión por 0,2-0,4 km de ancho y con rumbos WNW-ESE.

Abratis (1998) describe diques y stocks de pequeño tamaño, en los alrededores de Puerto Nuevo y Punta Uvita, los cuales agrupa dentro de un grupo toleítico, el cual comprende basaltos, andesitas basálticas y andesitas, así como gabros. Además, indica que en muestras de mano, las rocas presentan texturas afíricas a porfiríticas, de color gris a gris oscuro, con poca alteración. Microscópicamente predominan las texturas porfiríticas a glomeroporfiríticas, donde los minerales principales son piroxeno y plagioclasa, los minerales opacos, predominantemente magnetita, están siempre presentes como fenocristales. Los gabros son gris oscuro y masivos, con texturas más anhedral-granular que intergranular y los minerales principales son plagioclasa y piroxeno, también se observan olivinos en la mayoría de los gabros, pero con frecuencia corroídos (Abratis, 1998).



Abratis (1998) les asigna una edad de entre 15-11 m.a, a partir de dataciones radiométricas ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ). Mientras que McMillan et al. (2004), a partir de dataciones radiométricas ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ), elaboradas en muestras de gabro tomadas en los alrededores de Dominical les asigna una edad de 17,50 m.a.

## 2.6 Formación Armuelles

Descrita por Denyer & Alvarado (2007) como parte de la sedimentación clástica del Neógeno, específicamente areniscas, lutitas y conglomerados litorales y sublitorales del Plio-Pleistoceno.

Berrangé (1989) definió el Grupo Osa como una nueva unidad litoestratigráfica que incorporó las litologías anteriormente descritas como formaciones Charco Azul, Armuelles y Punta La Chancha, al considerar que no existían evidencias de que los sedimentos de Osa se hayan depositado en la misma cuenca que los sedimentos de Burica (formaciones Charco Azul y Armuelles) o que exista continuidad física entre ambas unidades sedimentarias.

En general se trata de conglomerados, areniscas, limolitas y arcillitas semiconsolidados a litificados, de color gris verduzco a azulado y depositados en una gran variedad de ambientes desde fluviales de agua dulce, estuario deltaico de agua salobre, plataforma somera hasta cuenca marina profunda. Yace discordantemente sobre el basamento del Complejo de Nicoya y es sobreyacida discordantemente por sedimentos no consolidados del Cuaternario (Berrangé, 1989).

Linkimer & Aguilar (2000) describen estas rocas como parte de la Fm. Charco Azul, con un espesor de unos 3000 metros, un rango temporal del Plioceno a Pleistoceno Temprano y una secuencia de rocas marino someras, sobreyacida por una espesa secuencia de turbiditas y finalmente cubiertas por depósitos marino someros y abanicos deltaicos, que representa una secuencia transgresiva – regresiva, influenciada por los desplazamientos verticales de la región sur durante el Neógeno Tardío.



Linkimer & Aguilar (2000), basados en los trabajos realizados por Corrigan (1986) y Coates et al. (1992) describen la presencia de tres miembros:

- *Miembro Peñitas*: 300 m de areniscas, lodolitas y conglomerados ocasionalmente ricos en moluscos, depositados durante el Plioceno Temprano en una ambiente marino somero.
- *Miembro Burica*: 3000 metros de depósitos turbidíticos depositados durante el Plioceno Tardío.
- *Miembro Armuelles*: Unos 370 metros de conglomerados, areniscas y lodolitas azules. Con fragmentos de moluscos y depositados durante el Pleistoceno en un ambiente marino somero.

## 2.7 Meseta de San Vito

La depresión del Valle del General - Valle de Coto Brus está rellena en su parte oriental por espesos depósitos de brechas que forman la meseta de San Vito de Java. Consiste particularmente en depósitos de avalancha, bloques de andesitas en una matriz de toba blanca. Los clastos son andesitas ácidas con fenocristales de plagioclasa y anfíbol en una pasta vidriosa (Tournon & Alvarado, 1997). Estas brechas se intercalan entre lahares y depósitos aluviales o lacustres.

En el mapa de Denyer y Alvarado (2007), esta litología también se encuentra en la zona de Canoas.

Según Bellon y Tournon (1978), un bloque de andesita con anfíbol contenido en la toba blanca dio una edad de  $2,6 \pm 0,4$  m.a.

## 2.8 Depósitos Cuaternarios

En el mapa de Denyer y Alvarado (2007), se describen como sedimentos continentales y de transición marina-costera del Cuaternario.



### 3. HIDROLOGÍA

#### 3.1 Cuencas hidrográficas de la zona de estudio

El presente estudio hidrogeológico básico abarca parte de las microcuencas de los ríos Coto Colorado y Colorado, específicamente las partes medias y bajas de estas. La micro-cuenca del río Coto Colorado se extiende desde la Fila Cruces, sector Norte de la zona de estudio, comprendiendo los cauces de los ríos Claro, Lagarto, Corredor y Abrojo al Nor-Este. Mientras que la microcuenca del río Colorado se extiende desde la frontera con Panamá, sector Este, hasta conectarse con el río Coto Colorado, principal microcuenca de la zona de estudio. En el Cuadro 1 se detallan las características de las subcuencas que la componen.

**Cuadro 1.** Micro cuencas en la zona de estudio y su relación con las cuencas regionales de Costa Rica.

Subcuencas	Extensión (km)	Micro-cuenca	Cuenca regional
Río Lagarto	23,78	Río Coto Colorado	Coto Colorado
Río Abrojo	29,92	Río Coto Colorado	
Río Claro	45,86	Río Coto Colorado	
Río Corredor	47,19	Río Coto Colorado	
Río Conte	76,77	Río Coto Colorado	
Río Caracol	26,51	Río Conte	
Río Coloradito	37,91	Río Colorado	
Río Colorado	35	Río Colorado	
Río Coto Colorado	116,85	Río Coto Colorado	

La definición de la zona de estudio se basó en la relación de las cuencas hidrológicas con la zona costera y la asociación de los sistemas acuíferos a estas zonas.

#### 3.2 Clima, estaciones meteorológicas

La zona de estudio de Coto Colorado se ubica en la región climática del Pacífico Sur. Esta se extiende desde Punta Uvita hasta San Isidro del General, siguiendo las



estribaciones de la Cordillera de Talamanca del lado del Pacífico y desde el Cerro Dari hasta el Cerro Echandi.

De acuerdo con Bergoeing (1998), el Pacífico Sur posee dos unidades fisiográficas: la Cordillera de Talamanca que se subdivide en la Fila Costeña o Brunqueña y la Zona Baja Tectónica que comprende el Valle del General, el Valle de Coto Brus y la zona baja hacia Punta Burica. La otra unidad es la peninsular que comprende la Península de Osa.

La magnitud de la precipitación anual aumenta hacia el sur de la región. La lluvia es menor en las partes altas de la cordillera (2500-3000 mm en promedio) donde hay influencia del Alisio en los meses secos y de veranillo. La lluvia aumenta en el pie de monte y los valles (3000 a 4000 mm) donde se produce un importante aporte de las brisas de montaña. Los mayores núcleos de precipitación (4000-6000 mm) se presentan en la península, al norte de Golfito y en Ciudad Neily. Esta es la zona más lluviosa del país debido a su estructura geográfica (la cordillera más alta), la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical y los vientos predominantes.

Zárate (1978) menciona que el viento durante el día es predominantemente del Oeste o del SurEste. Corresponde a brisa de mar y vientos ecuatoriales. Durante las noches predominan los vientos calmos y corresponden con brisas de montaña originadas en la Cordillera de Talamanca, con direcciones NorEste y Norte.

Según el IMN la precipitación promedio en el Pacífico Sur es cercana a los 3700 mm anuales, con una temperatura máxima de 27,9°C y una mínima de 20,5°C. Los variados accidentes geográficos generan un régimen de lluvias contrastado con relación al resto de las regiones de la Vertiente Pacífica. Esta heterogeneidad se percibe en un clima en donde el periodo seco es corto, mientras el lluvioso es largo e intenso.

