



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

**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO BÁSICO DEL CANTÓN MATINA,  
PROVINCIA DE LIMÓN, COSTA RICA, AMÉRICA CENTRAL**

**SENARA-DIGH-UI-INF-048-2022**

**Realizado por:  
M.Sc. Marita Alvarado Velas  
Lic. Jonathan Jesús Chinchilla Cortés**

**Julio, 2022**



**ELABORADO POR:**

\_\_\_\_\_  
**M.Sc. Marita Alvarado velas**

\_\_\_\_\_  
**Lic. Jonathan Jesús Chinchilla Cortés**

**REVISADO Y APROBADO  
POR:**

\_\_\_\_\_  
**M.Sc. Alonso Alfaro Martínez  
Jefe Unidad de Investigación**

## TABLAS DE CONTENIDOS

---

### Tabla de contenido general

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	Justificación .....	1
1.2	Propósito del informe.....	1
1.3	Objetivo general .....	1
1.4	Objetivos específicos .....	2
1.5	Ubicación administrativa-geográfica del área de estudio .....	2
1.6	Escala de trabajo.....	2
1.7	Periodo de análisis.....	2
1.8	Metodología de trabajo.....	3
1.9	Antecedentes.....	6
2.	GEOLOGÍA REGIONAL.....	8
2.1	Formaciones Geológicas.....	8
2.2	Geología Estructural.....	15
3.	HIDROLOGÍA .....	21
3.1	Cuencas hidrográficas de la zona de estudio.....	21
3.2	Clima, estaciones meteorológicas.....	21
•	Estaciones meteorológicas.....	23
3.3	Aforos en los cauces superficiales (ríos y quebradas).....	25
4	HIDROGEOLOGÍA .....	27
4.1	Información de pozos y nacientes según la base de datos del SENARA.....	27
4.2	Información de la Dirección de Agua del MINAE (concesiones para el aprovechamiento del recurso hídrico y dictámenes de cuerpos de agua).....	29
4.3	Información del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) .....	31
5	BALANCE HÍDRICO DE SUELOS (BHS) Y VULNERABILIDAD INTRÍNSECA.....	35
6	PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, INSUMOS A CONTRATAR Y ESTIMACIÓN PRESUPUESTARIA .....	37
7	BIBLIOGRAFÍA .....	46

8 ANEXOS.....	50
---------------	----

### **TABLA DE CONTENIDO DE FIGURAS**

Figura 1. Ubicación del área de estudio – cantón de Matina .....	4
Figura 2. Ubicación de áreas silvestres protegidas y territorios indígenas .....	5
Figura 3. Mapa geológico regional del cantón de Matina. ....	13
Figura 4. Columna estratigráfica de la región.....	14
Figura 5. Marco tectónico de Costa Rica.....	16
Figura 6. Contexto morfotectónico de la zona de estudio.....	17
Figura 7. Fallas y pliegues regionales en la zona de Matina y alrededores.....	19
Figura 8. Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica .....	22
Figura 9. Ubicación de estaciones meteorológicas cercanas al cantón Matina.....	24
Figura 10. Ejemplo del comportamiento de la precipitación en Matina. ....	25
Figura 11. Ubicación de afloros en el cantón de Matina.....	26
Figura 12. Ubicación de pozos y manantiales según la base de datos del SENARA.....	28
Figura 13. Ubicación de expedientes de concesión. Dirección de Agua del MINAE.....	30
Figura 14. Ubicación de dictámenes de cuerpos de agua. Dirección de Agua del MINAE. ....	31
Figura 15. Ubicación de aprovechamientos del AyA y ASADAS en el cantón de Matina.....	34
Figura 16. Insumos existentes en el cantón de Matina necesarios para la determinación de recarga potencial y vulnerabilidad de acuíferos. ....	36
Figura 17. Mapa de ubicación propuesta para contratación de insumos al estudio hidrogeológico (perforaciones exploratorias, análisis de suelos y pruebas de infiltración).....	45

### **TABLA DE CONTENIDO DE CUADROS**

Cuadro 1 Estudios que abarcan el cantón de Matina .....	6
Cuadro 2 Estudios hidrogeológicos presentados en SENARA .....	7
Cuadro 3. Subcuencas en el área del cantón de Matina .....	21
Cuadro 4. Resumen sinóptico-climático y tipo de vegetación de la subregión Atlántica 4 (RA4). Tomado de Solano & Villalobos (2001).....	23
Cuadro 5. Estaciones Meteorológicas en la zona de estudio, Matina.....	23
Cuadro 6. Afloros en el área de estudio .....	25
Cuadro 7. Caudales tramitados en concesión según tipo de uso .....	29
Cuadro 8. Aprovechamientos bajo administración de AyA en el sistema de Matina .....	32
Cuadro 9. Aprovechamientos bajo administración de ASADAS en Matina .....	32
Cuadro 10. Coordenadas de ubicación propuesta para las tomografías.....	38
Cuadro 11. Coordenadas de ubicación propuesta para las muestras de suelo e infiltraciones en las zonas de estudio definidas.....	40
Cuadro 12. Coordenadas de ubicación propuesta para las perforaciones exploratorias en las zonas de estudio definidas.....	42

Cuadro 13. Estimación de costos para los insumos a contratar – Zona 1 Matina. ....	42
Cuadro 14. Estimación de costos para los insumos a contratar – Zona 2 Batán. ....	43
Cuadro 15. Estimación de costos para los insumos a contratar – Zona 3 Carrandí - Matina....	43
Cuadro 16. Estimación de costos para las giras a realizar durante la supervisión de contrataciones y ejecución del estudio en el cantón de Matina.....	44

## **ANEXOS**

- Anexo 1. Información de estaciones meteorológica La Lola (Fuente IMN)
- Anexo 2. Información de aflores, base de datos de SENARA
- Anexo 3. Información de pozos y nacientes, base de datos de SENARA
- Anexo 4. Información de concesiones, Dirección de Agua del MINAE
- Anexo 5. Información de dictámenes de cuerpos de agua, Dirección de Agua del MINAE
- Anexo 6. Oficios GG-2022-01016, UEN-GA-2022-00517 (aprovechamientos AyA y ASADAS).
- Anexo 7. Insumos para balance hídrico de suelos, recopilados de bibliografía.
- Anexo 8. Contrataciones para estimación de presupuesto.

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1 Justificación

Como parte de la programación con que la Dirección de Investigación y Gestión Hídrica del SENARA cuenta para el desarrollo de investigaciones hidrogeológicas en distintos sectores del país, durante el año 2017 el cantón de Matina fue categorizado como un área de alta prioridad para el desarrollo de estudios hidrogeológicos, en función de las condiciones existentes en cuanto a uso del suelo, población y desarrollo humano, investigaciones previas, aprovechamiento del recurso hídrico y existencia de zonas costeras. La priorización indicada tuvo lugar en el marco de la contratación directa No. 2017CD-000018-OC “Servicios profesionales en hidrogeología para la sistematización y análisis de la información hidrogeológica generada en el país, Costa Rica”.

En este contexto, el presente informe constituye el estudio base para determinar la información hidrogeológica que existe sobre los acuíferos que se desarrollan en el cantón de Matina, cuyo análisis permitirá establecer qué otros estudios o investigaciones de campo se requiere llevar a cabo, para lograr una caracterización hidrogeológica más detallada de esos acuíferos en aspectos tales como sus zonas de recarga y vulnerabilidad intrínseca a la contaminación, los cuales constituyen parámetros fundamentales a considerar para la protección y el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico subterráneo a través del tiempo.

## 1.2 Propósito del informe

Recopilar, analizar, sistematizar y presentar la información hidrogeológica existente como parte de los estudios hidrogeológicos básicos en el cantón de Matina.

## 1.3 Objetivo general

Realizar la recopilación y diagnóstico de la información hidrogeológica disponible en el cantón de Matina, para utilizarse en la definición de posibles estudios hidrogeológicos específicos que se deben realizar en los acuíferos existentes.

#### **1.4 Objetivos específicos**

1. Determinar la geología superficial regional de la zona de estudio.
2. Recopilar la información hidrológica y climática existente en la zona de estudio y sus alrededores.
3. Recopilar la información hidrogeológica existente en el cantón.
4. Recabar la información existente de pruebas de infiltración y análisis de suelos.
5. Definir las posibles zonas, y estudios hidrogeológicos específicos o ensayos de campo que se deben realizar, para lograr una mejor caracterización de los acuíferos identificados.

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

El área de este estudio se circunscribe específicamente al cantón de Matina, ubicado en la provincia de Limón, entre las coordenadas CRTM05 aproximadas 1 130 229.3 – 1 083 441.9 N / 558 287.5 – 593 148.1 E de las hojas cartográficas Parismina, Matina, Barbilla, Chirripó, Moín, Río Banano y Estrella escala 1: 50 000. El cantón cuenta con un área aproximada de 770.4 km<sup>2</sup> y se encuentra dividido en los distritos de Batán, Matina y Carrandí (Figura 1).

Cabe mencionar, que hacia la parte alta del cantón se ubica parte de la Reserva Forestal Río Pacuare, Parque Nacional Barbilla y Refugio de Vida Silvestre Río Dantas. Además, la Reserva Indígena Cabécar de Nairi-Awari, Reserva Indígena Cabécar de Bajo Chirripó y la Reserva Indígena Cabécar de Chirripó (Duchii) (Figura 2).

Finalmente, los principales cauces de la zona los constituyen los ríos Zent, Peje, Chirripó, Barbilla, Matina, Río Madre de Dios, Cuba, Palacios y Canales de Tortuguero.

#### **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: 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 recopilación y análisis de información existente anterior al año 2022, exclusivamente de textos, mapas y bases de datos relacionadas con el tema hidrogeológico 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, Dirección de Aguas del MINAET y AyA, 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 y otras instituciones.
- Análisis comparativo de la información recopilada con respecto a La Metodología General para la Elaboración de los Estudios Hidrogeológicos para Planes Reguladores, publicada en el diario oficial La Gaceta, No. 137, del jueves 16 de Julio del 2015.
- Elaboración del Informe Estudio Básico Hidrogeológico.

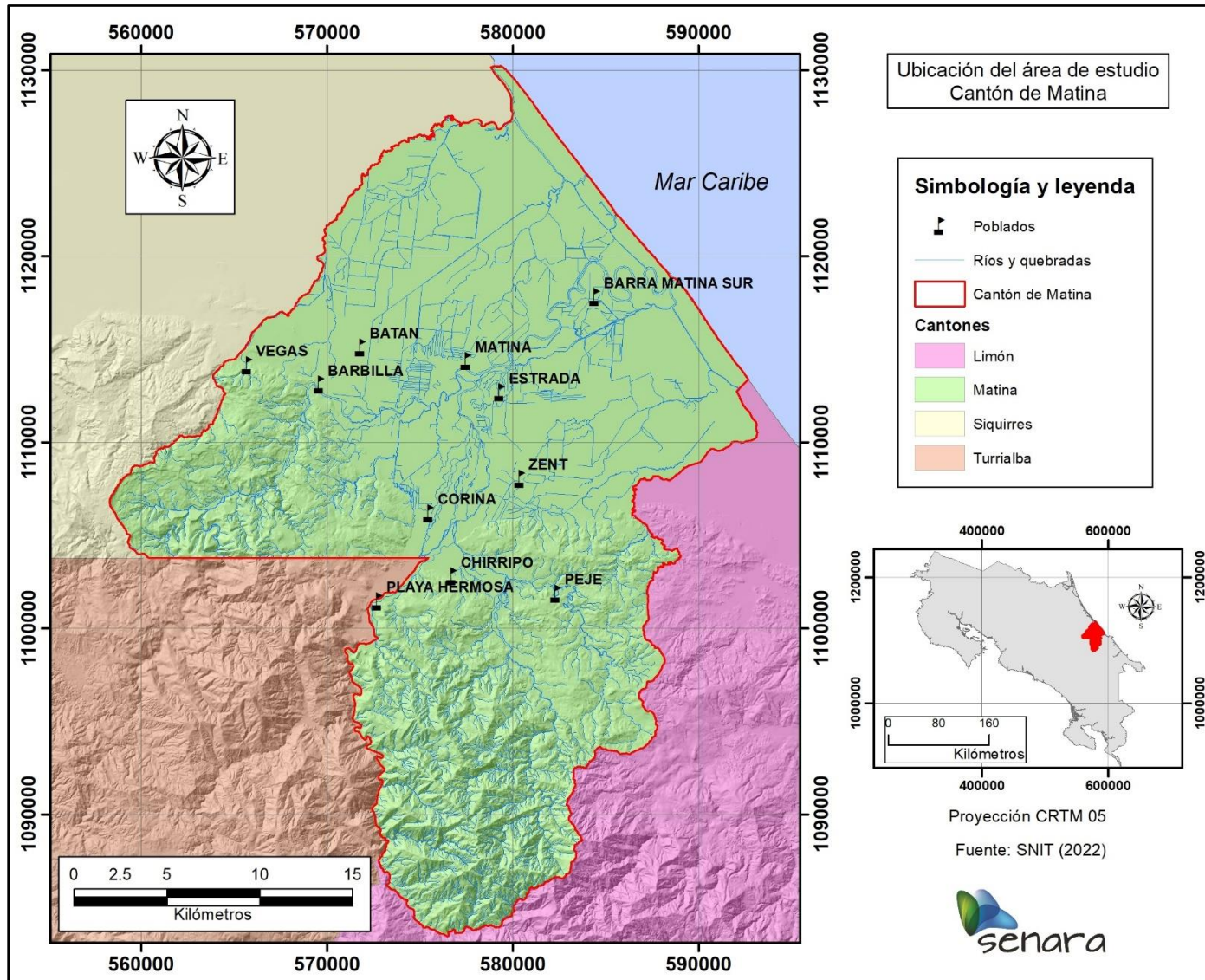


Figura 1. Ubicación del área de estudio – cantón de Matina

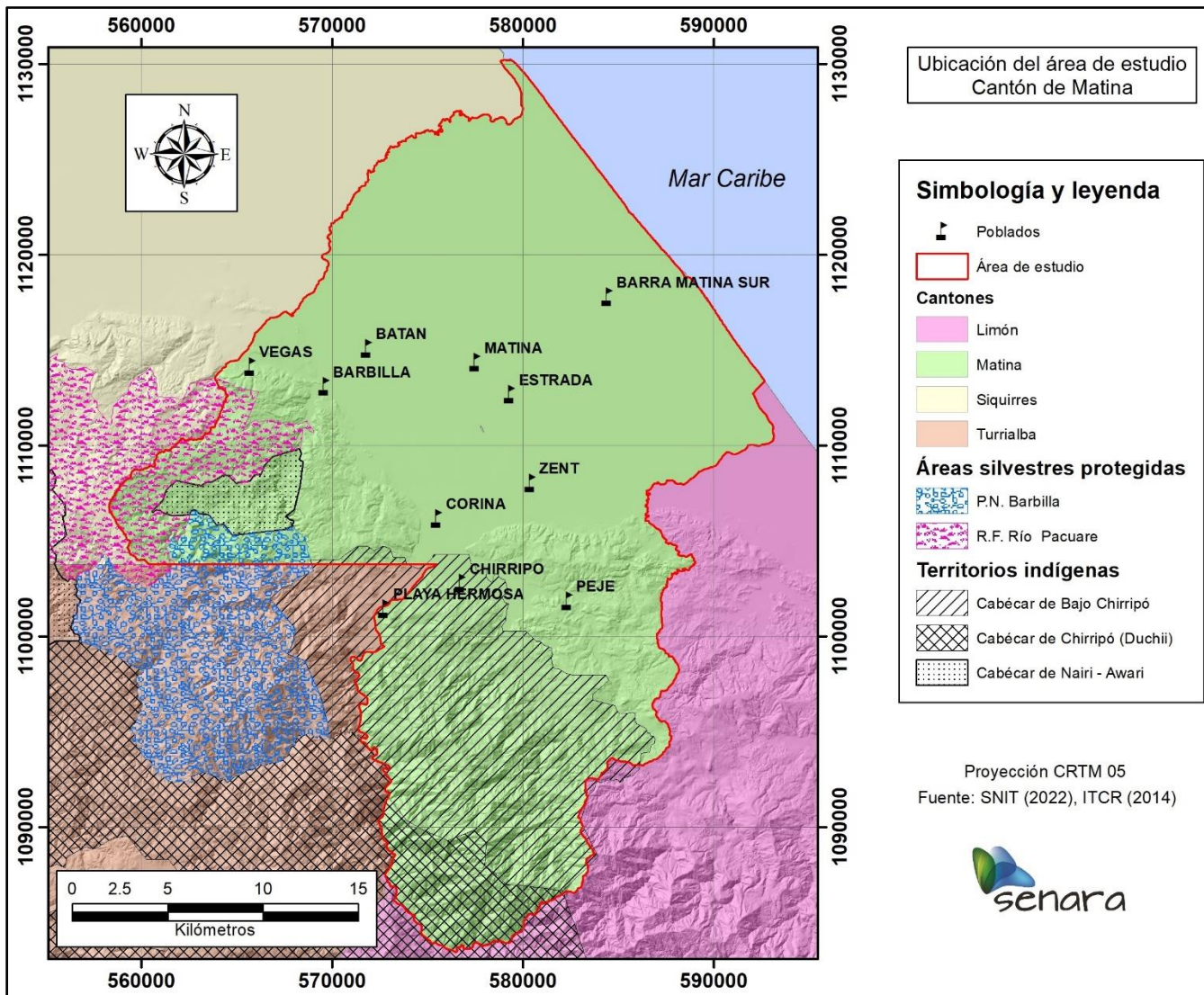


Figura 2. Ubicación de áreas silvestres protegidas y territorios indígenas

## 1.9 Antecedentes

En el área de estudio se han realizado los siguientes estudios geológicos y en menor cantidad hidrogeológicos, a diferentes escalas. Dentro de la información existente, en el siguiente cuadro, se indican los trabajos destacados ya sea por contenido, área de cobertura e importancia de la información:

