



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

**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO BÁSICO DE LOS ACUÍFEROS
COSTEROS DE NICOYA Y PARTE DE SANTA CRUZ,
PROVINCIA DE GUANACASTE, COSTA RICA.**

**Realizado por:
Geól. Alonso Alfaro Martínez
Geól. Marita Alvarado Velas**

AGOSTO, 2021



ELABORADO POR:

Lic. Alonso Alfaro Martínez

MSc. Marita Alvarado Velas

TABLAS DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	1
1.2 Propósito del informe.....	1
1.3 Objetivo general	1
1.4 Objetivos específicos	1
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.....	2
1.9 Antecedentes.....	4
2. GEOLOGÍA REGIONAL.....	9
2.1 Complejo de Nicoya (basaltos).....	9
2.2 Complejo de Nicoya - Intrusivo Potrero.....	10
2.3 Formación Loma Chumico.....	10
2.4 Formación Sabana Grande	11
2.5 Formación Berrugate	11
2.6 Formación Nambí.....	12
2.7 Formación Piedras Blancas.....	12
2.8 Formación Curú.....	13
2.8.1 Formación Curú (Mb. Cerco de Piedra)	13
2.8.2 Formación Curú (Mb. Quebrada Pavas)	14
2.9 Formación Barra Honda	14
2.10 Miembro Zapotal (Formación Descartes).....	15
2.11 Formación Arío	15
2.12 Formación Punta Pelada	17
2.13 Depósitos aluviales recientes.....	17
Geología Estructural.....	18
2.14 Falla La Mansión	18
2.14.1 Falla Quirimán	18
2.14.2 Falla Montaña.....	18
2.15 Superficies de aplanamiento y levantamiento costero	19
2.15.1 Sámara-Tamarindo.....	19
2.15.2 La Mansión	19
2.15.3 Cerro Azul.....	19

3.	HIDROLOGÍA	21
3.1	Cuencas hidrográficas de la zona de estudio.....	21
3.2	Clima y Vegetación	23
3.3	Estaciones meteorológicas.....	26
3.3.1	Estación Garza-Ferco (72135)	28
3.3.2	Estación Finca La Ceiba (72157).....	29
3.3.3	Estación Santa Cruz (74053).....	31
3.3.4	Estación Nicoya Extensión Agrícola (72101).....	32
3.4	Aforos en los cauces superficiales (ríos y quebradas).....	33
4	HIDROGEOLOGÍA	36
4.1	Antecedentes – Mapa Hidrogeológico Regional.....	36
4.2	Inventario de pozos perforados.....	38
4.3	Inventario de manantiales	40
4.4	Inventario de concesiones (SINIGIRH –DA MINAE)	45
4.3	Información del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA)	49
5	BALANCE HÍDRICO DE SUELOS (BHS).....	52
5.1.	Insumos para Balance Hídrico de Suelos (BHS)	52
6	PERFIL DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.....	53
7	REFERENCIAS	55
8	ANEXOS.....	63

TABLA DE CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1.	Ubicación del área de estudio	3
Figura 2.	Ubicación de algunos estudios realizados en el área de interés.....	8
Figura 3.	Mapa geológico regional (basado y modificado de Senara, 1993)	20
Figura 4.	Mapa de subcuencas hidrológicas.....	23
Figura 5.	Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica	24
Figura 6.	Mapa Ecológico de Costa Rica, según el sistema de clasificación de Zonas de Vida del mundo de L. R. Holdridge (Bolaños, R; Watson; V. 1993 / CCT / esc: 1:200 000, recuperado del Atlas del TEC 2014)	25
Figura 7.	Ubicación de estaciones meteorológicas en las zonas de estudio.....	27
Figura 8.	Gráfico de precipitación promedio mensual y temperatura media,	28
Figura 9.	Gráfico de ETP de la estación Garza-Ferco.....	29
Figura 10.	Gráfico de precipitación promedio mensual y temperatura media,	30
Figura 11.	Gráfico de ETP para la estación Finca La Ceiba	30
Figura 12.	Gráfico de precipitación promedio mensual y temperatura media,	31
Figura 13.	Gráfico de ETP para la estación Santa Cruz.....	32
Figura 14.	Precipitación promedio mensual, estación Nicoya Extensión Agrícola	33
Figura 15.	Ubicación de aforos en el área de estudio.....	35
Figura 16.	Mapa Hidrogeológico Regional (basado en SENARA, 1993)	37
Figura 17.	Ubicación de pozos perforados según la base de datos de SENARA.....	39

Figura 18. Mapa de ubicación de manantiales.....	44
Figura 19. Porcentaje del caudal concesionado por uso	46
Figura 20. Porcentaje del caudal concesionado por uso	47
Figura 21. Mapa de ubicación de concesiones de agua.....	48
Figura 22. Ubicación de los aprovechamientos del AyA.....	51
Figura 23. Estudios realizados en el área de interés que incluyen información de pruebas de infiltración y muestreo de suelos	52
Figura 24. Ubicación de las potenciales zonas de investigación.....	54

TABLA DE CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 1. Estudios realizados en el cantón de Nicoya	4
Cuadro 2. Cuencas y subcuencas en el área del cantón de Nicoya	21
Cuadro 3. Cuencas y subcuencas en el área de Santa Cruz.....	22
Cuadro 4. Resumen sinóptico-climático y tipo de vegetación de la subregión Pacífico Norte (PN2). Tomado de Solano & Villalobos (2001)	25
Cuadro 5. Ubicación de estaciones meteorológicas en la zona de estudio.....	26
Cuadro 6. Periodos de series con información de las estaciones meteorológicas	26
Cuadro 7. Precipitación promedio mensual y temperatura media mensual,	28
Cuadro 8. Precipitación promedio mensual y temperatura media promedio mensual,	29
Cuadro 9. Precipitación promedio mensual y temperatura media promedio mensual,	31
Cuadro 10. Precipitación promedio mensual, estación Nicoya Extensión Agrícola.....	32
Cuadro 11. Aforos en el área de estudio.....	33
Cuadro 12. Total de pozos en la zona de estudio, según base de datos del SENARA.....	38
Cuadro 13. Cantidad de pozos con información según la formación geológica.....	40
Cuadro 14. Cantidad de pozos con información litológica por Cantón	40
Cuadro 15. Manantiales en el Cantón de Nicoya	40
Cuadro 16. Total de expedientes y caudales de las concesiones por tipo de fuente	45
Cuadro 17. Total, de expedientes y caudales de las concesiones por tipo de fuente	45
Cuadro 18. Estado de los expedientes tramitados en la Dirección de Agua del MINAE	46
Cuadro 19. Aprovechamientos del AyA en el área de estudio	49