Así mismo, el IMN indica que varios factores contribuyen a que el Pacífico Sur sea la región de mayor precipitación anual en el país, la posición suroeste favorece la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical. Además el límite norte compuesto



por la cordillera montañosa más elevada del país permite el desarrollo de lluvia convectiva sobre los valles. Cuando se presentan variaciones en el comportamiento normal de precipitación y temperatura durante eventos secos extremos se puede esperar un promedio de reducción del 20% (744 mm) en la precipitación anual y un aumento de la temperatura de más de un grado Celsius durante el día y la noche. Por otra parte, eventos extremos lluviosos pueden aumentar en un 23% (777 mm) la lluvia anual y hacer descender entre 0,3 y 0,6 °C la temperatura diurna y nocturna respectivamente.

De acuerdo con el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), las estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio y que cuentan con información de interés, en distintos periodos de registro, se muestran en el Cuadro 2.

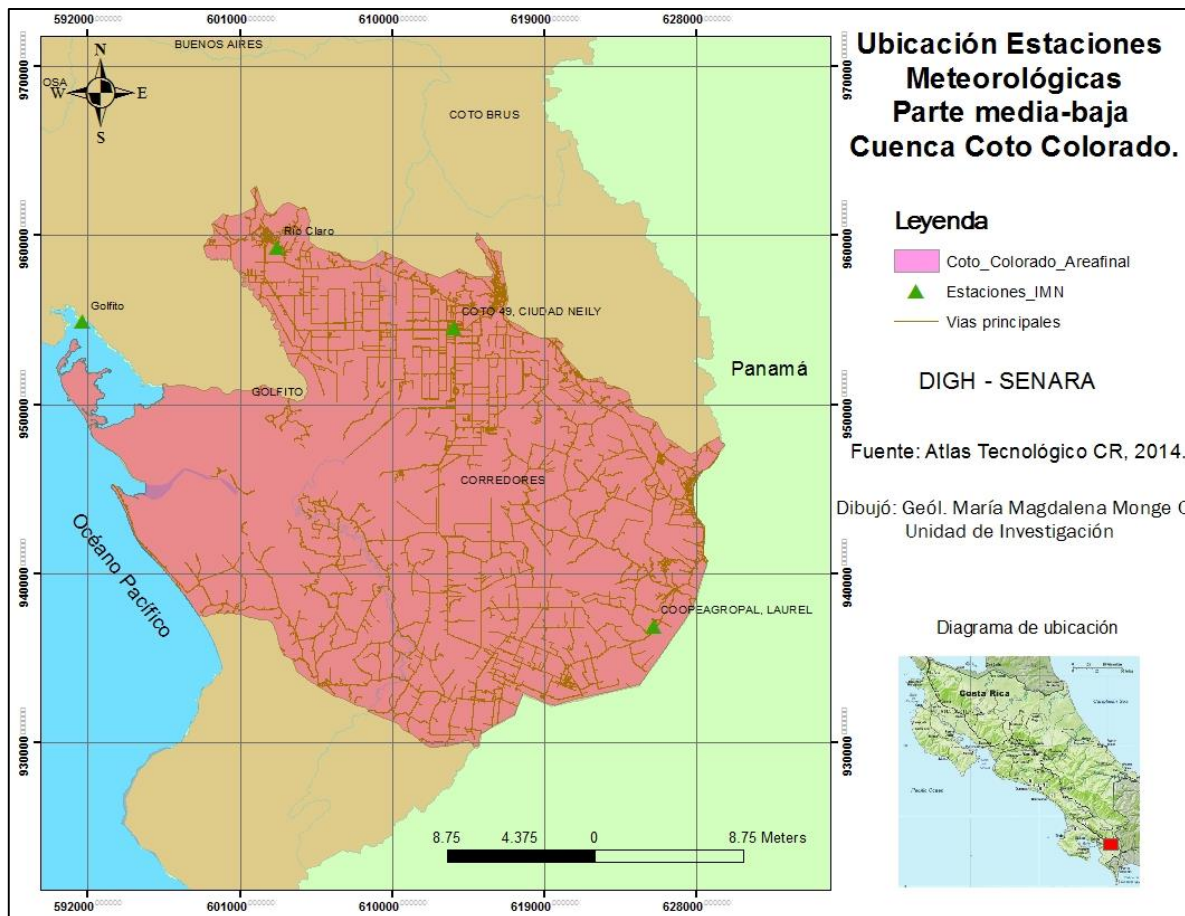
**Cuadro 2.** Estaciones Meteorológicas en la Zona de Estudio, Coto Colorado.

NUMERO	ESTACION	CUENCA	FECHAS DE REGISTRO	X CRTM05	Y CRTM05	ALTURA (m.s.n.m)
100003	Golfito		01/06/1988 al 31/12/2014	591717	954903	6
100641	COOPEAGROPAL, LAUREL	Río Colorado	01/04/2007 al 30/11/2014	625462	936876	16
100643	Río Claro	Río Coto Colorado	01/01/2010 al 31/12/2019	603231	959305	45
100651	COTO 49, CIUDAD NEILY	Río Corredor	01/06/2013 al 31/12/2019	613697	954530	28

(FUENTE: IMN, 2020).

De las estaciones anteriores todas cuentan con información de temperaturas máximas, mínimas y promedios a nivel mensual y tienen registro de datos de precipitaciones promedios a nivel mensual. La ubicación de las estaciones meteorológicas se presenta en la Figura 3, así mismo en el Anexo 1 se aporta la información de las estaciones meteorológicas proporcionada por el IMN.

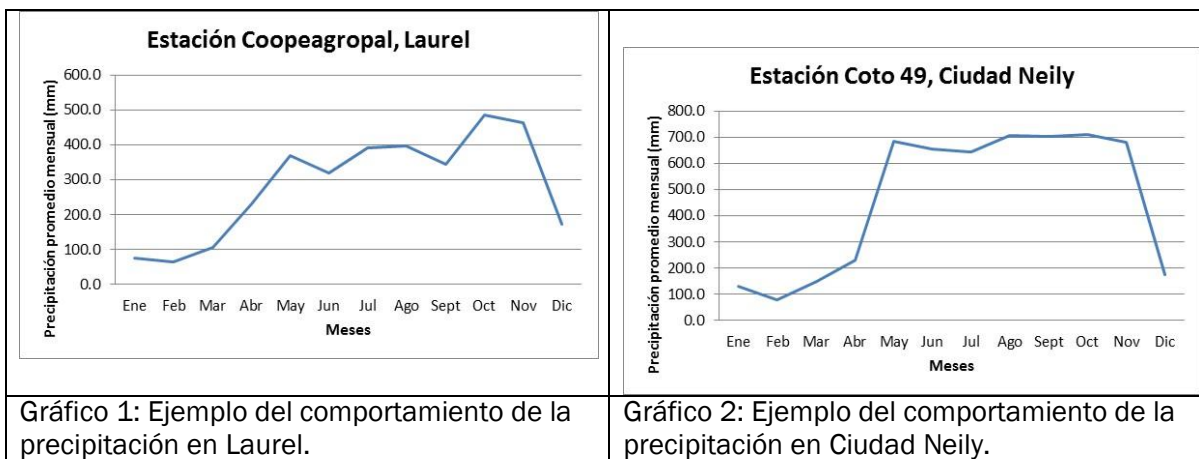




**Figura 3.** Ubicación de estaciones meteorológicas.

La estación 100003, Golfito, es la única que se encuentra fuera del área de estudio. En los gráficos 1 y 2 se muestra el comportamiento de la precipitación medida en las estaciones 100641, Laurel, y 100651, Ciudad Neily respectivamente, donde se observa una época seca de diciembre a marzo, una leve disminución de las precipitaciones durante los meses de junio-julio y periodos lluviosos de mayo a noviembre, siendo octubre el mes que registra mayor precipitación.





### 3.3 Aforos en los cauces superficiales (ríos y quebradas)

Se recopilaron datos históricos de varios puntos de aforos en ríos y quebradas en la zona de estudio, los cuales están en las bases de datos de SENARA.

Los principales datos de los puntos de aforo se encuentran en el Cuadro 3 y la localización de los sitios de aforo se muestran en la figura 4 y Anexo 2.