**Cuadro 1** Estudios que abarcan el cantón de Matina

Estudio	Autor	Año
Estudio geológico-geotectónico prefactibilidad del proyecto hidroeléctrico Guayabo Turrialba, Cartago, Costa Rica	Carlos Madrigal Morales	1985
Técnicas de campo aplicadas en el método geofísico de sismica de reflexión: su interpretación y análisis	Francisco Sánchez González	1985
Caracterización geológico geotécnica del macizo rocoso del sitio de presa del proyecto hidroeléctrico Siquirres, Provincia de Limón, Costa Rica	Carlos Leonel Pérez Arias	1989
Incidencia de las fuentes sísmicas en la región Caribe de Costa Rica	Ileana María Boschini Lopez	1989
Análisis de estabilidad de laderas en la margen derecha del río Pacuare, proyecto hidroeléctrico Siquirres Provincia de Limón, Costa Rica	Alexis Cerdas Salas	1991
Correlation between the age of the subducting cocos plate and the geometry of the wadati-Benioff zone under Nicaragua-Costa Rica	Jorge Marino Protti	1991
Neotectonics of the Nicoya Peninsula, Costa Rica: A look at forearc response to subduction at the middle America Trench	Jeffrey Scott Marshall	1991
Neogene geochemistry of the Central American arc: Western Panama and Southeastern Costa Rica	Thomas Earl Jackson	1991
Late cretaceous- cenozoic tectonics and sedimentation in Southern Central America: Costa Rica and Panama	Radim Antonin Kolarsky	1992
Breve descripción litológica al Este y Oeste de la conjunción de los ríos Chirripo y Zent, provincia de Limón, Costa Rica	Carlos Chaves	1992
Geología en la región de Zent. Provincia de Limón, Costa Rica	Emma Tristán, Hugo Fajardo, Eduardo Alvarado & Adrián Villegas	1993
Estructura litosférica del istmo de Costa Rica (): Efectos del magmatismo en el margen convergente de un Plateau oceánico	Valentí Sallares Casas	1999
Análisis de la amenaza de licuefacción, lavas, lahares y caída de cenizas volcánicas en la región Caribe Norte de Costa Rica	Olga Matamoros Vega	-
Geology and basins history of the middle Costa Rica: An intraoceanic island arc in the convergence between the Caribbean and Central Pacific plates	Lolita Campos-Bejarano	2001
Presentación de un plan de gestión ambiental teórico conceptual aplicable al aprovechamiento de materiales de cauce de dominio público en la vertiente Atlántica, Costa Rica	Alfredo García Corrales & Esaú Chaves Aguilar	2005
Diagnóstico Geológico de la provincia de Limón: Modulo I: Geodinámica externa. Hidrogeología y sedimentología reciente. Módulo II: Geología Aplicada. Susceptibilidad a inundaciones y deslizamientos. Módulo III: Geología Básica. Cartografiado geológica	María Jose Alpizar R., Patrick Durán L., Diana Gamboa M., Maximiliano Garnier V., Daniela Herra H., Paulo León B., Diana Medina S., Alejandra Morera C., Bruno Protti M., Vanessa Rojas H.,	2007

	Danel Soto A. & Laura Villalobos C.	
Modelo tridimensional de densidades de la corteza superior en el sector Central de Costa Rica, basado en interpretación del campo gravimétrico	Oscar H. Lucke	2008
Palinología de la Formación Río Banano (sección río Carbón Volio, río Sand Box y quebrada Veinticinco) Mioceno Superior, Costa Rica	María Isabel Sandoval Gutiérrez	2009
Tratado de sedimentología de la cuenca Limón Sur- Costa Rica evolución tectono- sedimentaria, secuencias y reconstrucción paleogeográfica	Giovanni Botazzi Basti	-
Limite tectónico hipotético, deformación y sismotectónica del Sector Central de Costa Rica entre el golfo de Nicoya y Limón	Mario Fernández Arce	2010
Potencial sísmico de las fallas del Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica	José Manuel Rodríguez Sosa	2017
Neogene foraminifera of Costa Rica	David Terrance Cassell	-
The most recent large earthquakes in Costa Rica (1990 Mw 7.0 and 1991 Mw 7.6) and three - dimensional crustal and upper mantle P-wave velocity structure of central Costa Rica	Jorge Marino Protti- Quesada	-
Active tectonics and quaternary landscape evolution across the western Panama Block, Costa Rica, Central America	Jeffery S. Marshall	-
Licuefaction during the Limón- Telire earthquake, 22 April 1991	Per Hafstom	-
Seismic studies of crustal structure in Nicaragua and Costa Rica	Gerad Thomas Schuster	-

Fuente: Base de datos de la Biblioteca de la Escuela Centroamericana de Geología, 2022.

A nivel de trámites de proyectos que se han presentado ante el SENARA, los expedientes más relevantes que contienen algún tipo de información útil para fines de los estudios hidrogeológicos en el cantón de Matina se indican en el siguiente cuadro:

**Cuadro 2 Estudios hidrogeológicos presentados en SENARA**

Expediente	Proyecto	Autor	Año
040-2008	Estación de Servicio Batán, Limón	Sandra Arredondo Li	2002
166-2010	Cambio de tanques Estación de Servicio Matina	Alicia Gómez Cruz	2011
282-2016	Construcción de supermercado	Eduardo Rojas / Raysie Miller	2016
176-2018	Tanque de autoconsumo	Guillermo Barboza Gutiérrez	2018
146-2019	Tanque de autoconsumo de diésel	María Gómez Tristán	2019

Fuente: Repositorio digital DIGH-SENARA, 2022.

## 2. GEOLOGÍA REGIONAL

---

### 2.1 Formaciones Geológicas

En general se puede decir que las rocas que existen en la zona son de origen sedimentario y volcánico, durante el Paleógeno y Neógeno. La figura 3 representa las unidades geológicas de la zona de estudio, basados en el Mapa Geológico de Costa Rica de Denyer & Alvarado (2007). Además, la figura 4 muestra las relaciones estratigráficas existentes entre estas mismas unidades. A continuación, se describen las rocas que afloran en la zona.

#### 2.1.1 Formación Tuis

Está constituida por sedimentos de granulometría gruesa (ruditas) y composición volcánica, con algunos intervalos estratificados de arenitas y lutitas (Bottazzi et al., 1994).

Paris (1953) indica que esta formación puede ser dividida en 2 series, una inferior con un espesor de 600 m de siltitas y areniscas, bien soldadas, duras, de color marrón a gris alternando con aglomerados masivos y compactos, flujos de basalto y brechas de flujo asociadas. La serie superior tiene aproximadamente 700 m de siltitas, areniscas y calizas dolomíticas, bien soldadas a laminadas, de varios colores. Rivier (1973) menciona un espesor de más de 3000 m.

Linkimer & Aguilar (2000) mencionan que el origen de estas rocas está relacionado con la existencia de un arco volcánico que aportó gran cantidad de material a los mares, los cuales fueron removidos y depositados en el talud continental, en forma de flujos de detritos y corrientes de turbidez.

La edad de estas rocas va desde el Paleoceno al Eoceno Superior, según Bottazzi et al. (1994).

Fernández (1987) indica que esta formación está estratificada con la Formación Changuinola en la parte inferior y con la Formación Senosri en la parte superior.

#### 2.1.2 Formación Tulín y Bloque Rincón

Corresponde con basaltos alcalinos del Eoceno según Denyer & Alvarado (2007). Tournon & Alvarado (1997) mencionan que, basaltos anteriormente atribuidos al “Complejo de Nicoya”, se les asigna ahora edades más recientes, contemporánea a la cobertura sedimentaria de los basaltos de la península de Nicoya.

Tournon & Alvarado (1997) señalan que, la ocurrencia de basaltos submarinos no se limita a las costas del Pacífico y varios afloramientos fueron descritos en la vertiente caribeña de la Cordillera de Talamanca. En el curso medio del río Pacuare y sus afluentes ocurre un complejo basáltico con coladas en almohadilla y abundantes brechas. Este complejo está cubierto por calizas del Eoceno Superior o aún más tardías.

### **2.1.3 Formación Fila de Cal**

Está formada por calizas con macroforaminíferos, según Bottazzi et al. (1994), y Linkimer y Aguilar (2000), indican que las rocas de esta formación se desarrollaron bajo condiciones ambientales estables, con aguas turbulentas, pero sin turbidez, cálidas y oxigenadas, típicas de zonas tropicales, durante un período de disminución de la actividad volcánica, por lo que las aguas fueron limpias, bien iluminadas y con salinidad normal.

La edad de estas rocas va desde el Eoceno Medio a Superior, según Sprechmann et al. (1994).

### **2.1.4 Formación Senosri**

Incluye lutitas con intercalaciones frecuentes de areniscas y brechas calcáreas cargadas del material carbonatado de las plataformas, con macroforaminíferos, algas, bivalvos, partes de corales y fragmentos esqueléticos de otros organismos que vivían en zonas poco profundos (Linkimer y Aguilar, 2000).

Fernández (1987) indica que está compuesta por sedimentos de talud que incluyen una alternancia de calcilutitas y limolitas, con intercalaciones frecuentes de areniscas (calcarenitas depositadas por flujos de granos de material carbonatado nerítico) y pocas ruditas (principalmente gravas lodosas), interpretadas como flujos de escombros.

Bottazzi et al. (1994) mencionan que estas rocas se depositaron del Eoceno Medio al Mioceno Inferior, sobre el talud continental, y su origen está relacionado con la lenta y continua lluvia de sedimentos y organismos muertos, ocurrida entre depósitos de corrientes de turbidez, flujos de detrito y slumps.

Fernández (1987) también menciona que el contacto inferior es de tipo normal a transicional con la Formación Tuis y es transicional gradual con la Formación Uscari, en parte superior.

### **2.1.5 Formación Uscari**

Pizarro (1987) indica que la Formación Uscari está constituida por lutitas limosas gris violáceo a verdoso, fisibles, con estratificación maciza, que se caracteriza por su abundancia en microfósiles (dominan los foraminíferos).

Bottazzi et al. (1994) describe lutitas calcáreas, oscuras y suaves, las cuales se encuentran interestratificadas con algunas areniscas y conglomerados, y les da una edad del Mioceno Inferior al Mioceno Superior.

Las rocas de esta formación se depositaron en la plataforma continental, en una zona con gran cantidad y diversidad de organismos, y caracterizada por aguas iluminadas, oxigenadas y sujetas a la influencia de las olas, tormentas y corrientes marinas (Aguilar, 1993).

Sobreyace a la Formación Senosri y lateralmente presenta un cambio transicional con la Formación Río Banano (Fernández, 1987).

### **2.1.6 Formación Río Banano**

Corresponde con areniscas, lutitas y conglomerados, estratificados y de composición volcánica, depositados en un ambiente marino somero (estuarios, deltas, llanuras de marea y abanicos deltáicos (Bottazzi et al., 1994). Linkimer y Aguilar (2000) indican que poseen estructuras sedimentarias como ondulitas, laminación paralela y laminación cruzada, así como una rica y alta diversidad de fauna, incluyendo espinas de erizos, macroforaminíferos, nódulos de algas, corales, moluscos, briozoos, dientes de tiburón e icnofósiles.

Campos (2001) divide la formación en 2 partes:

1. La parte inferior, formada por 5 facies de frente deltáico:

- Alternancia de limolitas y lutitas ricas en cuarzo, del Mioceno Medio a Superior, interpretado como una facie de frente deltáico distal.
- Areniscas y limolitas intercaladas, con estratificación “hummocky” y “swaley”.
- Arenisca gruesa y de estratos gruesos, bioclástica, con moluscos, cuarzo y gránulos de glauconita, estratificación horizontal y cruzada, y deformación sinsedimentaria.
- Areniscas fina bioturbadas intercaladas con tempestitas.
- Areniscas de grano grueso y limoso de estratos gruesos a areniscas masivas con cuarzo, fragmentos de concha, clastos ígneos, hojas, madera.

2. La parte superior, formada por 5 facies de plano deltáico:

- Alternancias de areniscas de grano grueso a fino, areniscas con bloques y limolitas con carbón.
- Areniscas gruesas con restos vegetales, madera carbonizada, clastos ígneos, laminación horizontal, laminación cruzada, ripples, laminación ondulada discontinua, laminación lenticular.
- Alternancias de finas capas de areniscas, limolitas y lutitas, ricas en restos vegetales.
- Arenisca fina y lutita con carbón.
- Alternancias rítmicas de areniscas y areniscas fosilíferas con hasta 50% de conchas.

Linkimer y Aguilar (2000) indican que la edad de esta formación es del Mioceno Superior al Plioceno.

#### **2.1.7 Intrusivo de Talamanca**

Descrito por Denyer & Alvarado (2007) como intrusivos granitoides con facies gabroides del Mioceno con edades entre los 11.5 a 5.9 Ma.

Tournón & Alvarado (1997) mencionan que, los cuerpos intrusivos son en su mayor parte batolitos de tamaño variable, que intruyen volcanitas o sedimentos detríticos, donde desarrollaron aureolas de metamorfismo de contacto (cornubianitas). Las facies son variadas, encontrando gabros, dioritas y monzonitas, granodioritas, leucogranitos.

#### **2.1.8 Formación Guayacán**

Azembre & Tournon (1977) describen rocas hipoabisales alcalinas (diques y sills) con un espesor de hasta 30 m dentro de rocas sedimentarias del Terciario Inferior. Corresponde con teschenitas, una roca plutónica con feldespatoides, compuesta por diferentes proporciones de plagioclasa, analcima, ortosa, augita, olivino, hornblenda parda y magnetita, a veces con trazas de hauyna, nefelita y biotita. Estas teschenitas han sido datadas entre 4,5 Ma y 5,2 Ma (Bellón & Tournon, 1978).

#### **2.1.9 Formación Suretka**

Consiste en conglomerados y brechas, con partículas que varían desde el tamaño de las arcillas hasta bloques métricos, de composición volcánica e intrusiva (Cervantes, 1989).