ANEXOS

- Anexo 1. Información de estaciones meteorológicas (Fuente IMN)
- Anexo 2. Información de aforos, base de datos de SENARA
- Anexo 3. Información de pozos, base de datos de SENARA
- Anexo 4. Información de concesiones, Dirección de Agua del MINAE
- Anexo 5. Información de pozos de AyA

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Justificación

El presente informe constituye el estudio base para definir la información hidrogeológica existente con relación con los acuíferos costeros de los cantones de Nicoya y parte de Santa Cruz, provincia de Guanacaste. El análisis a realizar permitirá establecer que estudios más específicos se requieren llevar a cabo para la caracterización hidrogeológica a detalle de los acuíferos, que considere las zonas de recarga y su regulación, así como la vulnerabilidad a la contaminación, 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 la recopilación y diagnóstico de la información hidrogeológica disponible para los acuíferos costeros de los cantones de Nicoya y parte de Santa Cruz, para utilizarse en la definición de los estudios hidrogeológicos específicos que se deben realizar en los acuíferos existentes en esta misma área.

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. Recopilar la información hidrogeológica existente en la zona de estudio.
4. Recabar la información existente de pruebas de infiltración y análisis de suelos.
5. 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

El área del proyecto se ubica entre las coordenadas aproximadas CRTM05 1090635 - 1143940 N y 302753 - 369461 E de las hojas cartográficas Talolinga, Berrugate, Matambú, Cerro Azul, Diría, Cerro Brujo, Garza, Marbella, Villarreal y Tempisque, escala 1: 50 000 y corresponde con un área total de 1646,5 km² distribuidos de la siguiente manera: 320,7 km² en parte del cantón de Santa Cruz y 1325,8 km² que abarcan la totalidad del cantón de Nicoya (Figura 1).

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 2021, realizándose exclusivamente la recopilación de información de textos, mapas, bases de datos que involucren y estén situados en 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 Hidrogeológico Básico.

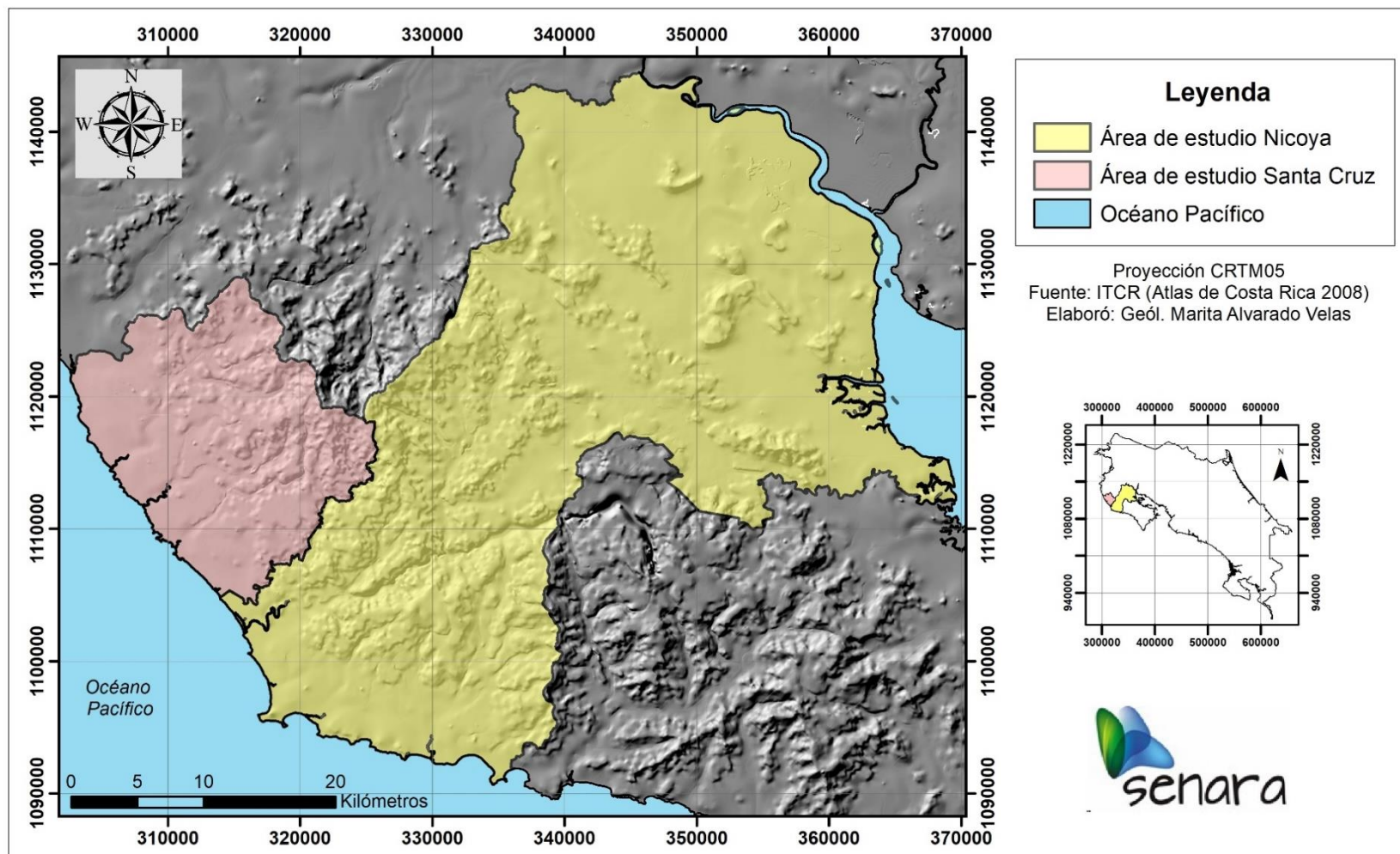


Figura 1. Ubicación del área de estudio

1.9 Antecedentes

En el área de estudio y alrededores se han realizado y elaborado varios estudios geológicos e hidrogeológicos, así como también mapas geológicos a diferentes escalas con un carácter regional; mientras que la información hidrogeológica es más específica a ciertas zonas (acuíferos). 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 realizados en el cantón de Nicoya