**Cuadro 3.** Estaciones de Aforos en la Zona de Estudio de Coto Colorado.

Ubicación	Y (CRTM05)	X (CRTM05)	Período de medición
Río Bonito	958436	603581	1981
Río Coto Colorado	956284	601882	1965-1981
Río Lagarto	960235	601429	1965-1999
Río Lagarto	963035	601777	1965-1999
Fte. La Cuesta	941622	627796	1989-1993
Fte. Ciudad Neily	958696	616131	1974-1996
Fte. La Fuente	959696	616230	1984-1993
Manantial Coloradito	952149	621137	1992
Río Corredores	955996	616433	1965-1990
Río Abrojo	953948	619185	1965-1996
Río Coloradito	951799	620587	1965-1990
Fte. Los Ángeles	963035	601677	1993-1996
Q. Chiricanos	959336	603130	1998

(FUENTE: INFORMACIÓN INTERNA SENARA, 2020).



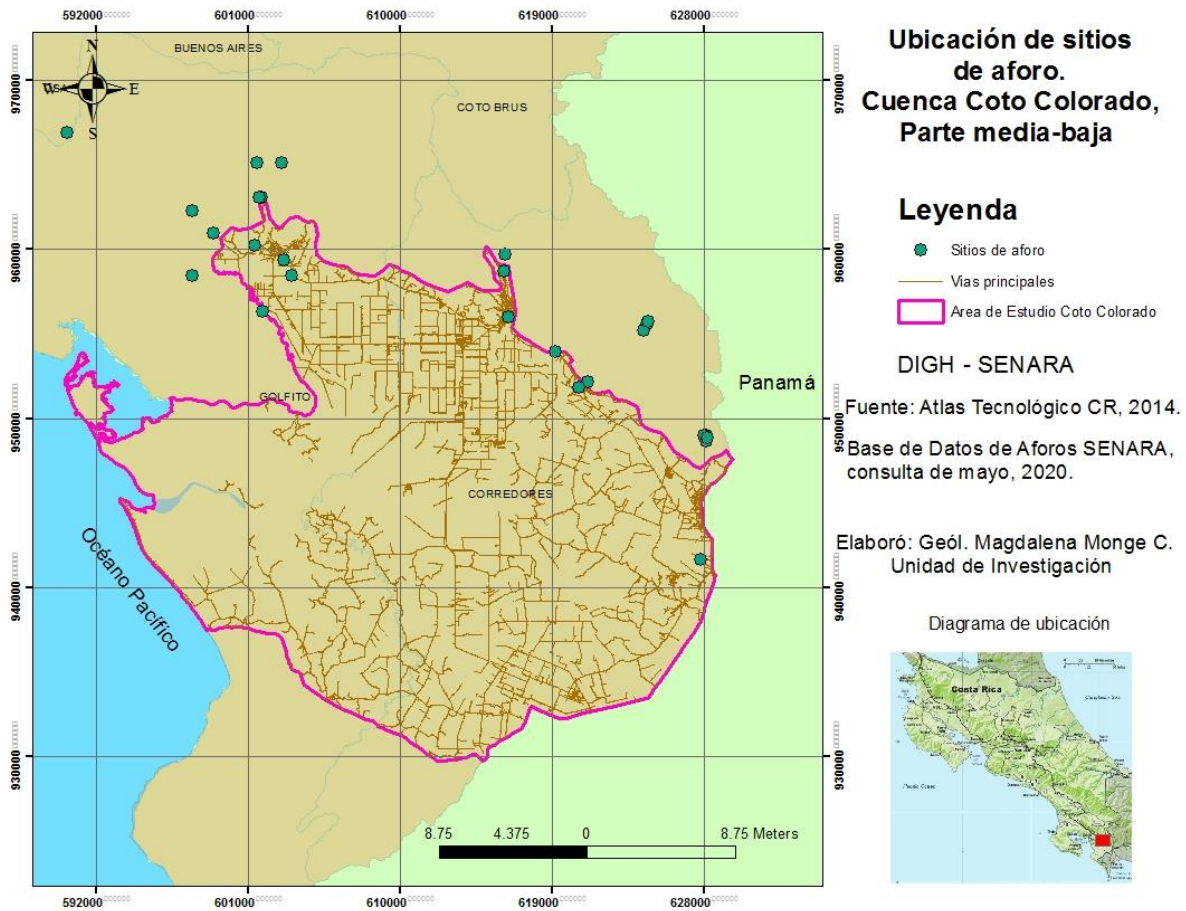


Figura 4. Ubicación de aforos.



## 4. HIDROGEOLOGÍA

### 4.1 Inventario de pozos

Con base en los datos de registro de pozos del SENARA, en la zona de estudio hay 151 pozos, de estos 99 cuentan con información, 52 no poseen litología y uno se encuentra sellado (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Información de pozos.

Total de pozos		151		Otras observaciones
Pozos con litología	99	74 con indicación nivel de agua subterránea (17 artesianos)	71 con armado de pozo 3 sin armado de pozo	1 pozo sellado
		25 sin indicación del nivel de agua subterránea	24 con armado de pozo 1 sin armado de pozo	
Pozos sin litología	52	11 con indicación del nivel de agua subterránea (4 artesianos)	6 con armado de pozo 5 sin armado de pozo	
		41 sin indicación del nivel de agua subterránea	3 con armado de pozo 38 sin armado de pozo	

A partir del Cuadro 5, se desprende que el 19,86% de los pozos son propiedad y/o administrados por entes operadores como asadas, acueductos rurales y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, mientras que el 80,14% corresponden con pozos privados. En el Anexo 3 se muestra el detalle de la información de cada pozo.

**Cuadro 5.** Pozos existentes en la zona de estudio, según la base de datos del SENARA.

Pozo	X_CRTM05	Y_CRTM05	Propietario	Profundidad (m)	Nivel estático (m)	Descripción Litológica (m)
CAN-1	612099.29	951897.12	C.B.C.R.	103.6	NI	Si
CAN-10	612299.21	951903.80	C.B.C.R.	109.7	Artesiano	Si
CAN-11	611597.18	954796.69	C.B.C.R.	23.6	NI	Si
CAN-12	611497.22	954796.85	C.B.C.R.	109.1	NI	Si
CAN-13	615800.02	952100.01	C.B.C.R.	99.8	NI	Si



CAN-14	615797.08	955200.72	C.B.C.R.FAB.DE CAJAS	35.3	8.8	Si
CAN-16	615833.40	955403.58	C.B.C.R.	31.3	9.7	Si
CAN-17	617700.07	951402.19	C.B.C.R.	93.9	Artesiano	Si
CAN-18	616699.46	952601.33	C.B.C.R.	106.7	3.6	Si
CAN-19	617700.40	951602.10	C.B.C.R.	11.7	NI	Si
CAN-2	613802.33	948698.77	C.B.C.R.	85.3	0.8	Si
CAN-20	616799.26	952501.21	C.B.C.R.	106.7	1.2	Si
CAN-21	613602.25	948598.14	C.B.C.R.	73.2	Artesiano	No
CAN-22	615502.57	948699.98	C.B.C.R.	76.8	NI	Si
CAN-23	616601.38	950701.30	C.B.C.R.	8.8	NI	Si
CAN-24	616601.05	950500.38	C.B.C.R.	90.8	NI	Si
CAN-25	613497.58	954298.83	FINCA 49	16.4	4	Si
CAN-26	613554.33	954779.54	C.B.C.R.	27.4	Artesiano	Si
CAN-27	613600.17	950998.08	C.B.C.R.	104.5	Artesiano	Si
CAN-28	613601.03	950298.39	C.B.C.R.	125	1.8	Si
CAN-29	613499.66	952498.59	C.B.C.R.	107.9	4.4	Si
CAN-3	613598.94	952698.35	C.B.C.R.	111.2	NI	Si
CAN-30	615801.07	950299.78	C.B.C.R.	108.2	1.5	Si
CAN-31	615500.69	950600.15	C.B.C.R.	99	Artesiano	Si
CAN-32	626906.57	945108.39		20	5	No
CAN-33	616800.52	954493.38	C.C.S.S.	23	NI	Si
CAN-34	627030.72	945230.12	AYA	40	8.4	Si
CAN-35	617840.32	951591.88	CIA PALMA TICA	96.3	3.3	Si
CAN-36	613632.66	948857.97	CIA PALMA TICA	121.9	Artesiano	Si
CAN-37	614273.29	954324.56	PARQUE BIOTECNOLOGICO S.A.	40	0.62	Si
CAN-38	620499.86	951984.31	MADERIN ECO S.A.	29	6	Si
CAN-39	627657.35	944008.57	MINISTERIO DE AGRICULTURA	40	7	Si
CAN-4	614500.45	950799.70	C.B.C.R.	100		Si
CAN-40	627406.49	944608.74	JOSE RAMON ARRIETA AVILA	60	5	Si
CAN-41	613406.47	943197.97	AYA COMUNIDAD	21	4	No
CAN-42	627697.66	943618.67	DULCELINA FERNANDEZ VALVERDE	NI	NI	No
CAN-43	616825.59	951494.59	HOSPITAL C.C.S.S CIUDAD NEYLI	NI	NI	No
CAN-44	624236.51	947933.73	CORPORACION APANTE S.A.	NI	NI	No
CAN-45	627772.72	940780.79	AyA	30	1.22	Si
CAN-47	616905.38	954435.23	CAJA COSTARRICENSE DEL SEGURO SOLCIAL	NI	NI	No
CAN-48	627782.97	943238.69	Wilson Picado Godinez	NI	NI	No
CAN-49	627736.78	943698.57	Ronald Ruiz Barrantes	NI	NI	No