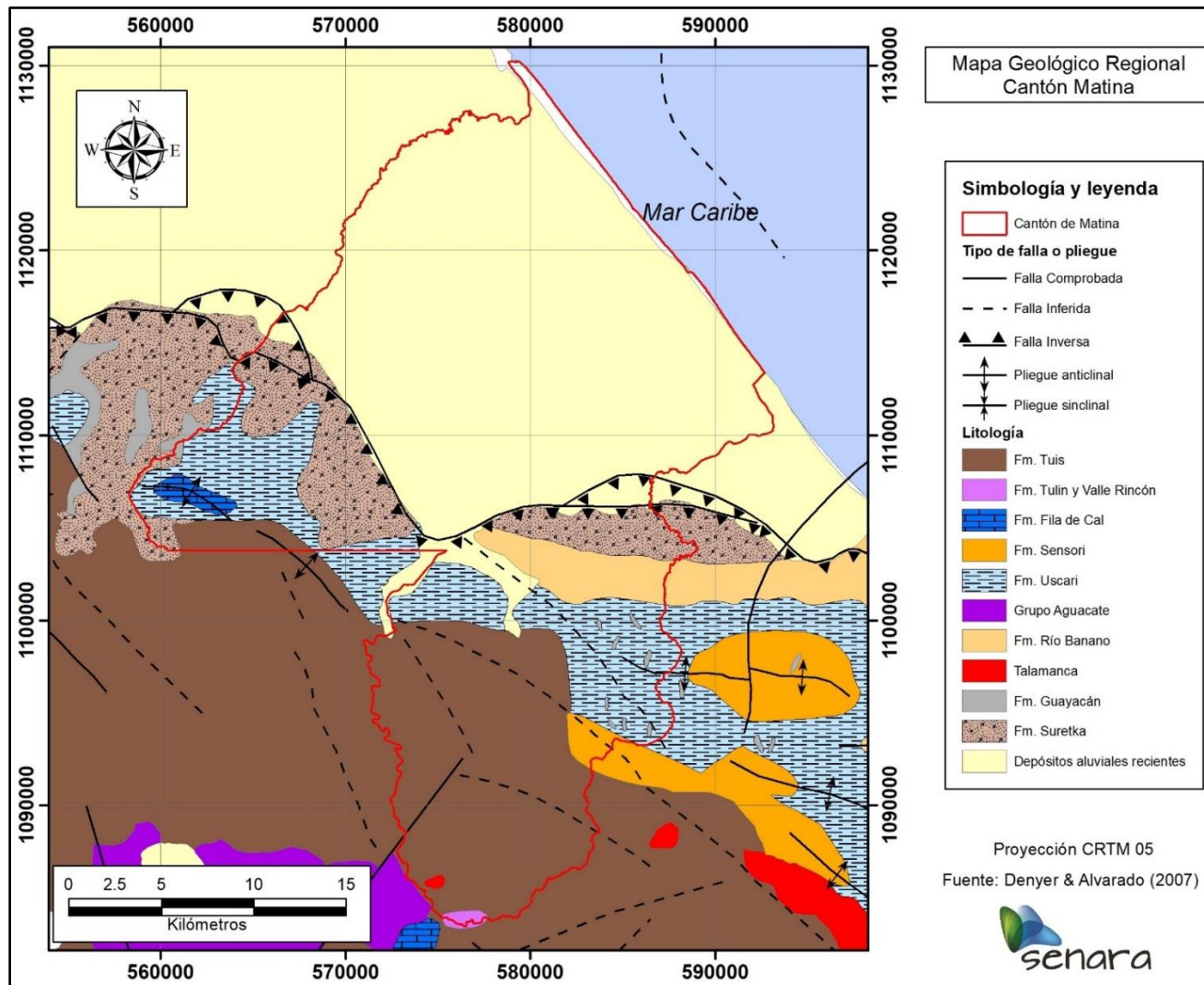
Bottazzi (2016) indica que son conglomerados y brechas polimícticos y areniscas medias con cemento silicio dispuestos en banco de decenas de metros de espesor, asociados a un ambiente aluvial.

Linkimer & Aguilar (2000) mencionan que estas rocas tipifican el inicio de una sedimentación eminentemente continental, cuya depositación ocurre durante el Plioceno – Pleistoceno, relacionada al retrabajo y transporte de masas terrestres expuestas a la erosión, debido al levantamiento de la Cordillera de Talamanca a partir del Mioceno Medio – Superior.

El contacto inferior es transicional con la Formación Río Banano y discordante con las formaciones Serosri y Uscari. Se interdigita con las formaciones volcanigénicas del Cuaternario y se relaciona lateralmente con limos y lutitas de ambiente marino somero de la Formación Limón (Fernández, 1987).

#### **2.1.10 Depósitos recientes**

Identificados por Denyer & Alvarado (2007) como sedimentos continentales y de transición marina – costera del Cuaternario. Constituidos principalmente por aluviones, coluvios y arenas de playa. En general se localizan en zonas deprimidas y planas, de disminución de gradiente y de baja elevación cerca de la costa. Son materiales inconsolidados con presencia de gravas, arenas o arcillas que han sido generadas a partir de la erosión de materiales preexistentes. Los aluviones acarreados y depositados por ríos o quebradas progresivamente van rellenoando diversos sectores del área, y a su vez, las corrientes marinas se encargan de transportar y depositar en las playas los materiales que logran llegar al mar. Al pie de los acantilados costeros o cerros del área, es posible localizar coluvios generados a partir de la caída y acumulación de materiales erosionados.



**Figura 3.** Mapa geológico regional del cantón de Matina.

Tomado de Denyer & Alvarado (2007)

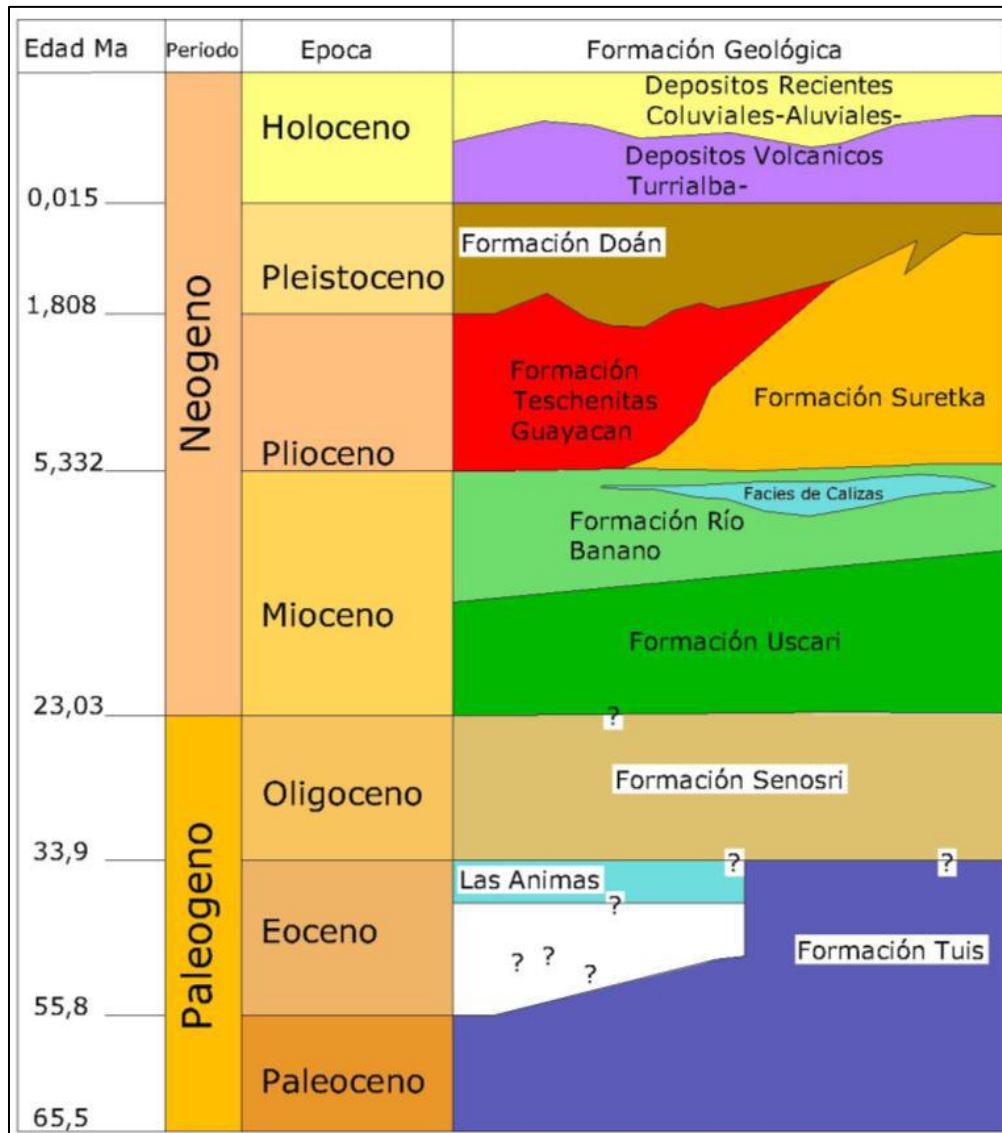


Figura 4. Columna estratigráfica de la región.

Tomado de Espinoza (2012).

## 2.2 Geología Estructural

### Marco geotectónico

El contexto geotectónico en que nuestro país se localiza corresponde con la zona de convergencia entre las placas tectónicas Coco y Caribe, en donde la placa de Coco se subduce bajo la Caribe a lo largo de la Fosa Mesoamericana, depresión alargada paralela a la costa Pacífica de rumbo NW que marca el inicio de esta subducción.

Montero (2000a) menciona que la placa de Coco acarrea varios levantamientos submarinos que eventualmente colisionan y se subducen en la Fosa Mesoamericana, tal es el caso del levantamiento oceánico del Coco, que corresponde con una serie de montañas submarinas que se levantan entre 1 y 2 km por encima del nivel del fondo oceánico y se subducen frente a las costas de la península de Osa al sur de Costa Rica.

La colisión y subducción del levantamiento oceánico del Coco genera una fuerte interacción con el sector continental, que tiene importantes implicaciones neotectónicas y sismológicas (Montero, 2000b). Collins, Coates, Jackson & Obando (1995) consideran que esta colisión se originó hace unos 3,6 Ma, lo cual provocó la terminación del vulcanismo en la actual Cordillera de Talamanca, así como fuertes levantamientos y el incremento en la erosión.

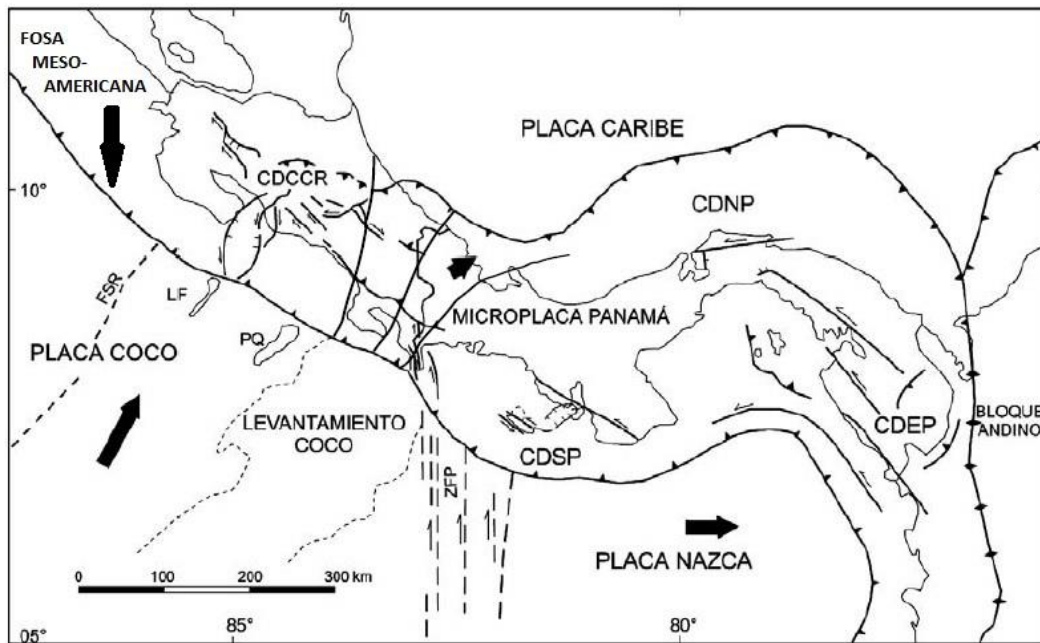
Montero (2000b) indica que, con el inicio de esta subducción y a partir de las fuerzas compresivas asociadas, se han generado una serie de fallas neotectónicas entre el antearco y el trasarco del este de Costa Rica. En esa misma línea, Montero (2000a) menciona que, como consecuencia de la colisión del levantamiento del Coco con el sur del país y la colisión de Panamá con la Placa Suramericana, se generó la formación de la microplaca Panamá como un bloque tectónico que se desprendió de la placa Caribe y que tiene un movimiento relativo al ENE con respecto a esta última (Figura 5).

Es así, como en el Caribe de Costa Rica existe un sistema compresivo compuesto por fallas inversas y pliegues, que forman parte del llamado Cinturón Deformado del Norte de Panamá, el cual bordea el litoral Caribe de este último país y se continúa en Costa Rica hasta cerca de puerto Limón, en donde cambia de rumbo y entra en la región central de Costa Rica, donde existe un sistema de fallas y pliegues que recibe el nombre de Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica. Ambos cinturones constituyen los límites norte y oeste de la microplaca de Panamá con respecto a la placa Caribe (Montero, 2000a).

El fallamiento y plegamiento en la zona límite entre la microplaca Panamá y la placa Caribe, sugieren un movimiento relativo entre norte y este noreste para la parte sur de

Costa Rica, lo cual origina compresión tanto en el sector norte de la Cordillera Volcánica Central como a lo largo del margen Caribe hacia el SE de puerto Limón. Esto ocurre en fallas de movimiento horizontal predominantemente izquierdas de rumbo NE a E-NE y derechas de rumbo NW, inversas de rumbos W-NW y en pliegues de rumbos similares.

Fallas normales de rumbos cercanos a N también contribuyen al proceso de interacción (Montero, 1994).



**Figura 5.** Marco tectónico de Costa Rica.

(Tomada de Montero, 2001)

### Ubicación morfotectónica

En las zonas de subducción se generan una serie de elementos morfológicos comunes que son originados por los procesos tectónicos y magmáticos que ocurren. Es así, como gran parte del área de estudio se localiza o forma parte de la unidad morfotectónica denominada cuencas trasarco, específicamente las Llanuras de Tortuguero y Baja Talamanca según Denyer, Montero y Alvarado (2003). Además, de conformidad con estos mismos autores, hacia el extremo sur en la parte alta de la zona de estudio es posible localizar materiales ígneos asociados con sectores del Arco Interno, específicamente de la Cordillera de Talamanca. También, dentro de las cuencas trasarco describen la existencia de magmatismo trasarco de tipo alcalino, originado durante el Neógeno y Cuaternario (Figura 6).

- Arco Interno

Según Montero (2000a) el arco interno corresponde con el sistema de cordilleras que atraviesa Costa Rica con rumbo NW, en donde predominan rocas de origen ígneo que provienen de magmas que se originan en la zona de subducción. Los sectores más cercanos para el área de interés se asocian con la subprovincia de la Cordillera de Talamanca.

- Cuenca Trasarco

Corresponde con la cuenca sedimentaria que se encuentra detrás del Arco Interno y que en el caso de estudio se encuentra representada por las llanuras de Tortuguero y la paleocuenca de Baja Talamanca. Esta paleocuenca ha sufrido desde el Plioceno un proceso de inversión tectónica (levantamiento por fallamiento inverso) similar a la cuenca de Térraba (Montero, 2000a).

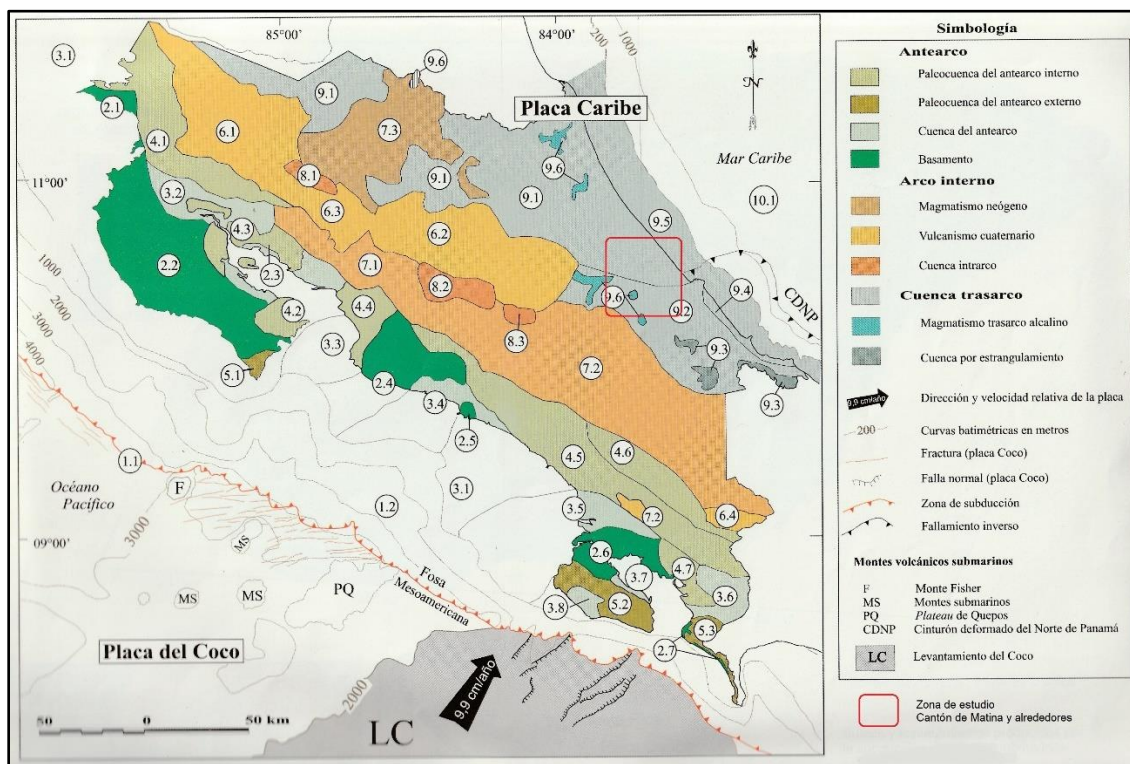


Figura 6. Contexto morfo-tectónico de la zona de estudio.