TEMA DE ESTUDIO	ESTUDIO	AUTOR	AÑO
Hidrogeología	Características químicas de las aguas subterráneas de dos cuencas de la península de Nicoya y su significado hidrogeológico	Daniel Mora Castro	1977
Geología	Geología y Sedimentología de tres unidades paleocenas cerca de Sámara, Península de Nicoya, provincia Guanacaste.	Jorge Laguna Morales	1977
Hidrogeología	Aspectos hidrogeológicos de la Península de Nicoya	Daniel Mora Castro	1978
Geología	Geología de Quebrada Honda y alrededores, Nicoya, Guanacaste.	Teresa Arrieta Hernández	1978
Geología	Geología de Roblar y alrededores, Quebrada Honda de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.	Guillermo Lezama Fernández	1978
Geología	Geología del Cerro Quebrada Honda, Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.	Johnny Piedra Pochet	1978
Geología	Geología del cerro Caballito y alrededores	Alfonso Sanabria Alfaro	1978
Geología	Geología del área de Punta Peladas y alrededores, cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica.	Miguel Ávila Ballar	1980
Geología	Geología del área de La Esperanza y playa Guiones, península de Nicoya, Costa Rica	Manuel V. Gutiérrez Castro	1980
Geología	Geología del área de Punta Escondido, península de Nicoya, Costa Rica.	Fernando Marín Guzmán	1980
Geología	Geología de Punta Guiones y alrededores, Península de Nicoya, Costa Rica.	Gustavo A. Pinilla	1980
Geología	Geología del área de Barco Quebrado, Garza, Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.	Dirroy Siu Arriola	1980
Geología	Geología de Playa Barrigona y alrededores cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica.	Tejera Mathew Rómulo Antonio	1980
Geología	Geología de la zona de Buenavista de Sámara, provincia de Guanacaste, Costa Rica.	John A. Mosheim Castro	1980
Geología	Geología del norte de Bahía Garza	María Elena Alvarado Campos	1980

Geología	Estudio geológico del cerro Sámara y alrededores, Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.	Javier Díaz Carmona	1980
Geología	Geología de Mango y sus alrededores, Sámara, península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.	Luis Fernando Sáenz Sánchez	1980
Geología	Geología de la zona de Florida, cerros Chira, Tierra Colorada y San Vicente, cantón de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.	Álvaro Aguilar Díaz	1981
Geología	Estudio geológico de la región de Sabana Grande, cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica.	Fernando Alvarado Villalón	1981
Geología	Geología del área de La Cuesta y alrededores, Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica.	Lolita Campos Bejarano	1981
Geología	Geología de Cerro Cardones y alrededores, cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica.	Roberto Chaves Cernas	1981
Geología	Geología del área de Matamba y alrededores, cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica.	José Alberto Fernández Solórzano	1981
Geología	Geología de los cerros Cruces, Matagalpa y alrededores, San Antonio de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica.	Fernando Montalto García	1981
Geología	Geología del cerro Ramoncillo y alrededores, cantón de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.	Luis Obando Acuña	1981
Geología	Geología del área de Pozas y alrededores, cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica	Diana Pizarro Araya	1981
Geología	Geología del área de San Antonio y alrededores, cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica.	Cristina Solano Ramírez	1981
Geología	Geología del cerro Zapote y alrededores, península de Nicoya, Costa Rica.	Vilma Viquez Alvarado	1981
Geología	Geological structure of the forearc region of the west coast of Costa Rica in the vicinity of the Nicoya Peninsula results of a multifold seismic reflection survey.	Richard T Buffler	1982
Geología	Composition and origin of the sedimentary rocks in the Nicoya ophiolite complex (Jurassic-Lower Tertiary Southern).	Gursky, Hans Jurgen	1986
Geología	Los complejos ofiolíticos de Costa Rica (Nicoya, Santa Elena, Quepos y Osa) y su conexión al evento "sill" en el caribe.	Meschede, M. Sick, M. Frisch, W.	1987
Geología	Estructuras tectónicas de edad cretácica en la Península de Nicoya (Costa Rica) y su significado geotectónico	Gursky M. Barbarin J. M. Gursky H. Meiburg P.	1987
Geología	Tectonics of the Nicoya Península, Costa Rica and implications for the geodynamic history of the Caribbean	Gursky M	1992

Hidrogeología	Mapa hidrogeológico de la península de Nicoya	Arrendo et. al. (SENARA)	1992
Geología	Geología de parte de una Cuenca sedimentaria cretácico-paleocena: curso bajo río Morote y río Blanco, Península de Nicoya.	Arroyo et. al	1997
Hidrogeología	Casos de contaminación por intrusión salina en acuíferos costeros de la península de Nicoya (Costa Rica)	Federico Arellano y Asdrúbal Vargas	2001
Hidrogeología	Evaluación del potencial y demanda hídrica subterránea en los acuíferos costeros de Samara	Sigifredo Morera (SENARA)	2002
Hidrogeología	Definición de Zona de Protección del Pozo Sámara	Viviana Ramos (AyA)	2002
Hidrogeología	Rendimiento seguro y susceptibilidad a la contaminación del acuífero coluvio aluvial de las cuencas altas de los ríos Potrero y Caimital, Nicoya, Guanacaste, C.R.”	Losilla y Agudelo	2003
Hidrogeología	Diagnóstico hidrogeológico en la zona de Nosara, cantón de Nicoya, Costa Rica	Alonso Alfaro (SENARA)	2006
Hidrogeología	Hidrogeología del acuífero Mala Noche Sámara de Nicoya, Guanacaste	Alonso Alfaro (SENARA)	2006
Hidrogeología	Hidrogeología de las cuencas de Mala Noche y Buenavista, Sámara de Nicoya, Guanacaste	Catalina Vargas (SENARA)	2006
Hidrogeología	Caracterización hidrogeológica y análisis de la vulnerabilidad del acuífero de la cuenca del río Potrero en Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.	Paola Fuentes Schweizer	2006
Hidrogeología	Vulnerabilidad a la Contaminación del Acuífero Potrero – Caimital	Agudelo (SENARA)	2008
Geología	Análisis sobre la influencia de la percepción del riesgo sísmico en el desarrollo de los planes institucionales de gestión para la reducción del riesgo: en caso del cantón de Nicoya y el cantón Central de Puntarenas	Alexander Solís Delgado	2009
Geología	Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: cuadro estratigráfico de la Península de Nicoya	Percy Denyer Chavarría Ana Teresita Aguilar Álvarez Walter Montero Pohly	2013
Geología	Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa tectónico de la Península de Nicoya	Percy Denyer Chavarría Ana Teresita Aguilar Álvarez Walter Montero Pohly	2013
Geología	Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Cerro Brujo	Percy Denyer Chavarría Ana Teresita Aguilar Álvarez Walter Montero Pohly	2013