CAN-53	625787.57	945997.92	Monica Sandi Elizondo	NI	NI	No
CAN-5	614497.99	954199.25	C.B.C.R.	14.7	NI	No
CAN-6	614497.99	954199.25	C.B.C.R.	18.9	0.6	Si
CAN-7	614497.83	954099.29	C.B.C.R.	109.7	NI	Si
CAN-8	613598.77	952598.39	C.B.C.R.	109.7	Artesiano	Si
CAN-9	612400.16	951897.64	C.B.C.R.	107.9	1.8	Si
GF-14	602594.84	957189.91	CIA BANANERA	11.27	NI	Si
GF-15	602494.12	957989.72	CIA BANANERA	10	NI	Si
GF-16	603097.99	953590.72	CIA BANANERA	82	NI	Si
GF-17	609197.76	953894.92	CIA BANANERA	119	Artesiano	Si
GF-18	609697.19	954295.95	CIA BANANERA	127.4	Artesiano	Si
GF-19	606197.39	954092.61	CIA BANANERA	88	Artesiano	Si
GF-20	606145.73	956192.77	CIA BANANERA	82.3	NI	Si
GF-21	609195.59	956294.90	CIA BANANERA	NI	Artesiano	No
GF-22	603496.41	955891.07	CIA BANANERA	89.7	NI	Si
GF-24	602903.94	952866.35	AyA	65	11.86	Si
GF-28	605053.48	946891.75	AyA	26	NI	No
GF-30	609137.27	954194.89	CIA. PALMA TICA	120.4	Artesiano	Si
GF-31	609346.93	954665.35	CIA. PALMA TICA	125	Artesiano	Si
GF-32	609347.66	954495.42	CIA. PALMA TICA	125	Artesiano	Si
GF-33	609522.18	954245.25	CIA. PALMA TICA	125	Artesiano	Si
GF-34	606447.60	954293.12	CIA. PALMA TICA	94.4	Artesiano	Si
GF-35	595857.98	941084.22	AyA	5	NI	Si
GF-37	602998.29	953115.09	COSECHADORA FIDERICA S.A.	36	Artesiano	Si
GF-38	608407.10	942093.69	AYA COMUNIDAD	NI	NI	No
GF-39	605605.04	944292.13	AYA COMUNIDAD	13	NI	No
GF-40	603103.05	947289.66	AYA COMUNIDAD	26	2.6	Si
GF-41	609700.77	950295.71	AYA COMUNIDAD	32	3.64	Si
GF-44	602923.52	953240.15	FIBERICA S.A.	42	2	Si
GF-45	603648.50	953440.92	EXPORTADORA P.M.T S.A	NI	NI	No
GF-46	607506.33	943193.61	AyA COMUNIDAD	19	7	Si
GF-47	605205.04	944791.53	COMUNIDAD	NI	NI	No
GF-48	609297.56	953794.81	CIA PALMA TICA S.A.	NI	NI	No
GF-49	602215.29	953527.13	AyA COMUNIDAD	45	3	Si
GF-50	597053.63	950906.38	AyA	50	2	Si
GF-51	597159.70	950985.18	I.C.A.A	43	2.17	Si
LA-1	620314.26	933802.99	CIA. BANANERA DE C. R.	60.96	1.8	Si
LA-10	615213.48	934148.48	AyA	14	NI	Si
LA-11	615312.85	934399.18	AyA	14	2.32	Si
LA-12	617662.01	935800.49	AyA	24	1.75	No



LA-2	620614.60	933502.62	CIA. BANANERA DE C. R.	NI	NI	No
LA-20	613562.19	936448.06	AYA	24.5	NI	Si
LA-3	616513.55	933999.36	CIA. BANANERA DE C. R.	131.8	2.4	Si
LA-4	614714.96	932498.19	CIA. BANANERA DE C. R.	18.9	2.7	Si
LA-5	613273.77	937307.10	I.T.C.O.	6	2.02	No
LA-6	616364.02	933050.11	COOPEAGROPAL, S.A.	30	1.35	Si
LA-7	611786.43	930046.45	EL NACIMIENTO DE VENUS	6	NI	No
LA-8	619563.21	935302.51	AyA	40	3.55	Si
LA-9	613410.69	937297.87	AyA	44	3.85	Si
PA-11	600528.45	936028.58	AyA COMUNAL	NI	NI	Si
PA-2	604876.72	936421.37	AYA	NI	NI	No
PA-3	605571.29	933321.92	AYA COMUNIDAD	33	NI	Si
PA-4	604876.88	936521.31	AYA	23	3.91	Si
PA-6	605970.74	933121.38	AyA COMUNIDAD	40	4.7	Si
PA-7	606678.03	937817.70	COMUNIDAD	35	3.73	Si
PA-9	600274.43	933430.44	COMUNIDAD	31.5	6.5	No
GF-56	600462.30	947904.53	Teragrades, S.a.	65	16,25 (40)	Si
LA-21	613465.68	931341.92	Palmatec Corporation De Costa Rica S.a.	NI	NI	No
LA-22	613565.55	931291.77	Palmatec Corporation De Costa Rica S.a.	NI	NI	No
LA-24	613660.52	931305.61	Palmatec Corporation De Costa Rica, S.a.	NI	NI	No
LA-23	613554.84	931461.70	Palmatec Corporation De Costa Rica, S..a	NI	NI	No
ILG-656	617496.46	952193.19	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-657	617395.51	951593.61	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-658	616194.06	950396.10	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-659	615394.90	950697.28	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-660	615394.41	950397.41	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-661	613393.33	949201.21	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-662	613393.66	949401.12	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-663	613396.91	951400.24	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-664	613398.86	952599.71	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-665	613399.19	952799.63	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-666	613399.35	952899.58	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-672	609603.56	954505.01	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-673	609303.53	954405.53	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-674	609004.30	954805.84	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-675	609003.51	954306.05	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-676	608803.51	954256.39	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-678	606604.87	954509.78	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
ILG-679	606504.29	954110.11	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No