Arco interno (7.2 Cordillera de Talamanca), Cuenca Trasarco (9.1 Llanura de Tortuguero, 9.2 Baja Talamanca, 9.6 Vulcanismo alcalino Neógeno y Cuaternario, CDNP (Cinturón Deformado del Norte de Panamá) (Tomado de Denyer Montero y Alvarado, 2003).

## Sismicidad y neotectónica

Fernández et al. (1994) mencionan que el estilo estructural en la Cuenca Limón Sur se caracteriza por esfuerzos compresivos con dirección noreste, originados a partir de tres eventos principales que son: 1) La colisión de la dorsal del Coco y el levantamiento generalizado asociado, 2) el emplazamiento del Plutón de Talamanca durante el Mioceno Superior y 3) la colisión del Bloque Panamá contra la placa Suramericana, que resultó en la estructuración del Cinturón Deformado del Norte de Panamá, del cual forman parte los cinturones de sobrecorrimiento en la cuenca de Limón. Por su parte, Montero (2001) indica que la orientación del esfuerzo principal máximo varía entre N – S en el centro de Costa Rica a NE en la zona de Baja Talamanca.

- *Sector Trasarco*
  - Sistema de fallas inversas Siquirres – Matina

Montero (2000b) lo describe como una serie de fallas activas de tipo inverso, con escarpes de rumbo cercano al E-W, que se presentan entre Siquirres y Matina (F1 en figura 7). Los escarpes tienen alturas máximas entre 200 y 300 metros, aunque los más recientes tienen menos de 100 metros. En algunos sectores presentan un único escarpe, pero en otros existen varias líneas de escarpe (Montero, 2001).

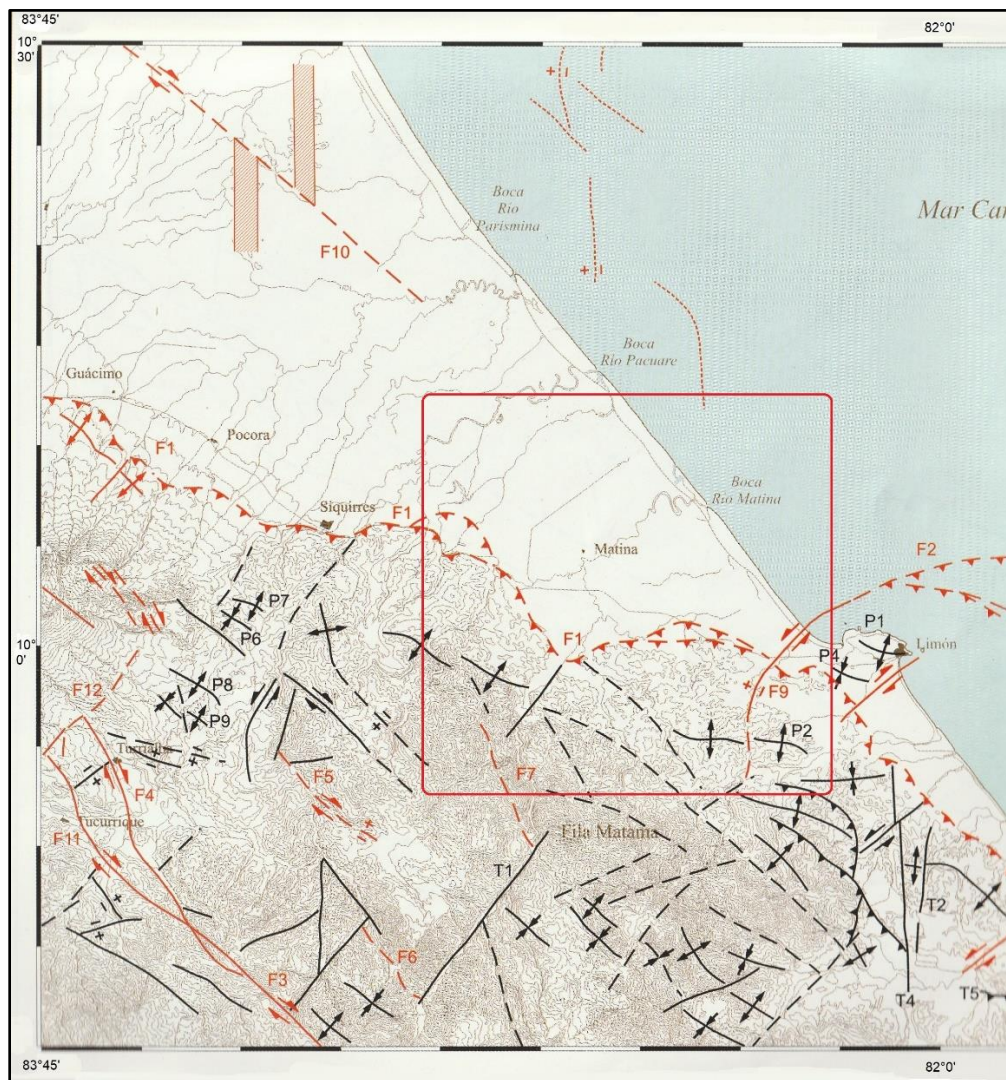
Estas fallas marcan el límite entre el sector noreste de la Cordillera de Talamanca y la llanura Aluvial entre las poblaciones de Siquirres y puerto Limón (Montero, 2001).

Linkimer (2003) menciona que este sistema corresponde con fallas inversas que se extiende desde el sur de Guácimo hasta Matina y se expresa en forma de escarpes y pliegues antiformal de rumbo WNW y E-W. Se describe como de bajo ángulo y que se inclina hacia el sur. Hacia el W de Siquirres se hace difícil reconocer la traza del sistema de fallas ya que está cubierta por potentes depósitos laháricos y abanicos aluviales. Linkimer (2003) considera a esta falla como de carácter neotectónico y menciona que la actividad sísmica en los alrededores de Siquirres y Guácimo es muy escasa.

Montero (2001) menciona que el sistema de fallas Siquirres – Matina se une con la falla de Limón (en la que ocurrió el terremoto de Limón en 1991) mediante la falla de transferencia de Río Blanco (F9 en figura 7). La Falla de Río Blanco por su parte, es de desplazamiento de rumbo sinistral con componente normal y corresponde con una rampa lateral entre el sistema de fallas inversas de Matina – Siquirres y el sistema de fallamiento inverso del Cinturón Deformado del Norte de Panamá, al cual pertenece la falla de Limón.

- *Fallamiento y pliegues de Baja Talamanca*

Denyer, Montero y Alvarado (2003) mencionan que en la Baja Talamanca se han determinado varias fallas, posiblemente neotectónicas y de rumbo predominante NW. Entre las principales se pueden mencionar las fallas Pacuare y Ayil (F5 y F7 en figura 7), localizadas hacia el SW y Sur de la comunidad de Matina. Adicionalmente, Montero (2000b) indica la presencia de pliegues con rocas pliocénicas y pleistocénicas en sus flancos, de un rumbo similar al fallamiento, también asociados al levantamiento que ha venido ocurriendo en la Baja Talamanca debido a esfuerzos compresivos asociados con la colisión del levantamiento del Coco (Figura 7).



**Figura 7.** Fallas y pliegues regionales en la zona de Matina y alrededores.

F1 (Sistema de fallas inversas Siquirres-Matina y Guácimo. F5 y F7 (Fallas Pacuare y Ayil). F9 (Falla Río Blanco). Nótese el sistema de pliegues con rumbo predominante NW. (Tomado de Denyer, Montero y Alvarado, 2003).

La Falla Ayil (F7 en Figura 7), es una de las más cercanas al cantón de Matina que se localiza en la Cordillera de Talamanca. Corresponde según Montero (2001) con un lineamiento prominente de rumbo NW, de alto ángulo y se identifica por sus valles prominentes alineados y sillas de falla igualmente alineadas. Un gran deslizamiento originado a lo largo de su traza ha originado la laguna de Ayil.

### 3. HIDROLOGÍA

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

La zona de estudio se localiza en la Vertiente Atlántica del país y forma parte de las cuencas Costero Caribeñas. En el Cuadro 3 se incluyen las subcuencas, áreas y totalidad del área de subcuencas para el cantón de Matina.

**Cuadro 3.** Subcuencas en el área del cantón de Matina

Cuenca	Subcuenca	Área (km <sup>2</sup> )
Costero Caribeño	Isla Estero Madre de Dios	7
	Isla Canal río Vueltas	7
	Isla río Chirripó – río Matina	3
	Río Palacios – río Escondido	50
	Río Cuba – río Toro	50
	Quebrada Pama – Queb. Lyon – Laguna Choreja	101
	Río Madre de Dios	76
	Isla Estero Madre de Dios	3
	Río Chirripó	469
Total		766

Los cursos de agua superficial principales en este sector lo constituyen el río Chirripó y el río Barbilla que se unen al río Matina que desemboca al mar.

#### 3.2 Clima, estaciones meteorológicas

De acuerdo con Solano y Villalobos (2001) la zona de estudio se encuentra en la Región Climática Atlántica, que comprende la provincia de Limón y la parte oriental de la provincia de Cartago (de Turrialba hacia el este). En esta región de clima tropical húmedo, la lluvia es abundante, siendo más acentuada en las partes montañosas donde llueve todo el año, además presenta una serie de subregiones pequeñas como producto de la misma diversidad de factores así se encuentran áreas con clima lluvioso, principalmente en las llanuras y en alturas inferiores a los 60 metros sobre el nivel del mar (msnm), áreas con clima de las faldas de la Cordillera Volcánica del Norte del lado Caribe, en alturas de 600 a 1600 msnm.

El cantón de Matina se ubica específicamente en la subregión RA4 (Figura 8) donde el clima se describe como Lluvioso o Atlántico.



**Figura 8.** Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica

(Tomado de Solano y Villalobos 2001).

Para la subregión RA4 en el siguiente cuadro se resumen las características principales asociadas con el clima y tipo de vegetación.

**Cuadro 4.** Resumen sinóptico-climático y tipo de vegetación de la subregión Atlántica 4 (RA4). Tomado de Solano & Villalobos (2001).

Lluvia media anual (mm)	Temperatura máxima media anual (°C)	Temperatura mínima media anual (°C)	Temperatura media anual (°C)	Promedio de días con lluvia	Duración del periodo seco	Tipo de vegetación
3844	30	21	25	201	sps	Bosque húmedo tropical

SPS: Sin período seco

- **Estaciones meteorológicas**

De acuerdo con el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y con el Atlas del Instituto Tecnológico de Costa Rica del 2014, las estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio y que cuentan con información de interés, en distintos periodos de registro, se presentan en el siguiente cuadro:

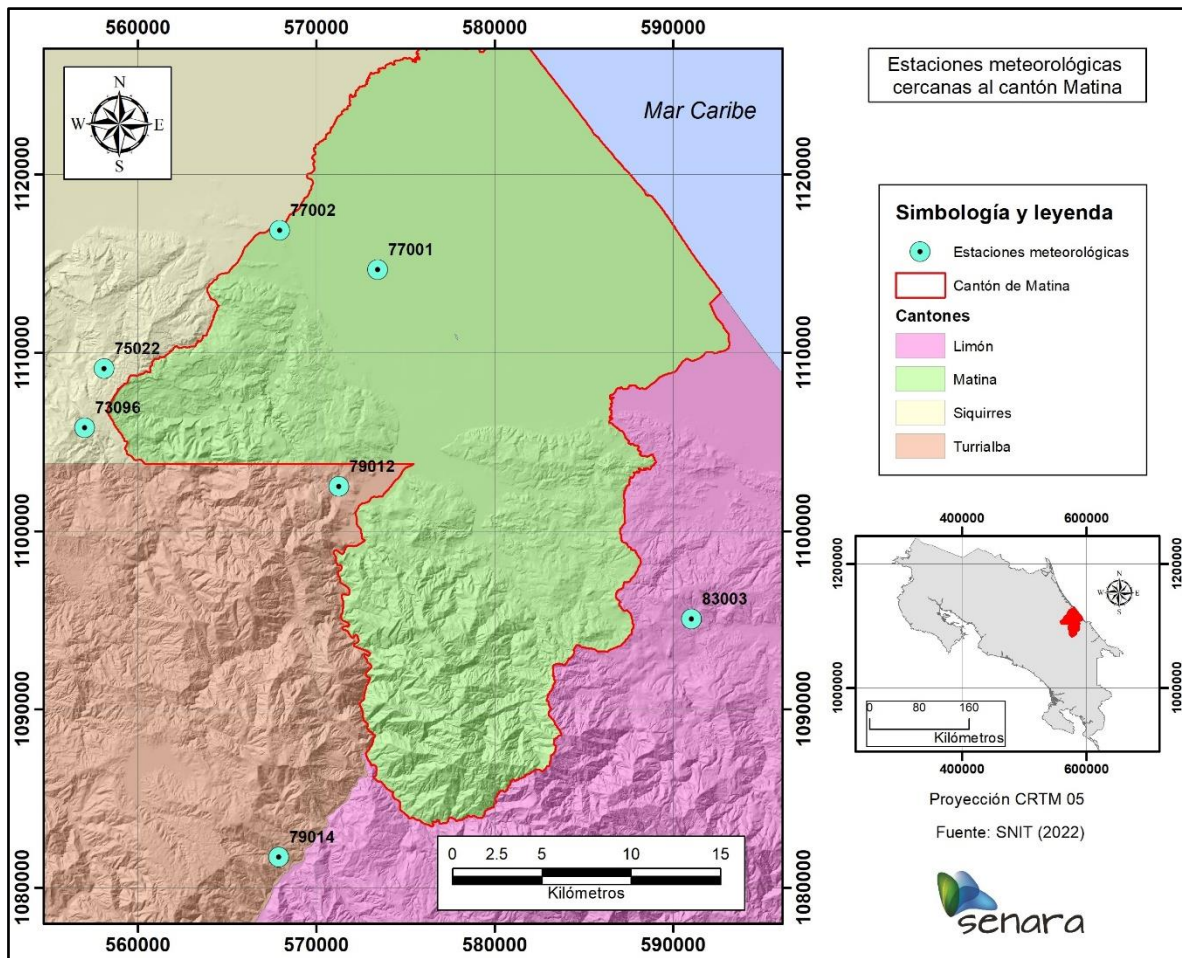
**Cuadro 5.** Estaciones Meteorológicas en la zona de estudio, Matina.

Número	Nombre de la estación	Y (CRTM05)	X (CRTM05)	Elevación (m.s.n.m.)	Cuenca	Institución
77002	La Lola	1116868	567950	40	Madre de Dios	IMN
77001	Batán	1114667	573434	15	Madre de Dios	ICE
79012	Playa Hermosa	1102496	571266	100	Matina	ICE
83003	Asunción	1095082	591047	130	Banano	ICE
75022	Finca Mirador	1109109	558098	440	Pacuare	ICE
73096	El Sauce	1105789	557007	740	Reventazón	ICE
79014	Capilla 1	1081721	567896	580	Matina	ICE

FUENTE: IMN (2022), ITCR (2014).

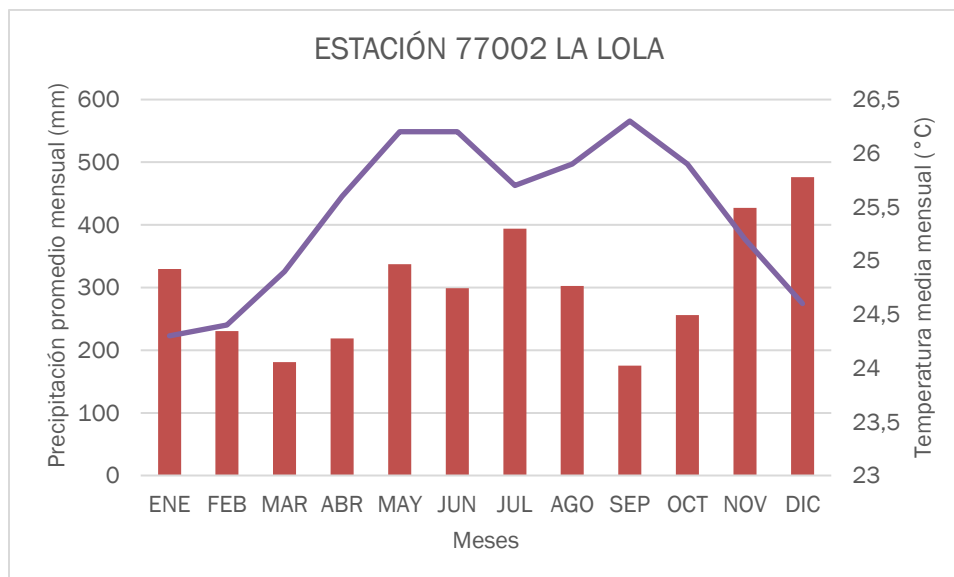
De las estaciones anteriores, se cuenta con información de temperaturas máximas, mínimas y promedios, así como precipitaciones promedio a nivel mensual para la estación 77002 La Lola que tiene registros desde los años 1949 y 1952 hasta el 2012.