Geología	Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Berrugate	Percy Denyer Chavarría Ana Teresita Aguilar Álvarez Walter Montero Pohly	2013
Geología	Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Cerro Azul	Percy Denyer Chavarría Ana Teresita Aguilar Álvarez Walter Montero Pohly	2013
Geología	Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Diría	Percy Denyer Chavarría Ana Teresita Aguilar Álvarez Walter Montero Pohly	2013
Geología	Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Garza	Percy Denyer Chavarría Ana Teresita Aguilar Álvarez Walter Montero Pohly	2013
Geología	Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Matambú	Percy Denyer Chavarría Ana Teresita Aguilar Álvarez Walter Montero Pohly	2013
Geología	Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Talolinga	Percy Denyer Chavarría Ana Teresita Aguilar Álvarez Walter Montero Pohly	2013
Geología	Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Marbella	Percy Denyer Chavarría Ana Teresita Aguilar Álvarez Walter Montero Pohly	2013
Geología	Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Tempisque	Percy Denyer Chavarría Ana Teresita Aguilar Álvarez Walter Montero Pohly	2013
Geología	Cartografía geológica de la Península de Nicoya, Costa Rica: estratigrafía y tectónica.	Percy Denyer Chavarría Ana Teresita Aguilar Álvarez Walter Montero Pohly	2014
Hidrogeología	Determinación de la disponibilidad de agua subterránea en el sistema acuífero Potrero y Caimital, Nicoya, Guanacaste.	Pamela García	2015
Hidrogeología	Caracterización hidrogeológica de un sector de la cuenca tectónica del Río Grande: comunidad de Nambí de Nicoya y sus alrededores.	Allan Alán	2017

Hidrogeología	Modelo hidrogeológico conceptual, evaluación de la disponibilidad y peligro de contaminación de la zona costera de Samara y Playa Carrillo.	Daniela Fernández (SENARA)	2017
Hidrogeología	Elaboración del Diagnóstico Hidrogeológico (Fase 1) del proyecto Estudios Hidrogeológicos para los Planes Reguladores. Nosara, Playa Guiones.	HIDROGEOTECNIA LTDA	2018
Hidrogeología	Estudio hidrogeológico en la zona de Marbella Cuajiniquil, Santa Cruz, provincia de Guanacaste	María Gómez (AyA)	2018
Hidrogeología	Diagnóstico Hidrogeológico del cantón Central de Nicoya, Guanacaste.	ICE	2019

En la figura 2 se ubican algunos de los estudios hidrogeológicos desarrollados dentro del área de estudio.

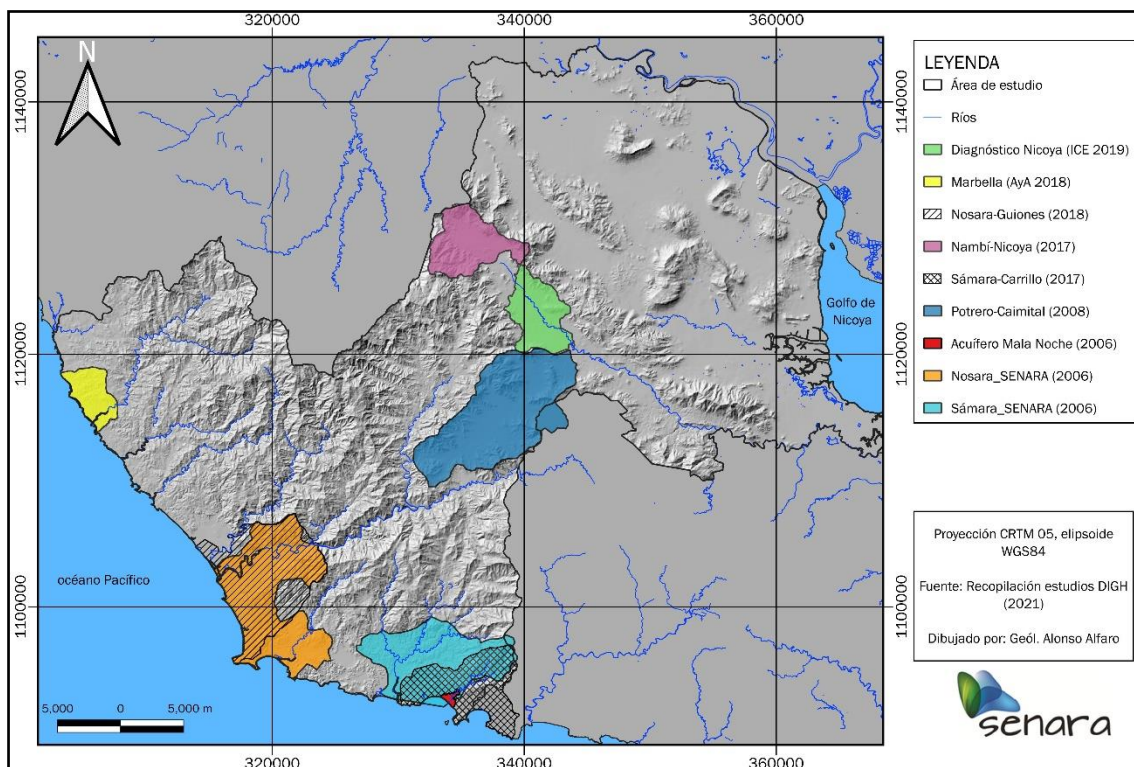


Figura 2. Ubicación de algunos estudios realizados en el área de interés

2. GEOLOGÍA REGIONAL

Las rocas de la Península de Nicoya son de las más estudiadas del país, existen diversos trabajos relacionados con su cartografía. Denyer et al. (2014) realiza una síntesis de estos trabajos y con nuevos datos propone un marco estratigráfico y tectónico en la zona con mapas a escala 1:50.000. De acuerdo con dicho trabajo en el área de estudio se encuentra una secuencia de rocas de origen ígneo y sedimentario.