ILG-680	606504.29	954110.11	CIA. PALMA TICA	NI	NI	No
INV-155	603185.61	959777.88	Aya	60	NI	Si
INV-235	608418.17	931171.44	A. Rurales	55	6.03	No
INV-273	606379.70	954339.21	CIA Palma Tica S.a	96.3	Artesiano	Si
INV-270	608778.32	956641.41	CIA Palma Tica S.a	122.5	Artesiano	Si
INV-271	606479.29	954738.88	CIA Palma Tica S.a	142.6	Artesiano	No
INV-272	605878.03	956938.87	CIA Palma Tica S.a	93	Artesiano	Si
INV-269	608679.86	954440.51	CIA Palma Tica S.a	121.9	Artesiano	Si
INV-268	608879.93	954541.15	CIA Palma Tica S.a	123.4	Artesiano	Si
INV-267	608879.73	955040.93	CIA Palma Tica S.a	125.9	Artesiano	/Si
INV-266	609279.92	954641.47	CIA Palma Tica S.a	140	Artesiano	Si
INV-265	609480.00	954742.10	CIA Palma Tica S.a	127.4	Artesiano	Si
INV-264	613279.71	954944.91	CIA Palma Tica S.a	14.6	2.7	Si
INV-263	613280.58	954244.20	CIA Palma Tica S.a	109.7	1.8	Si
INV-262	613280.39	954744.99	CIA Palma Tica S.a	102.9	6.4	Si
INV-261	614229.75	954595.52	CIA Palma Tica S.a	106	4.3	Si
INV-260	613280.96	953244.63	CIA Palma Tica S.a	109.7	5.5	Si
INV-259	613334.24	949742.07	CIA Palma Tica S.a	121.1	Artesiano	Si
INV-258	613333.84	949494.18	CIA Palma Tica S.a	74.1	Artesiano	No
INV-257	615283.19	950846.40	CIA Palma Tica S.a	109.7	1.5	SI
INV-256	615282.86	950645.48	CIA Palma Tica S.a	99	3.6	SI
INV-255	616183.13	951046.83	CIA Palma Tica S.a	90.8	0.6	SI
INV-254	617182.27	951997.79	CIA Palma Tica S.a	92.3	2.7	SI
INV-253	617181.84	952347.64	CIA Palma Tica S.a	NI	NI	No
INV-285	605652.94	944239.08	Comunidad	14	5.74	Si
PI-1	599014.92	958819.73	C.B.C.R.	10.7	NI	Si
PI-2	599291.51	960587.54	C.B.C.R.	50.3	NI	Si
PI-3	604212.28	958561.79	ASOC.DES. INT. GOLFITO	60	11.44	Si
PI-4	604493.97	958441.40	ACUEDUCTO RURAL EZPERANZA	39	16	Si
PI-5	602392.20	960589.77	I.C.E.	33	5.64	Si

En la figura 5 se observa la distribución de pozos del área de estudio, encontrándose que la mayor densidad de estos se concentra hacia el sector Norte de la zona de estudio, coincidiendo con los poblados de Neily, Río Claro. Mientras que hacia el Este y Sur, sectores de Canoas y Laurel - Caracol, su densidad se ve muy disminuida. En la parte central es muy baja a casi nula la presencia de pozos perforados o excavados de producción.



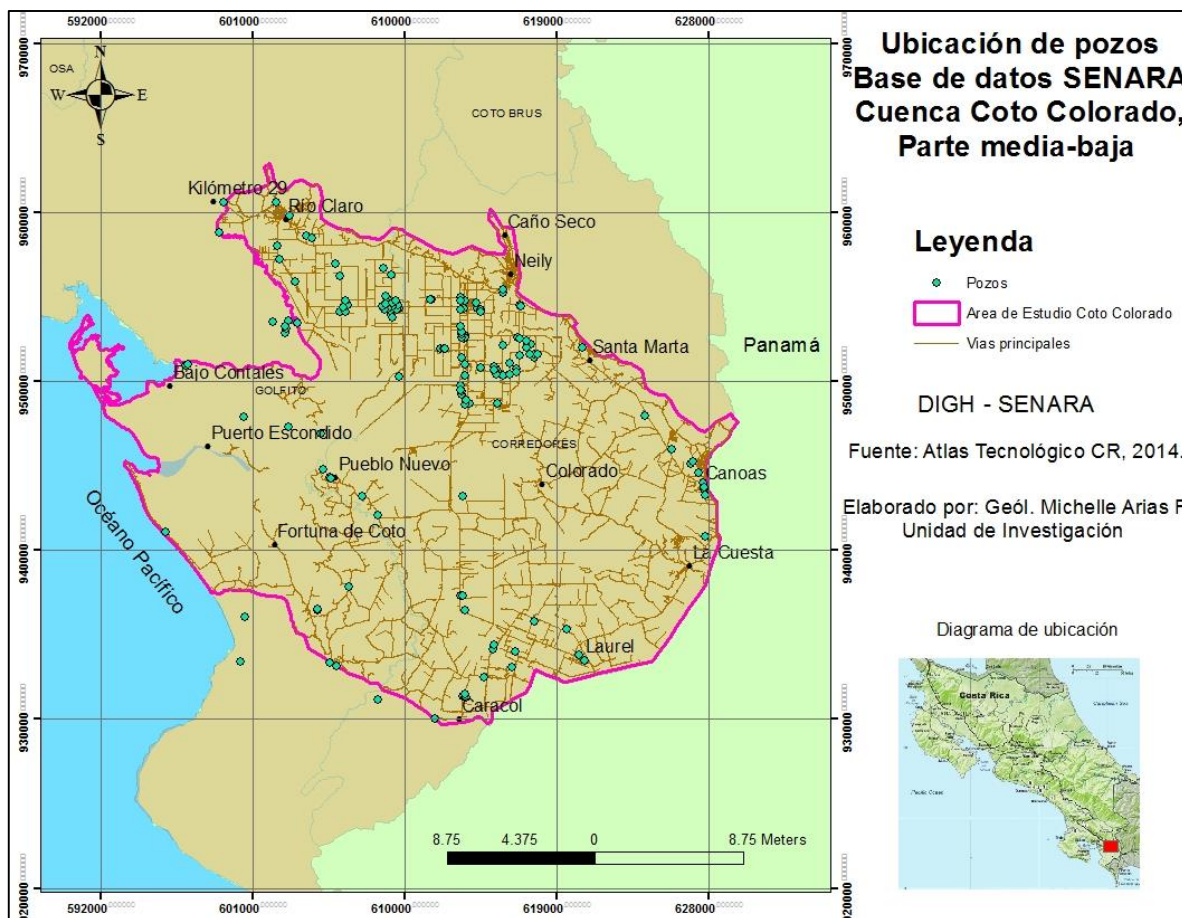


Figura 5. Ubicación de pozos según la base de datos de SENARA.

#### 4.2 Información de concesiones para el aprovechamiento del recurso hídrico.

La información de expedientes de trámites relacionados con concesiones para el aprovechamiento del recurso hídrico en la zona de Coto Colorado fue obtenida a través de la página del Sistema Nacional de Información para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (SINIGIRH).

En total, en el área de estudio se cuenta con la información de 43 expedientes de trámites de concesiones para el aprovechamiento de recursos hídricos, de los cuales 33 corresponden con acuífero (pozos), 5 con nacientes, 3 con captaciones superficiales (ríos o quebradas) y 2 sin especificar. Además, 12 se encuentran cancelados, archivados o denegados, 21 otorgados, 2 inscritos y 8 solicitudes nuevas o perforación.



La ubicación de estos expedientes de concesiones se muestra en la Figura 6, mientras que un resumen de sus características principales se presenta en el Anexo IV.