Para las estaciones del ICE no se conocen los registros. La ubicación de las estaciones meteorológicas se presenta en la Figura 9, asimismo en el Anexo 1 se aporta la información de la estación La Lola proporcionada por el IMN.



**Figura 9.** Ubicación de estaciones meteorológicas cercanas al cantón Matina

Las estaciones La Lola y Batán del ICE, se encuentran dentro del área de estudio. En la Figura 10 se muestra el comportamiento de la precipitación medida la estación La Lola, donde se observa que los meses de menor precipitación corresponden con marzo y setiembre mientras que los meses con mayor precipitación son noviembre y diciembre. Asimismo, el gráfico muestra que las precipitaciones se mantienen por encima de los 175 mm durante todo el año.



**Figura 10.** Ejemplo del comportamiento de la precipitación en Matina.

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

Se recopilaron datos de varios puntos de aforo en ríos y quebradas del área de estudio a partir de estaciones antiguas o proyectos del SENARA, los cuales están en la base de datos institucional. En total se adquirieron datos de 11 puntos de aforo, con registros en ciertos casos desde 1956 y los más recientes del 1998.

Los principales datos de los puntos de aforo se muestran en el Cuadro 6 y la localización de los sitios de aforo se observan en la Figura 11. Los datos obtenidos de los aforos se presentan en el Anexo 2.

**Cuadro 6.** Aforos en el área de estudio

Fuente: Información interna SENARA (2022).

Ubicación	Y (CRTM05)	X (CRTM05)	Años de los aforos
Río Cuba	1108307,686	585615,906	1981
Río Chirripó Atlántico	1110766,479	577968,701	1968
Río Chirripó Atlántico	1110766,710	577768,640	1970
			1976
			1980
			1990
			1992
Río Chirripó Atlántico	1110766,597	577818,628	1991
Río Chirripó Atlántico	1110875,613	477774,639	1998

Agua Fría	1106020,157	574763,224	1987 1988 1989
Barbilla	1111821,844	573269,933	1989
Matina	1113666,456	577971,949	1956 1959 1960

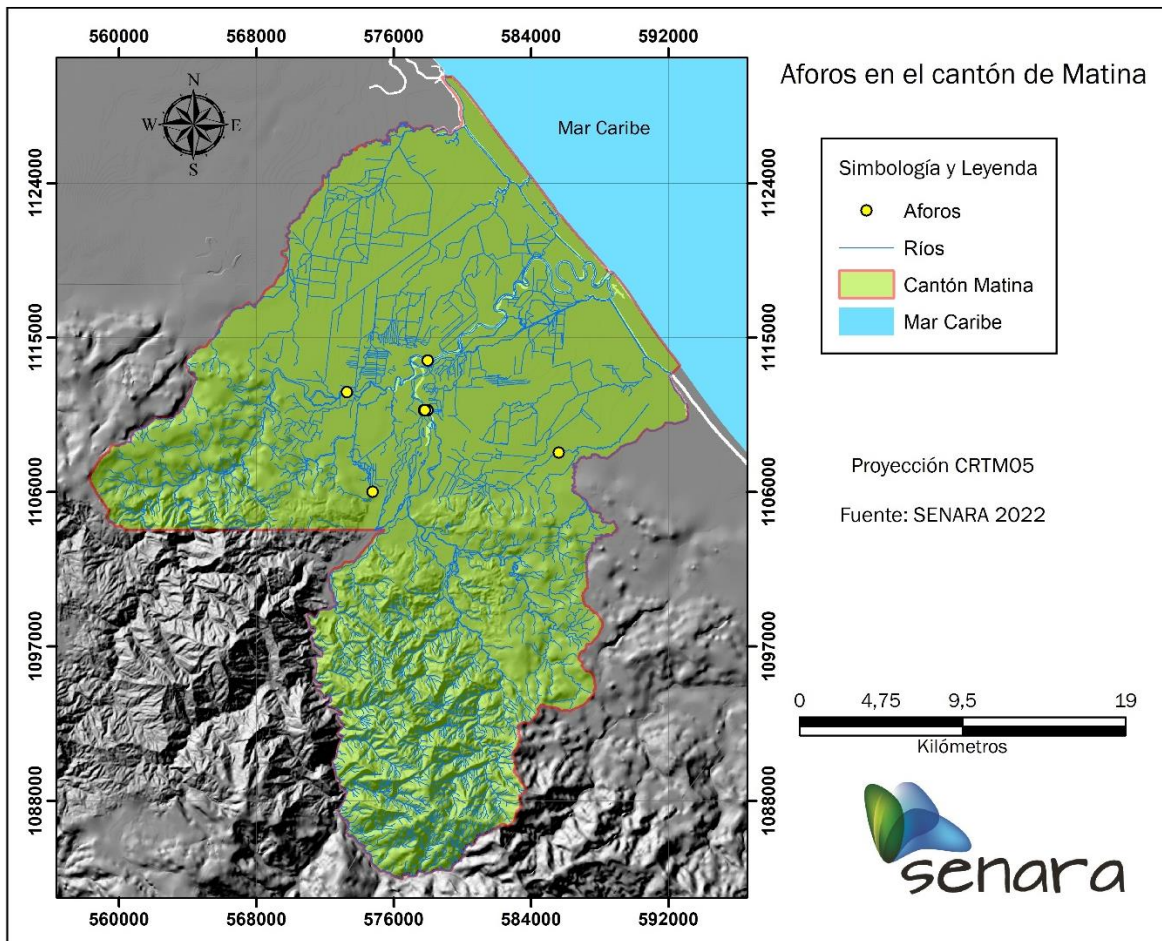


Figura 11. Ubicación de aforos en el cantón de Matina.

## 4 HIDROGEOLOGÍA

---

### 4.1 Información de pozos y nacientes según la base de datos del SENARA

De acuerdo con la base de datos del SENARA existen 155 registros de pozos en el cantón de Matina. De estos registros, 106 pozos cuentan con reporte de perforación e información de litología, que puede ser utilizada para la construcción del modelo geológico e hidrogeológico del área. Por otra parte, únicamente se cuenta con 21 registros de pozos en los cuales se ha realizado algún tipo de prueba de bombeo, cuya información de parámetros hidráulicos podría ser utilizada para la caracterización de los acuíferos en el área de estudio.

En cuanto a manantiales o nacientes, se tiene registrada únicamente una en todo el cantón con el código NAC-3 y a nombre de un particular. Resulta evidente a partir de este único registro, la necesidad que existe en el cantón por realizar estudios más detallados enfocados hacia la protección del recurso hídrico.

En el Anexo 3 se adjuntan las bases de datos completas con el resumen de la información existente para las nacientes y pozos registrados en la base de datos del SENARA. Por otra parte, el mapa de la Figura 12, muestra la ubicación en el área de estudio de esos pozos y nacientes con registro en el SENARA.

Es importante mencionar que, para la elaboración de la Figura 12 se tomaron en cuenta las coordenadas oficiales de pozos y manantiales registradas en la base de datos del SENARA, sin embargo, durante la revisión de los expedientes se determinó que, en los reportes de perforación de algunos pozos se muestran variaciones en las coordenadas de ubicación. Esta situación debe ser considerada y revisada en caso de realizar estudios hidrogeológicos más detallados, de tal manera que la información generada cuente con la mayor certeza posible.

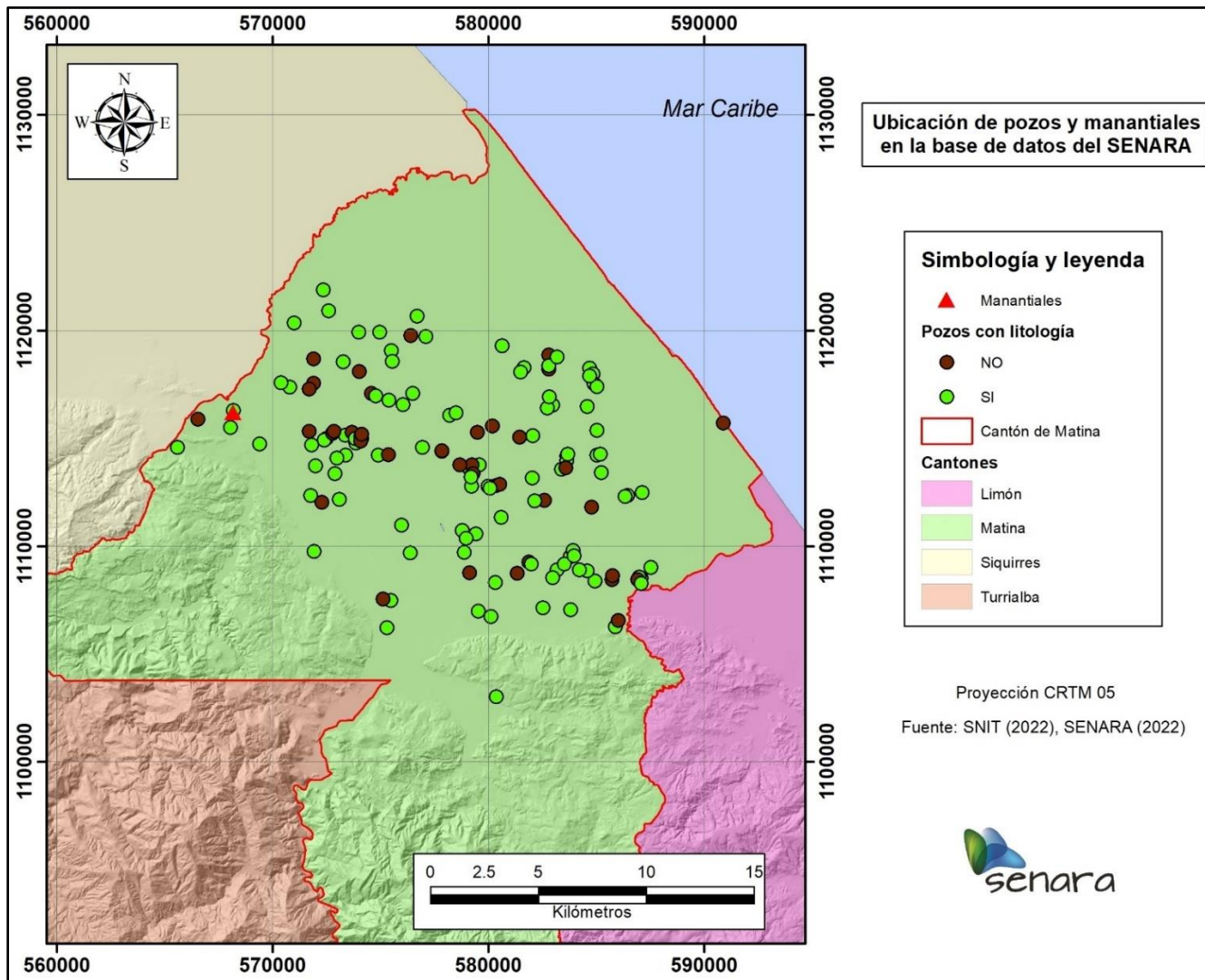


Figura 12. Ubicación de pozos y manantiales según la base de datos del SENARA

## 4.2 Información de la Dirección de Agua del MINAE (concesiones para el aprovechamiento del recurso hídrico y dictámenes de cuerpos de agua)

La información sobre expedientes de trámites relacionados con concesiones para el aprovechamiento del recurso hídrico, así como de dictámenes de cuerpos de agua, fue obtenida el día 24 de mayo del 2022 mediante consulta en la base de datos del Sistema Nacional de Información para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (SINIGIRH).

- Información de concesiones

En total, en el área de estudio se cuenta con la información de 208 expedientes relacionados con trámites de concesiones para el aprovechamiento de recursos hídricos, de los cuales 178 corresponden con acuífero (pozos), 18 con nacientes, 12 con captaciones superficiales (ríos, quebradas o lagos).

Además, 24 se encuentran cancelados o denegados, 127 aparecen como otorgados, inscritos o resueltos, 2 morosos de pago y 55 corresponden con solicitudes nuevas de concesión.

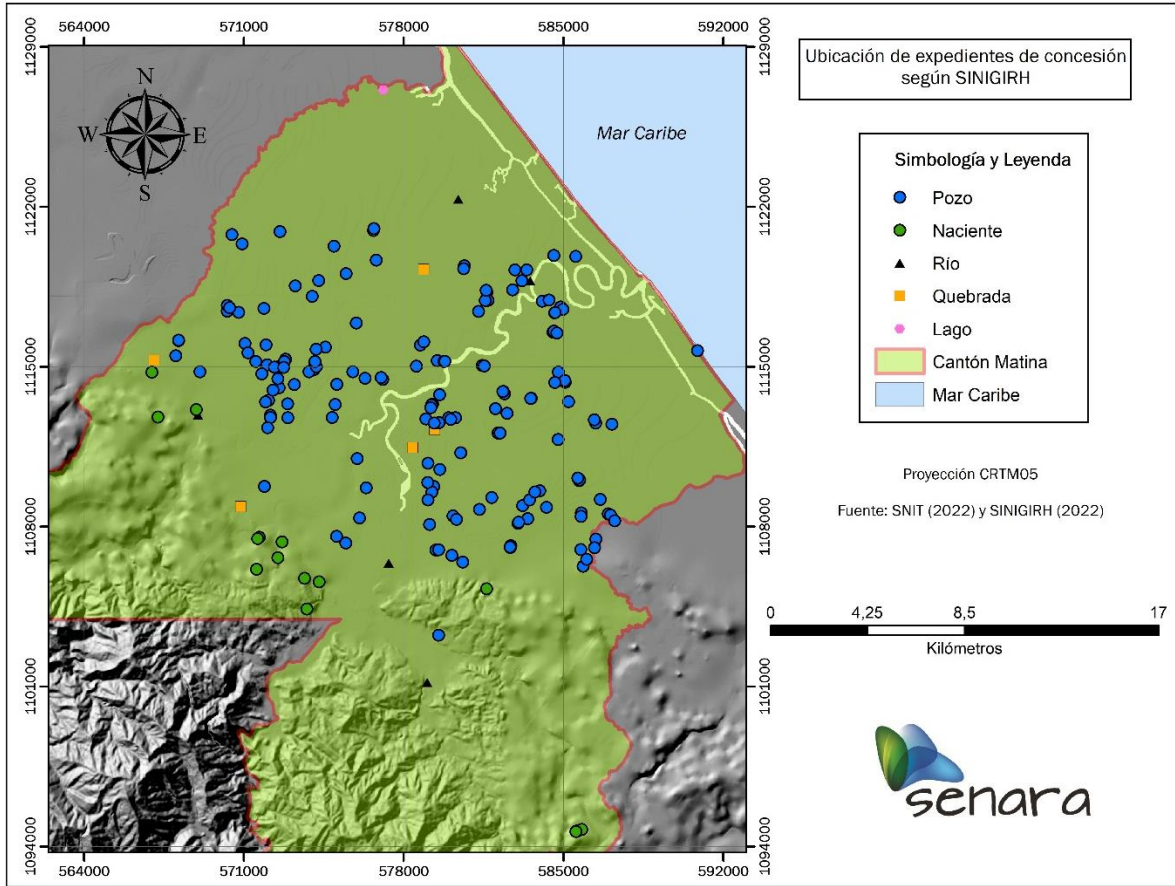
En cuanto a los caudales tramitados para concesión, en el Cuadro 7 se presenta el desglose correspondiente según el uso solicitado:

**Cuadro 7. Caudales tramitados en concesión según tipo de uso**

Uso solicitado	Caudal (l/s)
Consumo humano	100.51
Agroindustrial	423.09
Riego	3.98
Industrial	24.29
Agropecuario	0.11
Turístico	0.5
Comercial	0.03
<b>TOTAL</b>	<b>552.51</b>

Es importante mencionar que, del caudal reportado en el cuadro anterior, 530.95 l/s corresponden con caudales asociados a pozos y nacientes, cuyos usos se distribuyen de la siguiente forma: turístico 0.5 l/s, riego 3.98 l/s, industrial 5.06 l/s, comercial 0.03 l/s, consumo humano 100,51 l/s, agropecuario 0.11 l/s y agroindustrial 420,76 l/s. Por otra parte, de fuentes superficiales en ríos, quebradas y lagos el caudal asociado es de 21.56 l/s cuyos usos son: industrial 19.23 l/s, y agroindustrial 2.33 l/s.

La ubicación de estos expedientes de concesiones se muestra en el mapa de la Figura 13, mientras que el detalle de la información descargada de la base de datos de SINIGIRH se incluye como una tabla de datos en el Anexo 4.