La zona de estudio se ubica en la unidad morfotectónica Nicoya del basamento del Antearco, a nivel litológico el basamento local está constituido por rocas del denominado Complejo de Nicoya, el cual es sobreyacido por rocas sedimentarias de las formaciones Sabana Grande, Puerto Carrillo, Piedras Blancas, Loma Chumico, Curú, Descartes, Ario, Fila de Cal, Calizas Ario y Cóbano. Sobre esta secuencia sedimentaria se localizan depósitos recientes constituidos por aluviones, coluvios, varios humedales en el sector de la margen derecha del río Tempisque principalmente; y los depósitos de playa principalmente en el sector costero oeste de la Península de Nicoya, su distribución se puede observar en la figura 3.

A continuación, se describe cada una de las formaciones geológicas regionales presentes en el área de estudio.

2.1 Complejo de Nicoya (*basaltos*)

Los basaltos como parte del Complejo de Nicoya conforman el basamento local y regional. Es la unidad más abundante, tanto en el Complejo como en la península de Nicoya (Denyer et al. 2014). En la zona de estudio se encuentra en sectores como los poblados de Tambor y Cóbano. Se presentan generalmente como flujos de basaltos masivos, cruzados por varias generaciones de fracturas y vetillas en su mayoría de zeolitas y algunas silíceas; además se encuentran en forma de almohadilla y en ocasiones en microalmohadilla. Las almohadillas muestran una corteza de hialoclastita fracturada, producto del enfriamiento y en cortes transversales se observan las fracturas radiales y una estructura concéntrica mostrando una mejor cristalización en la parte central (Denyer et al. 2014).

Asociado a estos basaltos se presentan autobrechas y brechas de explosión en las almohadillas; así como los basaltos toleíticos; estos son de grano fino, en general afíricos, compuestos por plagioclasa, augita, clorita y óxidos de hierro y titanio, todo esto una matriz afanítica. Generalmente se presentan vetillas de calcedonia, zeolitas, ópalo y rara vez calcita (Denyer et al. 2014). Algunas dataciones radiométricas $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ se

pueden agrupar en tres grandes grupos: entre 139-133 Ma (*Berriasiano – Hauteriviano*) (Hoernle et al., 2004), 119-111 Ma (*Aptiano-Albiano*) (Hoernle et al., 2004) y 95-88 Ma (*Cenomaniano-Turoniano*) (Sinton et al., 1997; Hauff et al., 2000).

Esta unidad es parte del CLIP (Caribbean Large Igneous Province) que es un evento magmático regional intenso originado por la placa Farallón (antigua placa que posteriormente se fragmenta y da origen a las placas Nazca y Coco), pasó por un punto caliente y produjo intrusiones y derrames lávicos causando engrosamiento de la corteza.

2.2 Complejo de Nicoya - Intrusivo Potrero

Corresponde con un cuerpo intrusivo gabrótico que se concentra en el NW de la península de Nicoya y es una unidad que forma parte del Complejo de Nicoya. Está compuesto por gabros, microgabros y doleritas. Son rocas oscuras, de textura porfirítica muy rica en minerales máficos con acumulaciones esferoidales centimétricas de piroxenos (Denyer et al 2014). Dataciones $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (Sinton et al., 1997 en Denyer et al., 2014) de los intrusivos dan edades entre 84 y 83 Ma (Santoniano). Esta unidad intruye los basaltos y radiolaritas del Complejo de Nicoya que conforma el basamento regional (Denyer et al., 2014)

2.3 Formación Loma Chumico

Designada formalmente por Astorga (1990) y redefinida como una unidad diferenciable del Complejo de Nicoya por Flores (2003) debido a su importancia sedimentológica, paleoambiental y cronoestratigráfica. Flores (2003) mide espesores máximos de 90 m, mientras que Astorga (1987) describe un espesor de 600 m con base en perforaciones.

De acuerdo con Denyer et al. (2014) corresponde con una secuencia de 5-10 m, compuesta por:

- Brechas con clastos centimétricos a milimétricos de fragmentos de basaltos en una matriz arenosa o hialoclastítica.
- Areniscas gruesas basálticas y areniscas finas grises.
- Lutitas finas silíceas y bituminosas.

Según Astorga (1987) su origen está asociado a una sedimentación pelágica, biogénica silícea, en la cual se desarrollaron relativamente cortos, cíclicos períodos de sedimentación bajo ambiente anóxico. Lo cual ocasionalmente es interrumpido por la

llegada de corrientes de turbidez de baja concentración o depositación pelágica por floculación de polco tefrítico, que se desarrolló bajo un piso oceánico levantado y posiblemente engrosado por el efecto de una amplia actividad volcánica submarina contemporánea (Astorga, 1990). De acuerdo con Flores (2003) está sobreyacida discordantemente por las formaciones Sabana Grande, Piedras Blancas y Curú.

2.4 Formación Sabana Grande

Denominada por MacDonald (1920) para describir las calizas silíceas de Sabana Grande. Dengo (1962) la define formalmente como formación, e indica que, además de calizas silíceas y ftanitas con radiolarios, se encuentran lutitas silíceas. Astorga (1987) la redefine considerando un estratotipo el área de los alrededores del poblado de Sabana Grande. Flores (2003) propone el Cerro Jesús como neoestratotipo. Según la descripción de Flores (2003) esta unidad está compuesta sobre todo por estratificación decimétrica a centimétrica de lutitas silíceas, calcilutitas parcialmente silíceas (calizas silíceas) e intercalaciones de areniscas medias y finas ligeramente calcáreas. Los estratos son planos continuos, de geometría tabular, leve a medianamente plegados (Denyer et al., 2014).

Dengo (1962) indica que esta Formación pertenece al *Senoniano* o más antigua con base en su posición estratigráfica bajo la Formación Curú. Para Flores (2003) como Bandini et al., (2008) tiene una edad probable de *Coniciano* – *Campaniano*; para Denyer et al., (2014) posee un rango de edad del *Cenomaniano al Santoniano*. Esta unidad corresponde con una sedimentación de origen pelágico, con una notable influencia en el aporte terrígeno evidenciado por un aumento de intercalaciones de areniscas turbidíticas. Los eventos de sedimentación anóxica son menos frecuentes o casi inexistentes, presentándose hacia la base (Astorga, 1987; Flores, 2003; Bandini et al., 2008).