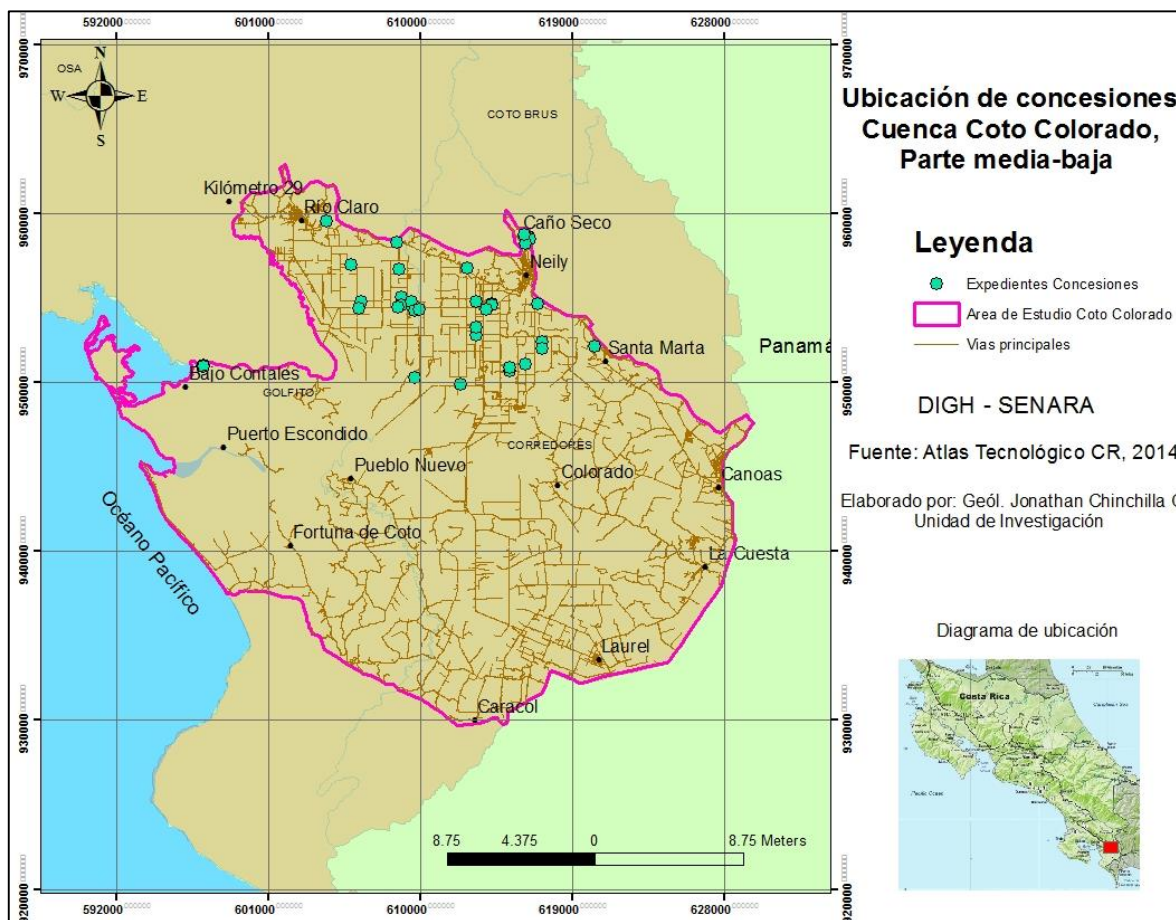


Figura 6. Mapa de concesiones registradas en el SINIGIRH.

#### 4.3 Información del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA)

La información de los pozos administrados por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados fue facilitada por la Dirección Área Funcional de Hidrogeología, UEN Gestión Ambiental. En el área de estudio se localizan seis fuentes, todas corresponden con pozos perforados distribuidos hacia el Norte y Este de la cuenca del Coto Colorado. En el Cuadro 6 se muestra la información básica de cada pozo y en la figura 6 se observa la ubicación de estas fuentes.



**Cuadro 6.** Pozos administrados por el AyA.

X_CRTM05	Y_CRTM05	Código	Nombre del pozo	Q (l/s)*	Concordancia Base Datos SENARA	Concordancia Concesiones DA
627989	940752	AyA-05-07	Pozo 1 La Cuesta	27	Ninguna	Ninguna
627763	940829	AyA-15-18	Pozo 2 La Cuesta	20	CA-45	Ninguna
616202	958182	AyA-03-08	Pozo La Fuente	25	Ninguna	ID-21283
603185	959779	AyA-11-14	Pozo 1 Rio Claro	17	INV-155	Ninguna
613709	949037	AyA	Pozo Coto 44	4	Ninguna	Ninguna
599689	951389	AyA-16-03	Pozo 1 La Mona	7,51	Ninguna	Ninguna

\*: caudal aprovechado o concesionado según oficio UEN-GA-2020-01238.

A partir del Cuadro 6, se desprende que existe concordancia entre los pozos CA-45 e INV-155, de la base de datos de SENARA, con dos de los pozos administrados por el AyA. Mientras que con respecto a las concesiones, solo el pozo AyA-03-08 se encuentra registrado en la base de datos de la Dirección de Agua.



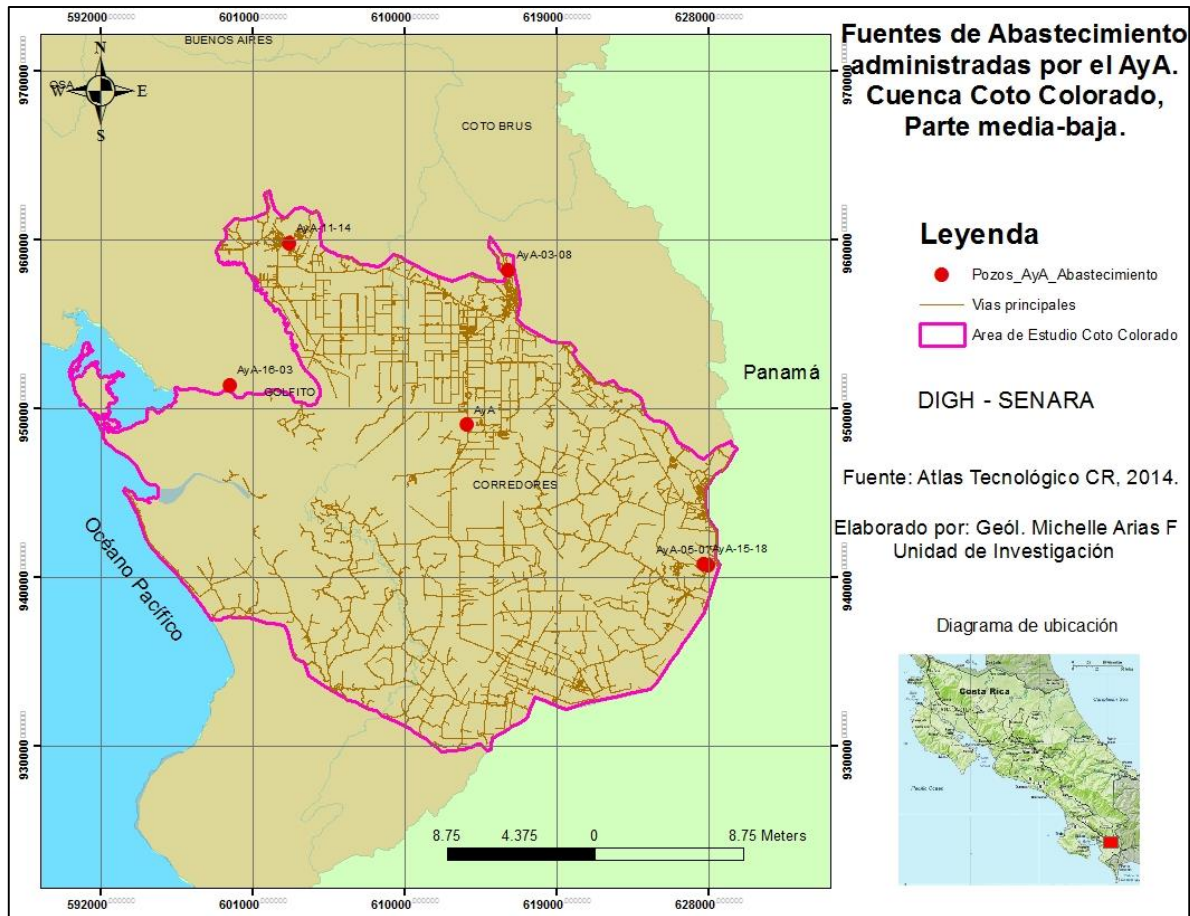


Figura 7. Pozos administrados por el AyA en la cuenca del Coto Colorado.



## 5. BALANCE HÍDRICO DE SUELOS (BHS)

### Insumos para el Balance Hídrico de Suelos

A partir de la búsqueda bibliográfica en las bases de datos de la Escuela Centroamericana de Geología, SENARA y la recopilación de información de estudios hidrogeológicos anteriores, elaborados en la zona de interés, se determina que una parte del sector norte, específicamente el sector de Río Claro, se traslapa con una porción del área del *Estudio hidrogeológico denominado Caracterización Hidrogeológica del Área de Influencia del Vertedero de Residuos de Golfito, Puntarenas* (Araya, 2017). En la figura 8 se muestra el área de traslape de ambos estudios y en el Anexo V los resultados de las pruebas.