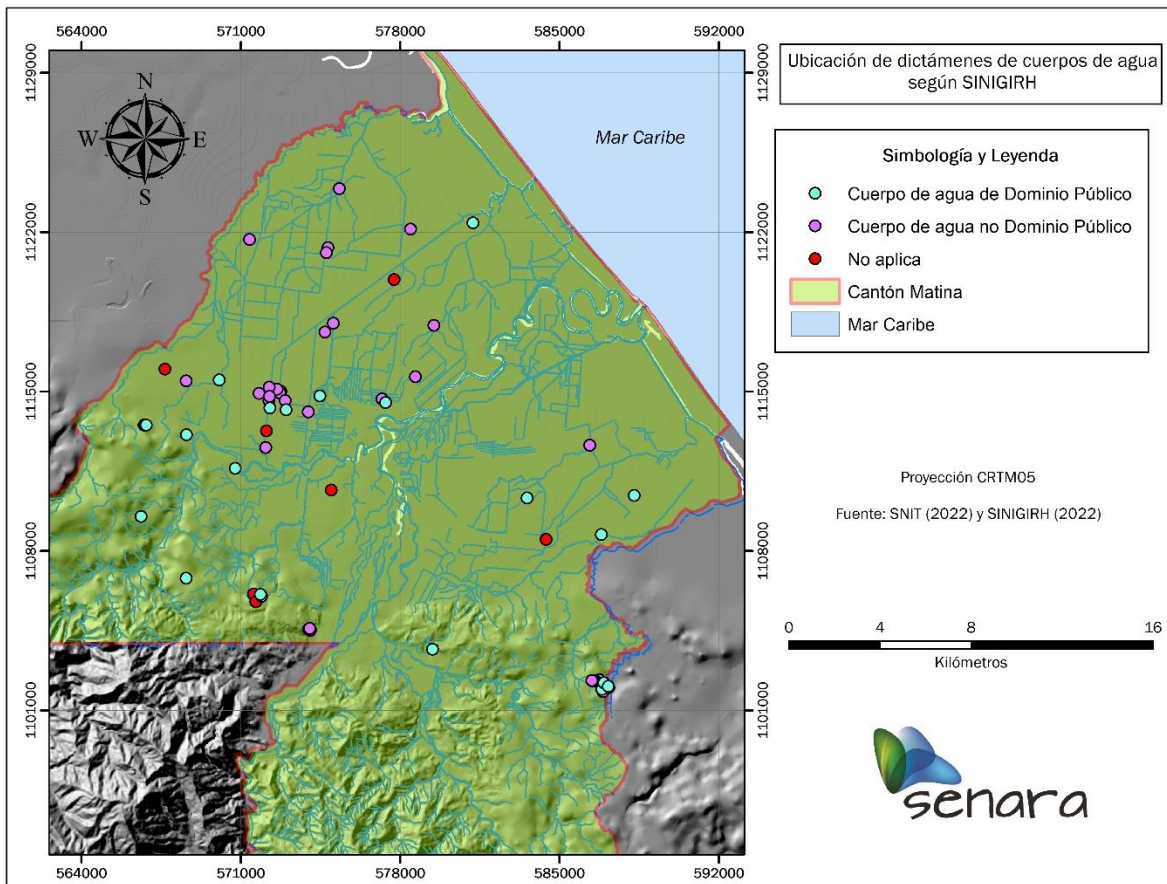
**Figura 13.** Ubicación de expedientes de concesión. Dirección de Agua del MINAE.

- Dictámenes de cuerpos de agua

En la base de datos de SINIGIRH se registra un total de 66 dictámenes de cuerpos de agua en el cantón de Matina. De estos dictámenes 24 corresponden con cuerpos de agua de dominio público (5 nacientes, 2 ríos, 1 canal, 1 lago y 15 en quebradas), mientras que, otros 34 sitios se han catalogado como cuerpos de agua que no corresponden al dominio público y se han dividido en canales (20), depresiones naturales (12) y otros-no hay fuente (2).

Cabe indicar que, en 8 dictámenes de canales, quebradas, nacientes y otros el criterio es confuso ya que la base de datos indica “No aplica”.

La información detallada de dictámenes que fue descargada de la base de datos del SINIGIRH se incluye como parte del Anexo 5 y en la Figura 14 se muestra la ubicación de estos dictámenes en el área de Siquirres.



**Figura 14.** Ubicación de dictámenes de cuerpos de agua. Dirección de Agua del MINAE.

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

Mediante los oficios GG-2022-01016 y UEN-GA-2022-0517 de la Gerencia General y la Dirección UEN Gestión Ambiental del AyA (Anexo 6), se remitió al SENARA la información de aprovechamientos en el cantón de Matina, que actualmente se encuentran bajo administración directa del AyA o de alguna ASADA. Se presenta a continuación el resumen de información aportada por parte del AyA.

- Aprovechamientos de AyA

Se reporta un total de 7 aprovechamientos, de los cuales 5 corresponden con pozos y 2 con nacientes. Según lo indicado por el AyA en su oficio UEN-GA-2022-0517, en estos aprovechamientos se considera una zona de reserva de dominio de 200 m de radio.

En el Cuadro 8 se incluye un resumen con la información aportada para estos aprovechamientos, en el mapa de la Figura 15 se muestra su ubicación dentro del cantón y en el Anexo 6 se incluye toda la información aportada por el AyA.

Aparte de la información mostrada en el Cuadro 8, no fue remitida al SENARA otra información adicional de estos aprovechamientos tal como el armado de pozos, pruebas de bombeo, caudales o estado actual, entre otras.

**Cuadro 8.** Aprovechamientos bajo administración de AyA en el sistema de Matina

No.	Nombre del aprovechamiento	Longitud CRTM05	Latitud CRTM05
AyA-1	Pozo 1 Zent	579092	1108134
AyA-2	Pozo 2 Zent	579098	1108122
AyA-3	Pozo 2 Luzon	574562	1115913
AyA-4	Naciente La Lola	566871	1115040
AyA-5	Naciente 28 Millas	568134	1116252
AyA-6	Pozo 1 28 Millas	568140	1116254
AyA-7	Pozo 4 Batán Davao	572060	1112509

- Aprovechamientos de ASADAS

Según la información aportada por el AyA, en el cantón de Matina se registran 5 ASADAS que en total se encuentran administrando 9 aprovechamientos, todos relacionados con pozos.

En el Cuadro 9 se muestran las ASADAS existentes en el cantón y los aprovechamientos que cada una de ellas administra. Los caudales registrados para los pozos se encuentran entre 1.19 y hasta 33.61 l/s.

En el Cuadro 9 se incluye un resumen con la información más relevante para estos aprovechamientos, en el mapa de la Figura 15 se muestra su ubicación dentro del cantón y en el Anexo 6 se incluye toda la información aportada por el AyA relacionada con las ASADAS de Matina.

**Cuadro 9.** Aprovechamientos bajo administración de ASADAS en Matina

No .	Nombre de operador (ASADA)	Nombre de fuente	Tipo	Latitud CRTM05	Longitud CRTM05	Caudal registrado
A-1	LINEA B DE MATINA, LIMON	POZO 2	POZO	1110803.36	575461.02	
A-2	LINEA B DE MATINA, LIMON	POZO N°1 B LINE	POZO	1110788	575743	8.93

A-3	SAHARA PUEBLO NUEVO Y SAN JUAN GOCHEN DE BATAN, MATINA LIMON	POZO N°1 CALLE D	POZO	1120324	570950	8.38
A-4	SAHARA PUEBLO NUEVO Y SAN JUAN GOCHEN DE BATAN, MATINA LIMON	POZO N°2 SAHARA	POZO	1120769	570509	1.19
A-5	ZENT DE CARRANDI DE MATINA, LIMON	POZO N°1 ZEN VIEJO	POZO	1106709	578698	18.92
A-6	VENECIA Y CUBA CREEK DE CARRANDI DE MATINA, LIMON	POZO N°1 VENECIA 1	POZO	1108343	583432	33.61
A-7	VENECIA Y CUBA CREEK DE CARRANDI DE MATINA, LIMON	POZO N°2 MARAVILLA	POZO	1108841	584259	31
A-8	LARGA DISTANCIA DE CARRANDI DE MATINA, LIMON	POZO N°2 LARGA DISTANCIA	POZO	1107884	587036	9
A-9	LARGA DISTANCIA DE CARRANDI DE MATINA, LIMON	POZO N°1 BARRIO CALDERON	POZO	1107074	586361	7.65

Con respecto a los pozos incluidos en el cuadro anterior, por parte del AyA no fue aportada ninguna información relacionada con el armado de los pozos, litologías perforadas, pruebas de bombeo o niveles estáticos y dinámicos.

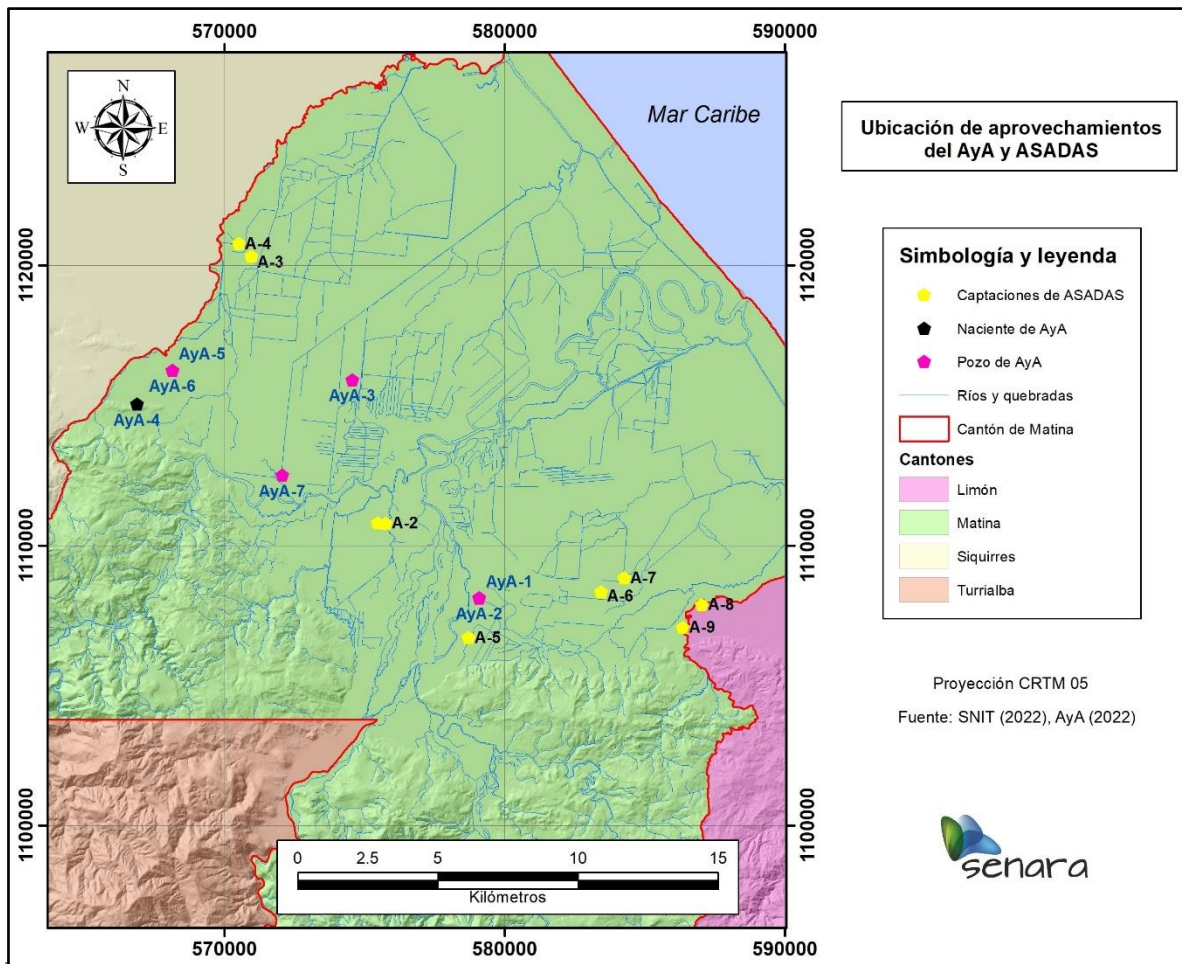


Figura 15. Ubicación de aprovechamientos del AyA y ASADAS en el cantón de Matina.

## 5 BALANCE HÍDRICO DE SUELOS (BHS) Y VULNERABILIDAD INTRÍNSECA

---

El desarrollo de un estudio hidrogeológico detallado en el cantón de Matina, implica que, en el área de estudio se cuente de previo con cierta información base, que una vez procesada permita la determinación de los parámetros de interés, como lo son la recarga potencial a los acuíferos o la vulnerabilidad intrínseca de estos.

La información de pozos, manantiales y concesiones que existe en las bases de datos institucionales y que se ha descrito con anterioridad, resulta de especial interés para la construcción del modelo hidrogeológico de las zonas. Por otra parte, durante la revisión de los trabajos geológicos e hidrogeológicos que se han desarrollado en el cantón, se ha recopilado la información relacionada con perforaciones exploratorias, aforos en ríos, sondeos eléctricos verticales, pruebas de infiltración y análisis de muestras de suelos.

El resumen de la información recopilada se presenta como un cuadro Excel en el Anexo 7, mientras que la distribución en el cantón de los distintos tipos de insumos existentes en trabajos previos se muestra en la Figura 16.

En la Figura 16 se observa que, la información existente en el cantón de Matina es sumamente escasa y muy puntual, relacionada básicamente con los 5 proyectos que han sido presentados ante SENARA para su análisis hidrogeológico. De las muestras de suelo existentes solamente tres aportan información valiosa para balance hídrico, se cuenta con cuatro pruebas de infiltración doble anillo, solamente un sondeo eléctrico vertical y 14 perforaciones exploratorias con profundidades entre los 5 y 20 metros de profundidad.

A partir de la información existente y su distribución, se establece que, en el cantón de Matina no se cumple con las densidades mínimas de pruebas de suelo e infiltraciones que establece la “Metodología general para la elaboración de los estudios hidrogeológicos para los planes reguladores”, publicada en La Gaceta No. 137 del 16 de Julio del 2015, por lo que el desarrollo de un estudio hidrogeológico en estas zonas requiere de antemano la contratación o elaboración de los insumos básicos necesarios.

Por otra parte, según la recopilación de información realizada, además de los estudios puntuales de proyectos que han sido presentados ante el SENARA, no se tiene conocimiento sobre estudios más regionales de vulnerabilidad intrínseca o recarga potencial que se hayan desarrollado en el territorio del cantón de Matina.

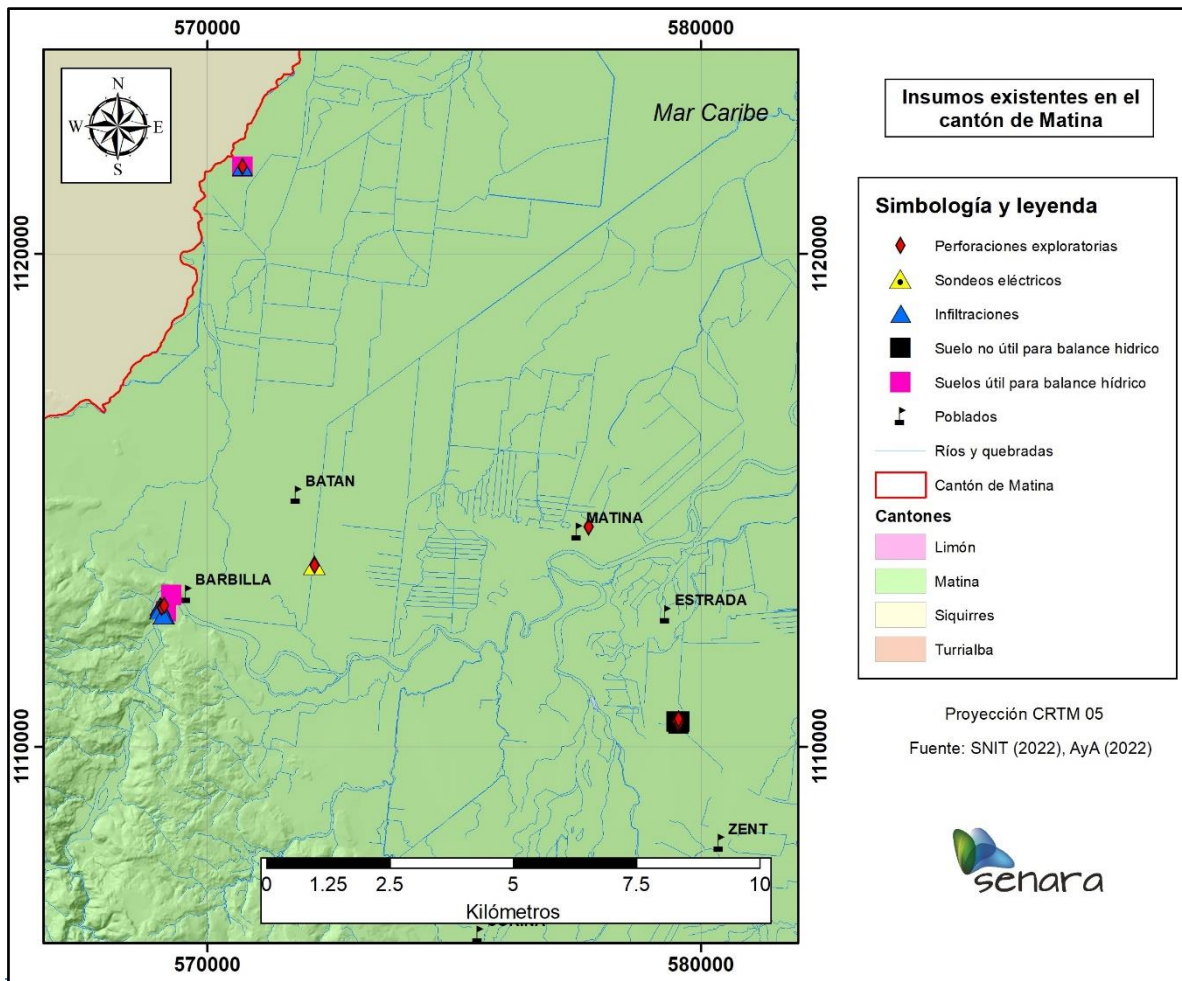


Figura 16. Insumos existentes en el cantón de Matina necesarios para la determinación de recarga potencial y vulnerabilidad de acuíferos.