2.5 Formación Berrugate

Corresponde con sedimentos de composición volcanoclástica, que anteriormente se incluyeron en la formación Sabana Grande o en la formación Loma Chumico (Flores, 2003; Flores et al., 2003 en Denyer et al., 2014). Se encuentre compuesta por 10 a 30 m de brechas basálticas, areniscas gruesas a medias de color gris a verde, en estratos métricos a centimétricos e intercalaciones centimétricas de areniscas finas y lutitas silíceas con horizontes bituminosos. Macroscópicamente, son brechas y wakes líticas, lodolitas bituminosas y lodolitas silíceas (Denyer et al., 2014)

Seguida por 10 a 20 m de intercalaciones centimétricas a decamétricas de areniscas silíceas medias de color verde, areniscas silíceas finas, verdes y grises y lutitas silíceas verdes y café (Denyer et al., 2014). La secuencia continúa con 10 a 20 m de intercalaciones centimétricas a decimétricas de areniscas calcáreas finas verdes con lutitas calcáreas gris verdosas, que en general presentan laminaciones paralelas y cruzadas. La unidad termina con 10 a 20 m de lutitas calcáreas gris verdosas, lutitas calcáreas grises con laminaciones paralelas y cruzadas, y lutitas calcáreas parcialmente silicificadas (calizas silíceas blancas). Flores (2003, en Denyer et al., 2014) propone una edad del Cenomaniano al Turoniano Inferior.

2.6 Formación Nambí

Denominada por Flores et al. (2003a Denyer et.al. 2014), para referirse a los primeros sedimentos típicamente turbidíticos depositados en la región. Las mejores exposiciones se encuentran en las Vueltas de Nambí. Esta unidad está compuesta por brechas basálticas y areniscas gruesas con una destacante gradación positiva y meteorización esferoidal.

Litológicamente esta unidad está compuesta por areniscas finas gris oscuro con intercalaciones en forma de láminas, lentes y cuñas de lutitas café, con laminación paralela y cruzada y fragmentos de hasta 40cm de *Inoceramus* y radiolarios en sección delgada. Además, se encuentran intercalaciones de areniscas grises carbonatadas y lutitas café rojizas, e intercalaciones de areniscas gruesas y calcarenitas grises. La edad de la Formación Nambí varía del Turoniano al Coniaciano con base en las dataciones de estroncio (Denyer et al., 2014).

2.7 Formación Piedras Blancas

Corresponde con sedimentos hemipelágicos ricos en globotruncanas del Cretácico Superior. Flores et al (2003) describen esta unidad como calcilutitas blancuzcas y rojizas con intercalaciones de areniscas medias a finas rojas y grises – carbonatadas y ligeramente silíceas. En esta unidad al igual que Sabana Grande la secuencia se presenta con estratificación de centimétrica a decimétrica, los estratos son planos continuos, de geometría tabular y se presentan de leve a moderadamente plegados (Denyer et al., 2014).

Dataciones paleontológicas presentadas por Flores (2003) asignan un rango de edad del *Campaniano Superior* terminal hasta el *Maastrichtiano inferior basal* (Robaszynki & Caron, 1995). Astorga (1981) menciona la presencia de *Globotruncana cortusa* del *Maastrichtiano Medio*. Por su parte Alvarado (1980) reporta la presencia de

Globotruncana arca del Campaniano Superior al Maastrichtiano Medio. Las rocas de esta unidad evidencian una sedimentación carbonatada hemipelágica que ocurrió durante el Campaniano Superior terminal hasta el Maastrichtiano Inferior basal (Denyer et al., 2014). Además, esta unidad constituye un horizonte guía de correlación mundial, se asocia con uno de los Eventos Oceánicos Óxicos (OOEs) (Hu et al, 2005).

2.8 Formación Curú

Esta unidad estratigráfica fue denominada por Astorga (1987) y la describe como mezclas de arena y lodo en proporciones variables y algo de gravas. Son de origen volcánico básico (basáltico), caracterizado por la abundancia de feldespatos, la carencia casi total de cuarzo, la abundancia relativa de magnetita y de minerales ferromagnéticos. Hacia el techo la composición cambia paulatinamente de basáltica a andesítica. Presenta cinco tipos de facies: (1) Flujos turbulentos lodo – arenosos, (2) Flujos turbulentos arenosos, (3) Flujos turbidíticos retrabajados, (4) Flujos turbulentos gravosos y (5) Flujos de escombros. Es característica la presencia de estratos métricos de areniscas gruesas oscuras con intercalaciones de estratos decimétricos de areniscas y lutitas. Al mismo tiempo, la meteorización esferoidal resulta muy frecuente en los estratos de arenisca gruesa (Denyer et al., 2014).

En playa Manzanillo aflora una secuencia turbidítica compuesta por conglomerados con clastos hasta de 20 cm de diámetro, subredondeados, de radiolaritas, calcilutitas, lutitas silíceas y fragmentos de gasterópodos. En varias localidades se puede observar plegamientos sinsedimentarios (*slumps*), que afectan a varias decenas de metros de la secuencia sedimentaria (Denyer et al., 2014).

Astorga (1987) le asigna un rango de edad Maastrichtiano Medio/Superior a Paleoceno Superior basal. Thalmann (en Dengo, 1962) con base en foraminíferos planctónicos, le asigna una edad Campaniano. Pizarro (1993) indica edades del Maastrichtiano y el Campaniano para varios foraminíferos. Respecto a la génesis Astorga (1987) reconoce grandes volúmenes de sedimento terrígeno depositados por gravedad, conformando depósitos turbidíticos en los que el sedimento no entra a la cuenca en un único punto sino a través de varios, a partir de los cuales es dispersado en forma longitudinal en una cuenca elongada y relativamente estrecha. Describe tres tipos de depósitos turbidíticos: 1. Planos de cuenca, 2: Complejos lobulares y 3: Depósitos canalizados progradantes.