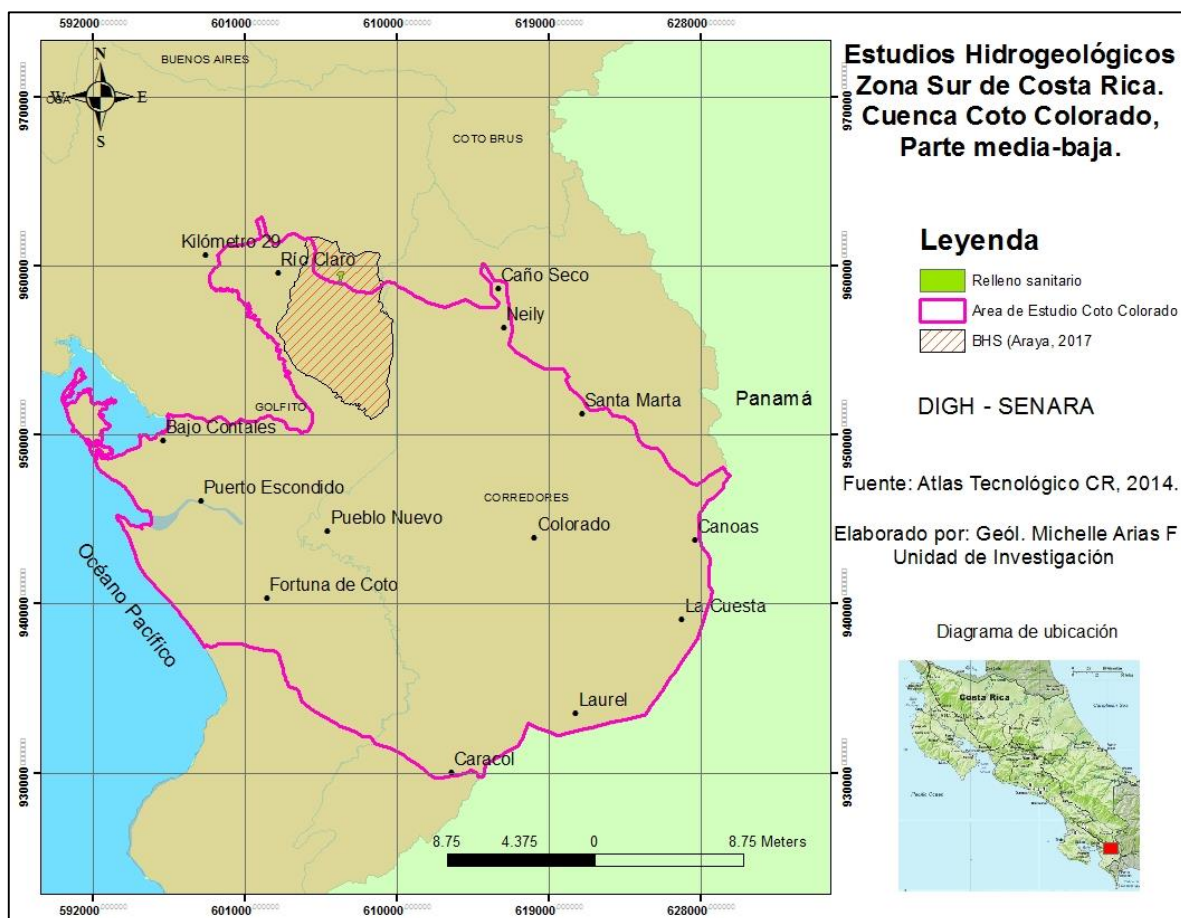


Figura 8. Estudios hidrogeológicos en la Zona Sur de Costa Rica.



## 5.1 Pruebas de infiltración

El estudio de Araya (2017), contiene 16 pruebas de infiltración, de las cuales 14 se localizan dentro del área del proyecto de investigación de SENARA (Figura 9). Correspondiendo con datos fundamentales para el cálculo del coeficiente de la capacidad de infiltración de los suelos y las unidades que se definan para realizar el Balance Hídrico.

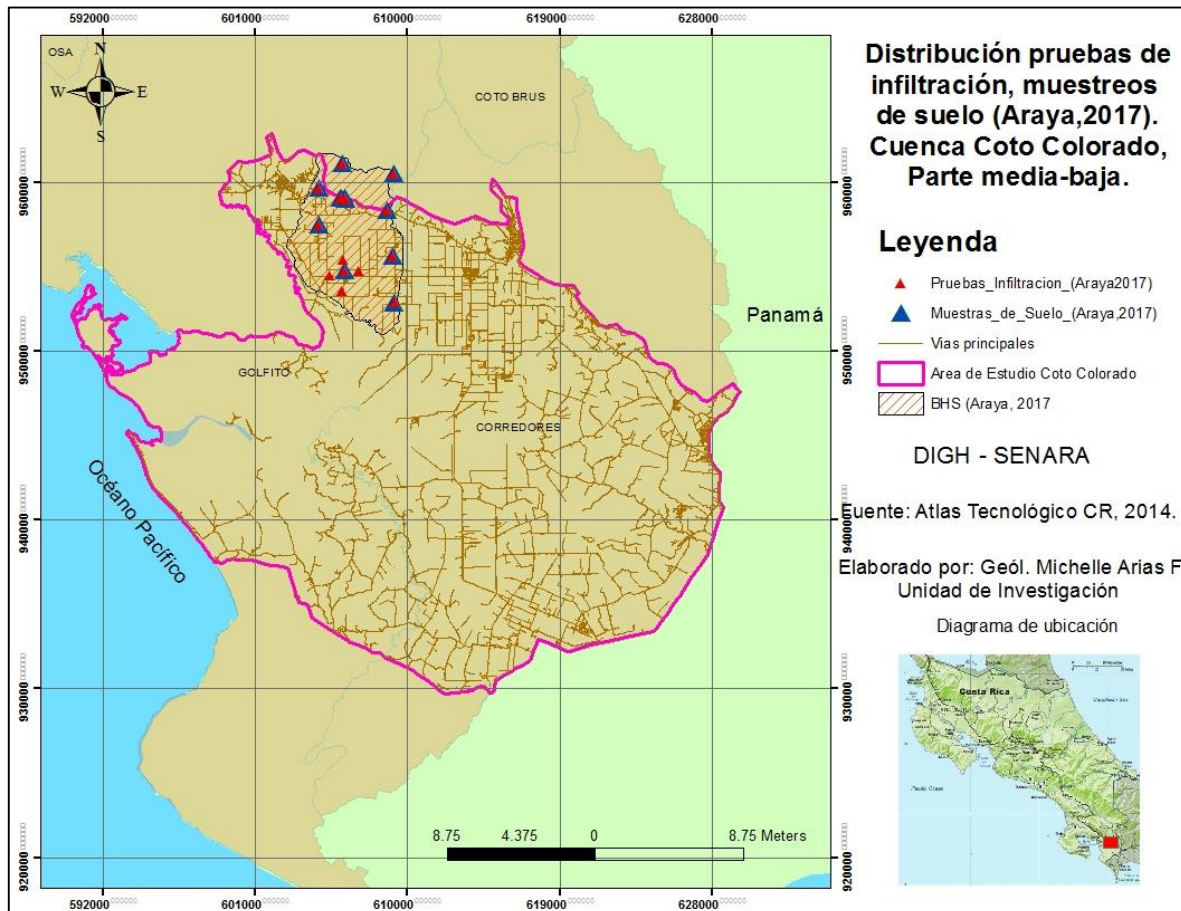


Figura 9. Distribución de pruebas de infiltración y muestreos en Araya (2017).

## 5.2 Clasificación y parámetros hidráulicos de los suelos

Dentro de los insumos que contiene el estudio de Araya (2017), están los análisis de 12 muestras de suelo con los respectivos datos de clasificación de Suelos (SUCS),



capacidad de campo, punto de marchitez, densidad real, densidad aparente. Del total de las muestras 10 se localizan en el área del proyecto de SENARA (Figura 9).