## 6 PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, INSUMOS A CONTRATAR Y ESTIMACIÓN PRESUPUESTARIA

---

Mediante oficio de la Municipalidad de Matina DA-WCS-376-2022 del 04 de julio del 2022, se comunicó al SENARA que la elaboración del Plan Regulador cantonal estaba en proceso y que, aún no se contaba con datos validados y consolidados en materia hídrica o ambiental. Además, que se estaba por iniciar una consultoría del INVU sobre cuadrantes urbanos cuya finalidad es identificar las tendencias de expansión urbana y evaluar las potencialidades o restricciones de los principales polos de concentración en el territorio.

A partir de lo indicado por la Municipalidad y el análisis de información existente realizado por SENARA, se concluye que la información hidrogeológica requerida para realizar análisis de vulnerabilidad intrínseca y recarga potencial a los acuíferos de la zona es prácticamente inexistente, de tal manera, que en este apartado se realiza una propuesta de investigación en cuanto a insumos que se deben generar y contratar en el cantón como un primer paso para ir caracterizando adecuadamente la zona desde un punto de vista hidrogeológico.

Se hace la aclaración que, al no contar en este momento con las áreas potenciales de crecimiento definidas por la Municipalidad, la distribución de los ensayos y análisis establecidos en este apartado, no cumplen necesariamente con las densidades y distribuciones establecidas en la Metodología General para la Elaboración de los Estudios Hidrogeológicos para Planes Reguladores, publicada en el diario oficial La Gaceta, No. 137, del jueves 16 de Julio del 2015. No obstante, si a futuro se cuenta con esta delimitación de áreas de crecimiento, es posible proceder con un reacomodo en la distribución de los ensayos para cumplir con los términos de referencia de la metodología indicada.

- Propuesta de investigación:

Para efectos de la investigación detallada en el cantón de Matina, se ha optado por dividir la zona en tres sectores según los distritos existentes, además, de estos distritos se ha omitido la investigación en zonas que corresponden con áreas silvestres protegidas o zonas de reserva indígena, considerando principalmente su categoría de protección, falta de accesos y poco o nada de desarrollo antrópico en esas zonas. La zona 1 corresponde con el distrito de Matina, la zona 2 con el distrito de Batán y la zona 3 con el distrito de Carrandí y un sector del distrito Matina, según se observa en la Figura 17.

Como elementos básicos a desarrollar en cada zona, dentro el estudio hidrogeológico se incluyen los apartados de modelo geológico, modelo hidrogeológico, recarga potencial a los acuíferos y vulnerabilidad intrínseca a la contaminación. Los apartados de modelo geológico e hidrogeológico pueden ser desarrollados por parte del personal de la Dirección de Investigación Gestión Hídrica del SENARA como parte de sus labores ordinarias. Relacionado con este aspecto y como complemento a los modelos, se plantea la elaboración de 4 tomografías eléctricas en cada zona definida según se observa en la Figura 17 y Cuadro 10. El SENARA cuenta con el equipo para realizar estos trabajos, por lo que pueden ser llevados a cabo directamente por la Institución.

**Cuadro 10.** Coordenadas de ubicación propuesta para las tomografías eléctricas en las zonas de estudio definidas

Zona de estudio	Tomografía	Latitud CRTM05	Longitud CRTM05
Zona 1 Matina	Mat 1	1110009.2	574236.8
	Mat 2	1116269.7	579729.8
	Mat 3	1114885.9	578082.9
	Mat 4	1120386.8	580428.3
Zona 2 Batán	Bat 1	1121824.4	573880.9
	Bat 2	1122702.2	578179.0
	Bat 3	1115410.7	570873.5
	Bat 4	1118752.4	571066.5
Zona 3 Carrandí	Car 1	1113979.6	588321.0
	Car 2	1109734.6	580312.4
	Car 3	1114446.7	580201.9
	Car 4	1111973.2	584243.8

En cuanto a los apartados de vulnerabilidad hidrogeológica y recarga potencial a los acuíferos, son aspectos que también pueden ser llevados a cabo por parte del personal de SENARA, pero requieren la contratación de servicios u obras para la generación de varios insumos con que actualmente no se cuenta en la zona y que la Institución no cuenta con la capacidad de generar. A continuación, se describe para cada zona los insumos a contratar:

- Zona 1 Matina

Para esta zona se plantea la elaboración de 20 pruebas de infiltración doble anillo y 20 muestreos y análisis de laboratorio en suelos para determinación de límites, índice de plasticidad, clasificación SUCS, porosidad, profundidad de raíces, capacidad de campo, punto de marchitez y densidad aparente. La distribución de estos ensayos se muestra en la Figura 17 y sus coordenadas de ubicación en el Cuadro 11.

Por otra parte, como complemento a los modelos geológico e hidrogeológico, así como al desarrollo del apartado de vulnerabilidad, se ha planteado la ejecución de tres perforaciones exploratorias en diámetro NQ, caracterización de los materiales y con profundidad máxima de 25 metros, cuya ubicación y coordenadas propuestas se muestran en la figura 17 y Cuadro 12 respectivamente.

Cabe mencionar, que algunas pruebas y las perforaciones se ubican en terrenos particulares, por lo que oportunamente se deben gestionar las autorizaciones respectivas de los propietarios.

- Zona 2 Batán

En esta zona se plantea la elaboración de 20 pruebas de infiltración doble anillo y 20 muestreos y análisis de laboratorio en suelos para determinación de límites, índice de plasticidad, clasificación SUCS, porosidad, profundidad de raíces, capacidad de campo, punto de marchitez y densidad aparente. La distribución de estos ensayos se muestra en la Figura 17 y sus coordenadas de ubicación en el Cuadro 11.

Por otra parte, como complemento a los modelos geológico e hidrogeológico, así como al desarrollo del apartado de vulnerabilidad, se ha planteado la ejecución de tres perforaciones exploratorias en diámetro NQ, caracterización de los materiales y con profundidad máxima de 25 metros, cuya ubicación y coordenadas propuestas se muestran en la Figura 17 y Cuadro 12 respectivamente.

Cabe mencionar, que algunas pruebas y las perforaciones se ubican en terrenos particulares, por lo que oportunamente se deben gestionar las autorizaciones respectivas de los propietarios.

- Zona 3 Carrandí - Matina

Por contar con un área mayor, en esta zona se plantea la elaboración de 25 pruebas de infiltración doble anillo y 25 muestreos y análisis de laboratorio en suelos para determinación de límites, índice de plasticidad, clasificación SUCS, porosidad, profundidad de raíces, capacidad de campo, punto de marchitez y densidad aparente. La distribución de estos ensayos se muestra en la Figura 17 y sus coordenadas de ubicación en el Cuadro 11.

Por otra parte, como complemento a los modelos geológico e hidrogeológico, así como al desarrollo del apartado de vulnerabilidad, se ha planteado la ejecución de tres perforaciones exploratorias en diámetro NQ, caracterización de los materiales y con

profundidad máxima de 25 metros, cuya ubicación y coordenadas propuestas se muestran en la Figura 17 y Cuadro 12 respectivamente.

Cabe mencionar, que algunas pruebas y las perforaciones se ubican en terrenos particulares, por lo que oportunamente se deben gestionar las autorizaciones respectivas de los propietarios.

**Cuadro 11.** Coordenadas de ubicación propuesta para las muestras de suelo e infiltraciones en las zonas de estudio definidas

<b>Zona de estudio</b>	<b>Muestra / Ensayo</b>	<b>Latitud CRTM 05</b>	<b>Longitud CRTM 05</b>
Zona 1 Matina	Mat 1	1110271.4	569483.9
	Mat 2	1106880.5	571313.0
	Mat 3	1107000.4	575711.0
	Mat 4	1114186.3	577433.8
	Mat 5	1109968.5	576442.3
	Mat 6	1109731.5	572152.2
	Mat 7	1104099.8	574584.6
	Mat 8	1111003.6	573815.5
	Mat 9	1114622.8	575178.7
	Mat 10	1112757.6	575641.3
	Mat 11	1107881.8	569686.0
	Mat 12	1115097.7	579690.1
	Mat 13	1116687.2	580204.0
	Mat 14	1116129.0	577672.4
	Mat 15	1120122.1	579417.2
	Mat 16	1118535.6	581504.0
	Mat 17	1119827.8	585629.1
	Mat 18	1119324.6	583584.5
	Mat 19	1120784.7	581015.5
	Mat 20	1116330.5	578973.7
Zona 2 Batán	Bat 1	1111804.3	566584.5
	Bat 2	1113157.0	568960.3
	Bat 3	1114317.5	565920.6
	Bat 4	1112754.5	569912.9
	Bat 5	1114894.3	572038.9
	Bat 6	1115593.6	569520.3
	Bat 7	1116421.4	566657.1
	Bat 8	1114637.0	568646.4
	Bat 9	1117797.7	570983.8
	Bat 10	1119969.4	570160.8
	Bat 11	1118522.1	573140.4

	Bat 12	1116847.1	575806.5	
	Bat 13	1119095.4	575937.0	
	Bat 14	1120807.8	572485.6	
	Bat 15	1123245.6	574168.9	
	Bat 16	1123472.0	571795.5	
	Bat 17	1122851.5	575759.5	
	Bat 18	1121232.3	577888.1	
	Bat 19	1124071.1	577945.2	
	Bat 20	1125795.8	575931.3	
	Zona 3 Carrandí	Car 1	1099085.0	585103.4
		Car 2	1099218.8	586578.5
		Car 3	1104505.7	578190.5
		Car 4	1103191.6	580036.4
		Car 5	1102441.8	583084.5
		Car 6	1105003.6	586205.7
		Car 7	1105303.8	581859.0
		Car 8	1105754.1	578960.8
		Car 9	1112448.5	579372.8
		Car 10	1108125.9	580387.2
		Car 11	1108111.7	586008.5
Car 12		1107222.0	583737.3	
Car 13		1110522.4	579423.4	
Car 14		1109785.3	583490.3	
Car 15		1111998.9	582358.0	
Car 16		1114154.0	589828.9	
Car 17		1113874.6	592231.0	
Car 18		1115632.6	587293.2	
Car 19		1117686.8	584307.8	
Car 20		1115763.4	585162.2	
Car 21		1113133.0	584631.9	
Car 22		1111363.6	585596.3	
Car 23		1110796.4	589294.6	
Car 24		1109349.9	587813.7	
Car 25		1116424.8	582740.8	

**Cuadro 12.** Coordenadas de ubicación propuesta para las perforaciones exploratorias en las zonas de estudio definidas

Zona de estudio	Perforación	Latitud CR05	Longitud CR05
Zona 1 Matina	Mat 1	1114258.7	578743.7
	Mat 2	1119319.5	580473.2
	Mat 3	1106410.1	575528.1
Zona 2 Batán	Bat 1	1115299.7	571609.8
	Bat 2	1122679.1	575985.5
	Bat 3	1113069.6	569608.7
Zona 3 Carrandí	Car 1	1111817.3	578915.3
	Car 2	1113340.6	586168.2
	Car 3	1107845.4	580785.7

- Estimación de costos:

Para la estimación de costos, a nivel de SENARA se cuenta con registros históricos de precios de distintas contrataciones relacionados con los mismos insumos a contratar, sin embargo, durante este segundo trimestre del 2022 se encuentran en ejecución dos contrataciones en el cantón de Siquirres, cuyos montos ofertados se consideran muy representativos para la zona y condiciones de mercado actual. Es por esto, que para la estimación del presupuesto preliminar se han considerado los costos unitarios de los insumos según las contrataciones directas 2022CD-000010-0018800001 “Ensayos de geofísica, pruebas de infiltración y estudio de suelos en la cuenca del río Siquirres, cantón Siquirres, provincia Limón, Costa Rica” y 2022CD-000048-0018800001” Perforaciones exploratorias en el cantón de Siquirres, provincia de Limón, Costa Rica” (Anexo 8).

A continuación, se muestra la estimación presupuestaria para cada una de las zonas establecidas:

- Zona 1 Matina:

**Cuadro 13.** Estimación de costos para los insumos a contratar – Zona 1 Matina.

SUELOS E INFILTRACIONES DOBLE ANILLO				
Rubro	Cantidad	Costo unitario (¢) <sup>1</sup>	Total parcial	Total final
Infiltraciones	20	104 995.00	2 099 900.00	2 929 900.00
Suelos geotecnia	20	15 000.00	300 000.00	
Suelos agronómicos + raíces	20	26 500.00	530 000.00	

PERFORACIONES EXPLORATORIAS			
<i>Perforaciones</i>	<i>Metros de perforación</i>	<i>Costo unitario metro (¢)<sup>2</sup></i>	<i>Total</i>
3	75	194 314.80	14 573 610.00

1) Monto tomado de la contratación directa 2022CD-000010-0018800001.

2) Monto tomado de la contratación directa 2022CD-000048-0018800001

El costo total de los insumos para la Zona 1 de Matina es de ¢ 17 503 510.00 (diecisiete millones quinientos tres mil quinientos diez colones).

- Zona 2 Batán:

**Cuadro 14.** Estimación de costos para los insumos a contratar – Zona 2 Batán.

SUELOS E INFILTRACIONES DOBLE ANILLO				
<i>Rubro</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo unitario (¢)<sup>1</sup></i>	<i>Total parcial</i>	<i>Total final</i>
Infiltraciones	20	104 995.00	2 099 900.00	2 929 900.00
Suelos geotecnia	20	15 000.00	300 000.00	
Suelos agronómicos + raíces	20	26 500.00	530 000.00	
PERFORACIONES EXPLORATORIAS				
<i>Perforaciones</i>	<i>Metros de perforación</i>	<i>Costo unitario metro (¢)<sup>2</sup></i>	<i>Total</i>	
3	75	194 314.80	14 573 610.00	

1) Monto tomado de la contratación directa 2022CD-000010-0018800001.

2) Monto tomado de la contratación directa 2022CD-000048-0018800001

El costo total de los insumos para la Zona 2 de Batán es de ¢ 17 503 510.00 (diecisiete millones quinientos tres mil quinientos diez colones).

- Zona 3 Carrandí – Matina:

**Cuadro 15.** Estimación de costos para los insumos a contratar – Zona 3 Carrandí - Matina.

SUELOS E INFILTRACIONES DOBLE ANILLO				
<i>Rubro</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo unitario (¢)<sup>1</sup></i>	<i>Total parcial</i>	<i>Total final</i>
Infiltraciones	25	104 995.00	2 624 875.00	3 662 375.00
Suelos geotecnia	25	15 000.00	375 000.00	
Suelos agronómicos + raíces	25	26 500.00	662 500.00	
PERFORACIONES EXPLORATORIAS				
<i>Perforaciones</i>	<i>Metros de perforación</i>	<i>Costo unitario metro (¢)<sup>2</sup></i>	<i>Total</i>	
3	75	194 314.80	14 573 610.00	

1) Monto tomado de la contratación directa 2022CD-000010-0018800001.

2) Monto tomado de la contratación directa 2022CD-000048-0018800001

El costo total de los insumos para la Zona 3 de Carrandí - Matina es de ₡ 18 235 985.00 (dieciocho millones doscientos treinta y cinco mil novecientos ochenta y cinco colones).