2.8.1 Formación Curú (Mb. Cerco de Piedra)

Esta unidad corresponde con una serie de sedimentos arenosos y conglomerádicos de origen turbidítico que afloran en el área de Colorado de Abangares,

la isla de Chira y afloramientos aislados en la zona de Sámara (Denyer et al., 2014). Esta unidad está compuesta por conglomerados volcánicos, regular a mal seleccionados, con fragmentos angulares a redondeados de hasta 30 cm, predominantemente andesíticos, de calizas y pedernales. Presenta matriz arcillosa a limo arenosa con cemento calcáreo (Sprechman, 1982 en Denyer et al., 2014). Rivier (1983 en Denyer et al., 2014) le asigna una edad entre el Pleoceno Medio a Superior.

2.8.2 Formación Curú (Mb. Quebrada Pavas)

Esta unidad fue definida por Flores et al. 2003 en Denyer et al., 2014), es la base de la Formación Curú, se caracteriza por evidenciar un evento de alta erosión durante el Maastrichtiano Superior. Es una secuencia de 20 a 50 m, compuesta por estratos métricos a centimétricos de areniscas medias a gruesas grises, con lentes de conglomerados con clastos redondeados ($\varnothing = 2-10$ cm) de basaltos, pedernales, radiolaritas, lutitas silíceas y clastos angulares (10 x 30 cm) de calcilutitas rosadas y blancas. Esta unidad se caracteriza por presentar laminación paralela planar continua y megaestratificación cruzada. Microscópicamente corresponden con arenitas líticas, wackes líticas y arenita arcósica (Denyer et al., 2014).

2.9 Formación Barra Honda

Esta unidad fue definida por Dengo 1962 en Denyer et al., 2014), corresponde con una secuencia carbonatada ampliamente extendida en los márgenes del río Tempisque. Dengo 1962, en Denyer et al., 2014) la describe como una caliza pobremente estratificada en la parte inferior y bien estratificada en la parte superior, con textura homogénea fina y color blanco amarillento.

Mora 1981 en Denyer et al., 2014 distingue dos subunidades:

- a) Una subunidad estratificada bien expuesta en la zona de lapiaz del Mirador, en el Mogote del cerro Barra Honda, en Fierro, Corralillo y el cerro Panamá. Según la clasificación de Folk, consiste de una biomicrita con variaciones locales a bioesparita y a biopellmicrita. Según la clasificación de Dunham se trata de un packstone con variaciones locales a grainstone y packstone esparítico. Se compone de fragmentos de erizo, algas (Corallinacea), esponjas, bryozoos, radiolarios (Spumellaria) y foraminíferos (Quinqueloculina, Tricoculina, y otros).
- b) Una subunidad maciza que se observa en la pared S del cerro Barra Honda y en las paredes E y W del cerro Corralillo. Según la clasificación de Folk está formada por una biolitita algal con áreas restringidas de biopellmicrita. Según la

clasificación de Dunham es una *boundstone* en donde la actividad algal ha ligado los demás componentes de la roca. Está cementada en su mayor parte por micrita primaria y por productos de la actividad algal.

Dengo 1962, en Denyer et al., 2014 con base en estudios de la fauna se propone una edad Cretácico Terminal al Paleoceno Inferior.

2.10 Miembro Zapotal (Formación Descartes)

Flores et al. (2003) proponen como hipoestratotipo los afloramientos de isla Chira. En el trabajo de Campo II (1994) se describe la secuencia sedimentaria de isla Chira de la siguiente manera:

- 450 m de intercalaciones centimétricas de areniscas calcáreas finas y gruesas, con laminación paralela y estructuras de carga.
- 250 m de intercalaciones centimétricas de areniscas calcáreas medias y finas con lutitas, de color gris que al meteorizarse son de color rojo.
- 350 m de intercalaciones centimétricas de lutitas y areniscas finas silíceas de color crema, que meteorizan de color rojizo.
- 1000 m de intercalaciones centimétricas de lutitas y areniscas silíceas finas, areniscas calcáreas medias y finas y lutitas calcáreas.

Según Denyer et al. (2014) es común la presencia de plegamiento sinsedimentario. El espesor máximo calculado por Flores et al. (2003) es mayor a 2000 m. Rivier (1983) le asigna una edad entre Paleoceno Superior y el Eoceno Inferior.

2.11 Formación Arío

Designada por Astorga (1987) como Formación Arío, para referirse a los depósitos de turbiditas de grano fino e intercalaciones de sedimentos pelágicos. Aflora en el sector SW de la península de Nicoya, desde el S de Nosara (hoja Garza), hasta el norte de punta Cuevas (hoja Cabuya); esta región es lo que Astorga (1987) denominó cuenca Sámara-Cabo Blanco. Astorga (1987) describe el Sistema Depositional V, conformado por turbiditas calcilutíticas, pelitas negras y depósitos canalizados, de dos tipos, gravas basálticas y areniscas bioclásticas con macroforaminíferos. En mayor detalle, los depósitos descritos son:

- Depósitos de corrientes de turbidez de baja concentración. Se subdivide en dos clases, primero los depósitos de tipo lodoso (turbiditas calcilutíticas), que son de color gris cuando sanas y blanco amarillento alteradas, con estratificación de

delgada a media. Segundo, los depósitos tipo arenoso que corresponden a arenas turbidíticas silicoclásticas de grano medio a fino, moderadamente seleccionadas y de estratificación muy delgada.

- Depósitos pelágicos – hemipelágicos, que son pelitas negras, ricas en materia orgánica, de estratificación delgada a media. Depositados por asentamiento pelágico en un ambiente de planos de cuenca, cuando disminuye el aporte turbidítico.
- Depósitos de flujos turbulentos arenobioclásticos de alta concentración, que retrabajan y resedimentan depósitos carbonáticos neríticos. Son calcarenitas, de grano medio a grueso, con estratificación gruesa a muy gruesa, mal seleccionadas con gránulos y guijarros dispersos. Son ricas en macroforaminíferos y fragmentos de erizos.
- Depósitos de flujos turbulentos arenogravosos. Corresponden con rellenos de canal.

Por su parte Denyer et al (2014) cartografiaron al menos dos niveles carbonatados (Obando, 1983), los cuales están interestratificados con los depósitos clásticos finos. Son calizas bioclásticas en estratos decimétricos. Localmente abundan los macroforaminíferos por retrabajo de las plataformas carbonatadas asociadas a la Formación Fila de Cal.