Por otra parte, en enero de 2020, SENARA inició un proceso de contratación administrativa que involucra la ejecución de 50 pruebas de infiltración (a través de la metodología de doble anillo) y el muestreo de suelos para analizar los parámetros de textura aplicando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), capacidad de campo, punto de marchitez, densidad real, densidad aparente; porosidad total y porosidad efectiva. Lo anterior para contar con la información básica para el desarrollo del balance hídrico de suelos en una etapa posterior.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

---

- ABRATIS, M., 1998: Geochemical variations in magmatic rocks from southern Costa Rica as a consequence of Cocos Ridge subduction and uplift of the Cordillera de Talamanca. - 134 págs. Univ. de Göttingen, Alemania [Tesis Doc.].
- ALVARADO, G.E., BARQUERO, R., TAYLOR, W., LÓPEZ, A., CERDAS, A. & MURILLO, J., 2009: Geología de la hoja General, Costa Rica. - Rev. Geol. Amér. Central, 40: 99-109.
- ALVARADO, G. & GANS, P., 2012: Síntesis geocronológica del magmatismo, metamorfismo y metalogenia de Costa Rica, América Central.- Rev. Geól. Amér. Central, 46: 7 - 122.
- ARAYA, C.D., 2017: Caracterización hidrogeológica del área de influencia del vertedero de residuos de Golfito, Puntarenas.- 207 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Tesis Lic.].
- BELLON, H. & TOURNON, J., 1978: Contribution de la géochronométrie K/Ar à l'étude du magmatisme de Costa Rica, Amérique Centrale. Bull. Société Géologique de France, 20, 6, p. 955-959.
- BERRANGÉ, J.P. & THORPE, R. S., 1988: The geology, geochemistry and emplacement of the Cretaceous-Tertiary ophiolitic Nicoya Complex of the Osa Península, southern Costa Rica.- Tectonophysics, 147: 193-220.
- BERRANGÉ, J. P., BRADLEY, D.R., SNELLING, N. J., 1989: K/Ar age dating of the ophiolite Nicoya complex of the Osa Península, Southern Costa Rica.- J. South Amer. Earth Sci., 2, 1, p. 49-59.
- BERRANGÉ, J. p., 1989: The Osa Group: An auriferous Pliocene Sedimentary unit from the Osa Peninsula, southern Costa Rica.- Rev. Geol. Amér. Central, 10: 67- 93.
- BUCHS, D.M., BAUMGARTNER, P.O., BAUMGARTNER-MORA, C., BANDINI, A.N., JACKETT, S.-J., DISERENS, M.-O. & STUCKI, J., 2009: Late Cretaceous to Miocene seamount accretion and mélange formation in the Osa and Burica Peninsulas (Southern Costa Rica): episodic growth of a convergent margin.- En: JAMES, K.H., LORENTE, M.A. & PINDELL, J.L. (eds): The Origin and Evolution of the Caribbean Plate.- Geol. Soc., London, Sp. Publ. 328: 411-456.
- BUCHS, D.M., ARCULUS, R., BAUMGARTNER, P.O., BAUMGARTNER-MORA, C., ULIANOV, A., 2010: Late Cretaceous arc development on the SW margin of the Caribbean Plate: Insights from the Golfito, Costa Rica, and Azuero, Panama, complexes.- Geochem. Geophys. Geosyst. 11(7), DOI: 10.1029/2009GC002901.



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 Panama: The near – shore marine record of Costa Rica and western Panamá.- Geol. Soc. Amer. Bull. 104: 814 – 828.

CORRIGAN J. D., 1986: Geology of the Burica Peninsula, Panamá – Costa Rica: Neotectonics implications for the southern middle America convergent margin.- 152 págs. Univ. de Texas, Austin [Tesis MSc.].

DEBOER, J.Z., DRUMMOND, M.S., BORDELON, M.J., DEFANT, M.J., BELLON, H. & MAURY, R.C., 1995: Cenozoic magmatic phases of the Costa Rica island arc (cordillera de Talamanca).- En: MANN, P. (ed.): Geologic and tectonic development of the Caribbean plate boundary in southern Central America.- Geol. Soc. Amer. Spec. Pap. 295: 35 – 56.

DENGO, G., 1953: A preliminary survey of geology of Puntarenas Province, Costa Rica.- 22 págs. Min. Agr. e Ind. San José [Inf. Interno.].

DENGO, G., 1962a: Tectonic-igneous sequence in Costa Rica.- En: ENGEL, A.E.J., JAMES, H.J. & LEONARD, B.F. (eds.): A volume to honor A.F. Budington.- Geol. Soc. Amer. Spec. Vol.: 133-161.

DENGO, G., 1962b: Estudio geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica.- 112 págs. IGN, San José.

DENYER, P. & ALVARADO, G., 2007: Mapa geológico de Costa Rica.- Escala 1: 400 000, Editorial de la Librería Francesa S.A., San José.

DENYER, P. & BAUMGARTNER, P.O. & GAZEL, E., 2006: Characterization and tectonic implications of Mesozoic-Cenozoic oceanic assemblages of Costa Rica and Western Panama.- Geologica Acta, 4(1-2): 219-235.

DENYER, P. & GAZEL, E., 2009: The Costa Rican Jurassic to Miocene oceanic complexes: Origin, tectonics and relations.- J. South Amer. Earth Sciences, 28: 429-422.

DI MARCO, G., 1994: Les terrains accrétés du sud du Costa Rica.- Mémoires de Géologie (Lausanne), 20: 1-184.

DI MARCO, G., BAUMGARTNER, P.O. & CHANNELL, J.E.T., 1995: Late Cretaceous-early Tertiary paleomagnetic data and revised tectonostratigraphy subdivision of Costa Rica and western Panama.- En: MANN, P. (ed.): Geological and tectonic development of the Caribbean Plate Boundary in Southern Central America. Geol. Soc. Amer. Bull. Spec. Paper, 295: 1-27.



HAUFF, F., HOERNLE, K., VAN DEN BOGAARD, P., ALVARADO, G. & GARBE-SHÖNBERG, D., 2000: Age and Geochemistry of Basaltic Complexes in Western Costa Rica: Contributions to the Geotectonic Evolution of Central America.- *Geochem. Geophys. Geosyst.* 1(5): 1999GC000020, DOI: 10.1029/1999GC000020.

HENNINGSEN, D., 1965: La fila costeña del Pacífico en Costa Rica y su posición dentro del sistema montañoso centroamericano meridional.- 90 págs. DGMP-MEIC, San José.

HOERNLE, K., VAN DEN BOOGARD, P., WERNER, R., LISSINA, B., HAUFF, F., ALVARADO, G. & GARBE-SCHÖNBERG, D., 2002: Missing history (16-71 Ma) of the Galápagos hotspot: Implications for the tectonic and biological evolution of the Americas.- *Geology*, 30: 795-798.

KUSSMAUL, S., 2000: Estratigrafía de las rocas ígneas.- En: DENYER, P. & KUSSMAUL, S., 2000: *Geología de Costa Rica*.- Editorial Tecnológica de Costa Rica, 63 – 86.

LINKIMER, L. & AGUILAR, T., 2000: Estratigrafía sedimentaria.- En: DENYER, P. & KUSSMAUL, S., 2000: *Geología de Costa Rica*.- Editorial Tecnológica de Costa Rica, 43-62.

MADRIGAL, R., 1974: Resumen de la estratigrafía de Costa Rica. Cátedra de Geología de campo. UCR., 17 pág.

MCMILLAN, I., GANS, P.B. & ALVARADO, G.E., 2004: Middle Miocene to present plate tectonic history of the southern Central American Volcanic Arc. - *Tectonophysics*, 392: 325-348.

MINAE; 2020: Archivo Nacional de Concesiones (versión digital).

MORA, S., 1979: Estudio geológico de una parte de la región sureste del Valle del General, provincia de Puntarenas, Costa Rica.- 431 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Tesis Lic.].

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.- 211 págs, Univ. de Costa Rica, San José [Tesis Lic.].

SENARA., 20120: Archivo Nacional de Pozos y Manantiales.

TOURNON, J., 1984: Magmatismes du Mesozoique a l' Actuel en Amerique Centrale: L'exemple de Costa Rica, des Ophiolites aux Andesites.- 335 págs. Univ. Curie, París [Tesis doctoral].

TOURNON, J. & ALVARADO, G., 1997: Mapa geológico de Costa Rica.- Escala 1: 500 000, Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.



TOURNON, J. & ALVARADO. G., 1997: Mapa Geológico de Costa Rica-Folleto explicativo.-Editorial Tecnológica de Costa Rica.-80 págs.

TOURNON, J. & BELLON, H., 2009: The southern Central America puzzle: Chronology and structure. A review.- Rev. Geol. Amér. Central, 40: 11-47.



## **ANEXOS**

Anexo 1. Información estaciones meteorológicas (fuente IMN).

Anexo 2. Información de aforos, base de datos SENARA.



Anexo 3. Información de pozos, base de datos SENARA.



Anexo 4. Información Concesiones Dirección de Agua, MINAE.



Anexo 5. Pruebas de infiltración y muestreos de suelos según Araya (2017).