**A partir de los cuadros anteriores, se establece un presupuesto estimado total de ₡ 53 243 005.00 (cincuenta y tres millones doscientos cuarenta y tres mil cinco colones exactos) para cubrir la generación de insumos en las tres zonas definidas en esta propuesta.**

La ejecución de los estudios por zona podría ser efectuada en forma secuencial o simultánea en función de la disponibilidad presupuestaria y priorización que se defina. Se recomienda también que, en caso de formalizarse el proceso de investigación, las cotizaciones que fundamentan la estimación presupuestaria sean actualizadas al momento de presupuestar las contrataciones administrativas.

Adicionalmente, la ejecución del estudio hidrogeológico y la supervisión de las contrataciones requieren de ciertas actividades de campo, en las cuales los costos de los viáticos de los funcionarios se han estimado de conformidad con la tabla actualmente vigente de gastos de viaje y transporte de la Contraloría General de la República. El desglose de estos costos se presenta en el Cuadro 16.

**Cuadro 16.** Estimación de costos para las giras a realizar durante la supervisión de contrataciones y ejecución del estudio en el cantón de Matina

<b>Rubro</b>	<b>Cantidad de giras</b>	<b>Costo 1 persona (un día para otro)</b>	<b>Total (₡)</b>
Supervisiones (perforación y suelos) <sup>1</sup>	21	32 000.00	672 000.00
<b>Rubro</b>	<b>Cantidad de semanas</b>	<b>Costo 2 personas 1 semana</b>	<b>Total (₡)</b>
Geología y otros	6	235 000.00	1 410 000.00
<b>Rubro</b>	<b>Cantidad de semanas</b>	<b>Costo 2 personas 1 semana</b>	<b>Total (₡)</b>
Uso de suelo	3	235 000.00	705 000.00
<b>Rubro</b>	<b>Cantidad de semanas</b>	<b>Costo 2 personas 1 semana</b>	<b>Total (₡)</b>
Levantamiento captaciones / gestión de permisos / otros. <sup>2</sup>	5	235 000.00	1 175 000.00
<b>Total viáticos (₡)</b>	<b>3 962 000.00</b>		

1) 9 armados, 3 preoferta, 3 recepción final (en perforación) / 6 supervisiones en suelos.

2) 1 semana en solicitud de permisos por zona y 2 semanas en levantamiento de captaciones.

A partir de lo anterior, se considera que el costo total aproximado de las contrataciones de insumos y giras de campo que se deben realizar para la ejecución del estudio hidrogeológico en Matina es de ₡ 57 205 005.00 (cincuenta y siete millones doscientos cinco mil cinco colones).

Cabe indicar que, si la investigación se realiza en forma simultánea para las tres zonas, los costos asociados con viáticos pueden disminuir debido a que algunas actividades pueden ser realizadas en forma simultánea para las zonas o también se realizarían una única vez, como lo es la recepción final de obras o las visitas preoferta con contratista.

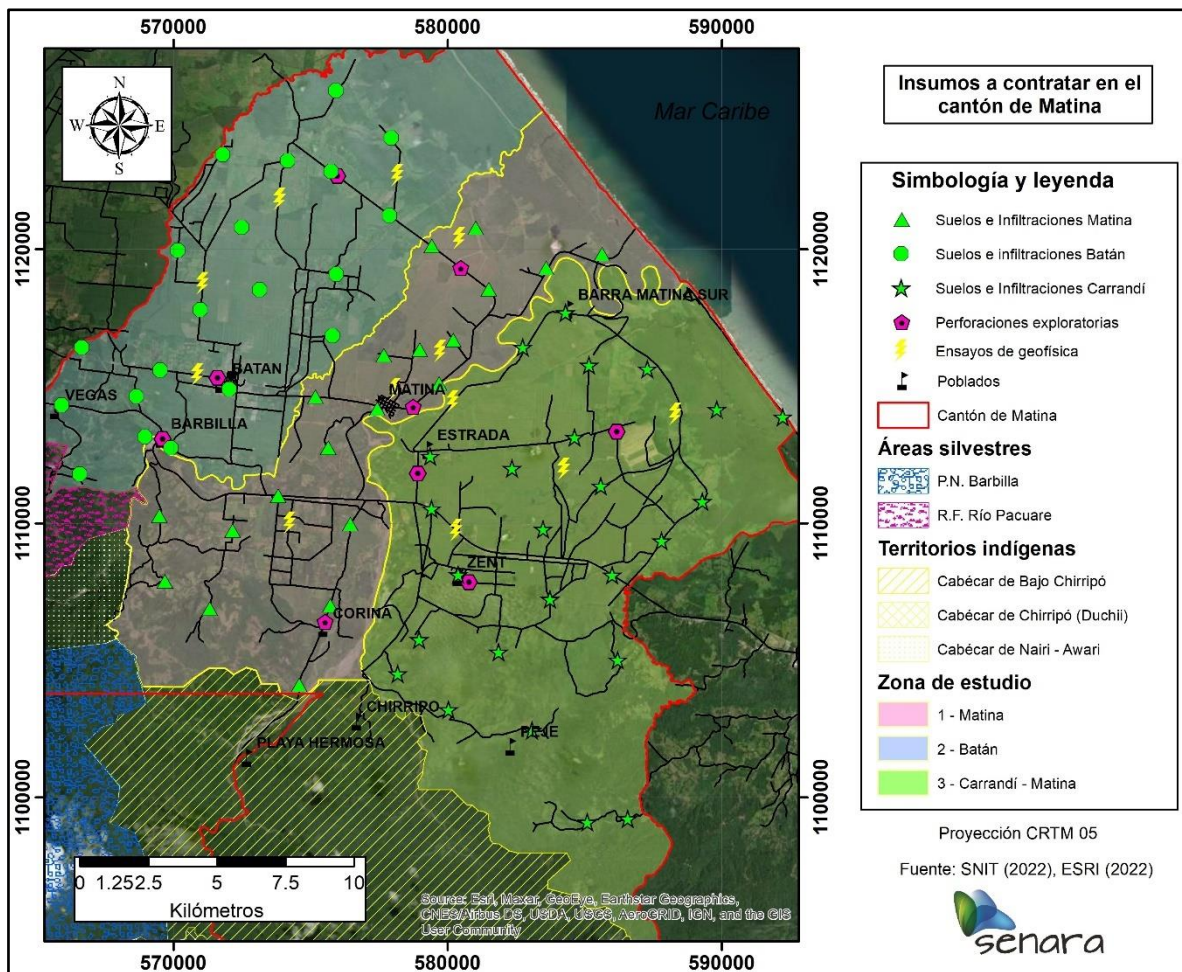


Figura 17. Mapa de ubicación propuesta para contratación de insumos al estudio hidrogeológico (perforaciones exploratorias, análisis de suelos y pruebas de infiltración).

## 7 BIBLIOGRAFÍA

---

- AGUILAR, T., 1993: Paleoecología del Alto Guayacán. Formación Uscari Mioceno Provincia de Limón, Costa Rica. - Rev. Geol. Amer. Central 16: 51-60.
- ALPÍZAR, M., DURÁN, P., GAMBOA, D., GARNIER, M., HERRA, D., LEÓN, P., VILLALOBOS, C., 2007: Diagnóstico Geológico de la provincia de Limón.- 252 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Inf. Campaña Geol.].
- ARREDONDO, S., 2002: Estación de servicio Batán (Expediente 040-2008). Repositorio Digital de Expedientes DIGH-SENARA.
- AZEMBRE, B. & TOURNON, J., 1977: Les intrusions basique alcalines du Rio Reventazón (Costa Rica). - C.R. Som. Soc. Geol. France 2: 104-107.
- BARBOZA, G., 2018: Tanque de autoconsumo (Expediente 176-2018). Repositorio Digital de Expedientes DIGH-SENARA.
- BELLÓN, H. & TOURNÓN, J., 1978: Contribution de la géochronométrie K-Ar a l'étude du magmatism de Costa Rica, Amérique Central. - Bul. Soc. Géol. France, 20(6): 955-959.
- BOSCHINI, I., 1989: Incidencia de las fuentes sísmicas en la región Caribe de Costa Rica.-97 págs. Universidad de Costa Rica, San José [Tesis Lic.].
- BOTTAZZI, G., FERNÁNDEZ, J. A. & BARBOZA, G., 1994: Sedimentología e historia tectono - sedimentaria de la cuenca Limón Sur. - Profil 7: 351-391.
- BOTTAZZI, G., 2016: Tratado de sedimentología de la Cuenca Limón Sur - Costa Rica. Evolución tectono - sedimentaria, secuencias y reconstrucción paleogeográfica. - 180 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Tesis Lic.].
- CAMPOS, L., 2001: Geology and basins history of middle Costa Rica: an intraoceanic island arc in the convergence between the caribbean and the pacific plates. Universitat Tubingen, Alemania. [Tesis Doc.].
- CERDAS, A. (1991): Análisis de estabilidad de laderas en la margen derecha del río Pacuare, proyecto hidroeléctrico Siquirres, provincia de Limón, Costa Rica. - 120 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Tesis Lic.].
- CERVANTES, F. (1989): Base geológica para los análisis geotécnicos del proyecto hidroeléctrico Siquirres, provincia de Limón, Costa Rica" (Tesis de licenciatura). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- COLLINS, L. S., COATES, A. G., JACKSON, J. B. C. & OBANDO, J. (1995). En P. Mann. (Ed.), *Geologic and tectonic development of the Caribbean plate boundary in*

*southern Central America* (263-290). Boulder, Colorado, United States of America: Geological Society of America.

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

DENYER, P., MONTERO, W. Y ALVARADO, G. (2003). *Atlas tectónico de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.

ESPIÑOZA, J. (2012). *Estudio de Estanqueidad del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón – Instituto Costarricense de Electricidad* (Tesis de Licenciatura). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

FERNÁNDEZ, J. A., 1987: Geología de la hoja topográfica Tucurrique (1:50000 IGNCR., #3445I). (Tesis de Licenciatura no publicada). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

FERNÁNDEZ, M., 2010: Limite tectónico hipotético, deformación y sismotectónica del Sector Central de Costa Rica entre el golfo de Nicoya y Limón.-184 págs. Univ. de Costa Rica [Tesis Doc.].

GARCÍA, A & CHAVES., E: 2005: Presentación de un plan de gestión ambiental teórico conceptual aplicable al aprovechamiento de materiales de cauce de dominio público en la vertiente Atlántica, Costa Rica.- 117 págs. Univ. de Costa Rica [Tesis MSc.].

GÓMEZ, A., 2011: Cambio de tanques estación de servicio Matina (Expediente 166-2010). Repositorio Digital de Expedientes DIGH-SENARA.

GÓMEZ, M., 2019: Tanque de autoconsumo de Diesel (Expediente 146-2019). Repositorio Digital de Expedientes DIGH-SENARA.

JACKSON, T. E., 1991: Neogene geochemistry of the Central American arc: Western Panama and Southeastern Costa Rica.- 109 págs. Univ. de Costa Rica [Tesis MSc.].

ITCR, 2014: Atlas Digital de Costa Rica 2014. – Instituto Tecnológico de Costa Rica.

KOLARSKI, R. A: 1992: Late cretaceous- cenozoic tectonics and sedimentation in Southern Central America: Costa Rica and Panama.-351 págs. Univ. de Costa Rica [Tesis MSc.].

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

- LINKIMER, L., 2003: Neotectónica del extremo oriental del Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica.-144 págs. Universidad de Costa Rica [Tesis Lic.].
- LUCKE, O., 2008: Modelo tridimensional de densidades de la corteza superior en el sector Central de Costa Rica, basado en interpretación del campo gravimétrico.-83 págs. Univ. de Costa Rica [Tesis Lic.].
- MADRIGAL, C., 1985: Estudio geológico- geotectónico prefactibilidad del proyecto hidroeléctrico Guayabo Turrialba, Cartago, Costa Rica.-129 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Tesis Lic]
- MARSHALL, J.S. 1991: Neotectonics of the Nicoya Peninsula, Costa Rica: A look at forearc response to subduction at the middle America Trench.-196 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Tesis MSc]
- MARSHALL, J.S. 2000: Active tectonics and quaternary landscape evolution across the western Panama Block, Costa Rica, Central America.-304 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Tesis Doc]
- MONTERO, W. (1994). Neotectonics and related stress distribution in a subduction-collision zone: Costa Rica. – *Profil* 7: 125-141.
- MONTERO, W. (2000 a). Geotectónica. En P. Denyer y S. Kussmaul. (Eds.), *Geología de Costa Rica* (pp. 115-132). Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- MONTERO, W. (2000 b). Sismología y neotectónica. En P. Denyer y S. Kussmaul. (Eds.), *Geología de Costa Rica* (pp. 219-239). Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- MONTERO, W. (2001). Neotectónica de la región central de Costa Rica: Frontera oeste de la microplaca de Panamá. *Revista geológica de América Central*, 1(24), 29-56.
- PARIS, P. H., 1953: Informe de la Compañía Petrolera de Costa Rica S.A. al Gobierno de la República. San José, Costa Rica: Compañía Petrolera de Costa Rica S.A. Informe Técnico CRGR-4.
- PÉREZ, C., 1989: Caracterización geológico geotécnica del macizo rocoso del sitio de presa del proyecto hidroeléctrico Siquirres, Provincia de Limón, Costa Rica. -53 págs. Universidad de Costa Rica, San José [Tesis Lic]
- PIZARRO, D., 1987: Bioestratigrafía de la Formación Uscari (Costa Rica) con base en foraminíferos planctónicos. – *Rev. Geol. Amer. Central* 7: 1-63.
- PROTTI, J. M., 1991: Correlation between the age of the subducting Cocos plate and the geometry of the Wadati-Benioff. -66 págs. Universidad de Costa Rica, San José [Tesis MSc].

- PROTTI, J. M., 1994: The most recent large earthquakes in Costa Rica (1990 Mw 7.0 and 1991 Mw 7.6) and three - dimensional crustal and upper mantle P-wave velocity structure of central Costa Rica. -116 págs. Universidad de Costa Rica, San José [Tesis Doc].
- RIVIER, F., 1973: Contribución estratigráfica sobre la geología de la Cuenca de Limón, zona de Turrialba, Costa Rica. Publicaciones Geológicas del ICAITI, 4, 149-159.
- RODRÍGUEZ, J. M., 2017: Potencial sísmico de las fallas del Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica-284 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Tesis Lic]
- ROJAS, E & MILLER, R., 2016: Construcción de supermercado (Expediente 282-2016). Repositorio Digital de Expedientes DIGH-SENARA.
- SALLARIS, V., 1999: Estructura litosférica del istmo de Costa Rica (América Central): Efectos del magmatismo en el margen convergente de un Plateau oceánico.-230 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Tesis Doc]
- SÁNCHEZ, F., 1985: Técnicas de campo aplicadas en el método geofísico de sísmica de reflexión: su interpretación y análisis.-84 págs. Univ. de Costa Rica, San José [Tesis Lic]
- SANDOVAL, M., 2009: Palinología de la Formación Río Banano (sección río Carbón Volio, río Sand Box y quebrada Veinticinco) Mioceno Superior, Costa Rica.- 56 págs. Universidad de Costa Rica, San José [Tesis Lic]
- SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRÁNEAS RIEGO Y AVENAMIENTO., (2022): Archivo nacional de pozos. [Base de datos]. Recuperado de <http://base-digh.senara.or.cr/>
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN INTEGRADA DEL RECURSO HÍDRICO. (2022): DA\_Concesiones - DA\_Dictámenes. [Base de datos]. Recuperado de <http://mapas.da.go.cr/mapnew.php>
- SPRECHMANN, P., ASTORGA, A., CALVO, C. y FERNÁNDEZ, J. A., 1994: Stratigraphic chart of the sedimentary basins of Costa Rica, Central America. Profil, 7, 427-433.
- SOLANO, J & VILLALOBOS, R., 2001: Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica. 32 págs, IMN.
- TOURNON, J. & ALVARADO, G.E., 1997: Mapa Geológico de Costa Rica. - Escala 1:500.000, Coop. Cient. Technol. De Francia - ICE, París.
- TRISTÁN, E., FAJARDO, H., ALVARADO, E & VILLEGAS, A., 1993: Geología en la región de Zent. Provincia de Limón, Costa Rica.-20 págs. Univ. de Costa Rica. Informe de Geología.

## 8 ANEXOS

---

Anexo 1. Información de estaciones meteorológica La LOLA (Fuente IMN)

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

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

Anexo 4. Información de concesiones, Dirección de Agua del MINAE

Anexo 5. Información de dictámenes de cuerpos de agua, Dirección de Agua del MINAE

Anexo 6. Oficios GG-2022-01016, UEN-GA-2022-00517 (aprovechamientos AyA y ASADAS).

Anexo 7. Insumos para balance hídrico de suelos, recopilados de bibliografía.

Anexo 8. Contrataciones para estimación de presupuesto.