Con respecto a la edad, Malavassi (1961) la determinó al *Paleoceno Superior*. Astorga (1987) le asigna una edad *Paleoceno Superior - Eoceno Superior / Oligoceno Inferior* con base en la secuencia estratigráfica. R. Schmidt-Effing en Lundberg, 1982 le asigna una edad de *Eoceno temprano a Medio* a las lutitas silíceas, indicando que probablemente se depositaron bajo la CCD (*Carbonate Compensation Depth*) y *Paleoceno o Eoceno* a las lutitas calcáreas, las cuales se depositaron sobre la CCD. Y Lundberg (1982) menciona una datación de turbiditas finamente estratificadas del *Paleoceno*.

Para su génesis, Obando (1983) menciona que los depósitos que conforman esta unidad son turbiditas de facies distal, los cuales se depositaron en un área influenciada por sedimentación hemipelágica-pelágica, que recibía aportes de corrientes de turbidez y de suspensión. Además, hubo retrabajo y redepositación de sedimentos someros, algunas veces calcáreos, formando incluso una unidad de Calizas alodápicas, que en los mapas se denomina **Calizas Arío**. Astorga (1987) considera que son depósitos de turbiditas de grano fino e intercalaciones de sedimentos pelágicos depositados por asentamiento pelágico en un ambiente de planos de cuenca, cuando disminuye el aporte turbidítico. A pesar de su génesis como una turbidita distal, se nota la presencia de ichnofósiles.

2.12 Formación Punta Pelada

Sprechmann et al. (1993, 1994 en Denyer et al., 2014) usa este nombre para designar una secuencia de areniscas finas calcáreas, macisas, calcarenitas bioclásticas ricas en macroforaminíferos y equinodermos. Se trata de una secuencia de 225 m de areniscas finas, color pardo, con muchos fragmentos de bivalvos; caliza arenácea clara, con abundantes foraminíferos y equinoideos; calcilutita y areniscas y lutitas calcáreas de color gris (Dengo, 1962 en Denyer et al., 2014).

Baumgartner et al. (1984 en Denyer et al., 2014), la describe con el nombre informal de Punta Peladas, de la siguiente manera:

Río Nosara: de la base al techo: 40 m de areniscas calcáreas mal estratificadas, 60m de calcarenitas, muy bioturbadas en la base y con estratificación cruzada hacia el techo; 30m de arenisca calcárea mal estratificada, aproximadamente 50 m de calcarenitas arenosas mal estratificadas.

Punta Peladas: 1 m de arenisca calcárea, entre 8 y 15 m de cuerpos lenticulares de arenitas bien lavadas, ricas en macroforaminíferos y equinodermos, con estratificación cruzada en capas métricas gradando hacia arriba a una interestratificación de unos 30m de areniscas finas con areniscas gruesas en capas decimétricas.

Dengo (1962b en Denyer et al., 2014) menciona que las rocas de “Punta Nosara y Punta Peladas” fueron datadas tanto por Thalmann como por Malavassi (1961 en Denyer et al., 2014), Oligoceno Superior. Sprechmann et al. (1983, 1984 Denyer et al., 2014) le asignan una edad Oligoceno Superior-Mioceno Inferior.

2.13 Depósitos aluviales recientes

Se localiza en las planicies interiores de la zona de estudio y tienen un espesor reducido, esto hace pensar que en realidad las planicies que rodean el río Tempisque nos son espesos rellenos aluviales como se puede interpretar *a priori*, sino que se representan una superficie de erosión levemente recubierta por aluviones (Denyer et al., 2014).

Es importante indicar que, para el área de estudio, además del Mapa Geológico Regional basado en SENARA (1993) existe el Mapa Geológico realizado por Denyer et al (2014) que corresponde con una actualización de la estratigrafía de la Península de Nicoya, por lo que para el desarrollo de proyectos de investigación en esta zona deben tomarse en cuenta ambos estudios.

Geología Estructural

Se describen a continuación las estructuras que están presentes en la zona de estudio.

2.14 Falla La Mansión

En la región central-E de la península de Nicoya se han interpretado una serie de fallas de rumbos entre E-W a NW, con escarpes facetados al S y al N, los cuales se interpretan como fallas inversas con una posible componente sinistral. La interpretación de desplazamiento en las anteriores fallas se infiere con base en sus características morfotectónicas y en su posición espacial con respecto al campo local de esfuerzos (ver “Relación entre las fallas neotectónicas y la transrotación” en la discusión). La falla paleotectónica La Mansión tiene un rumbo entre NW-SE y una longitud de unos 27km (Dengo, 1962 en Denyer et al., 2014).

2.14.1 Falla Quirimán

Esta estructura paleotectónica pertenece al Sistema de falla Belén, es un sistema ancho de fallas, con trazas de rumbo NNW a NNE, que en su parte S tiene casi 20 km de ancho en dirección E-W. Específicamente la falla Quirimán tiene aproximadamente 30 km, tiene un rumbo N-S a NNE DD y termina al N contra la falla Belén (Denyer et al., 2014).

2.14.2 Falla Montaña

Es una falla del cuaternario que se ubica desde 1 km al oeste de Fila Picuda, pasando por Santa Teresa de Montiel y se extiende hasta Punta Pelada a 2 km al sur de la desembocadura del río Nosara, Denyer et al. (2013) le asignan una extensión de 13 km. Corresponde con una falla normal de movimiento oblicuo, que tiene componente lateral izquierdo (Denyer et al., 2013). Según lo observado en Denyer et al. (2003) esta falla es de trazo lineal, donde el cauce del río Nosara se alinea en gran parte con la traza y el bloque sureste está levantado. En su extremo noreste tiene escarpes mirando al noroeste. En Denyer et al. (2014), esta falla es el límite del borde suroeste de la cuenca de Tracción de Nosara (Pull Apart de Nosara) y hacia el noreste se intercepta con la falla Guastomatal.

2.15 Superficies de aplanamiento y levantamiento costero

Entre las plataformas de abrasión actuales y los cerros de fuerte pendiente que alcanzan alturas de 983 m en el cerro Vista Del Mar (hoja Cerro Brujo) y 1018 m, en el cerro Azul (hoja Cerro Azul), existen áreas que terminan abruptamente en planicies tipo “meseta” (Denyer et al., 2014). Estas planicies corresponden con superficies de aplanamiento, es decir, antiguas superficies de erosión o depositación fuertemente levantadas durante el Plioceno y el Cuaternario (Denyer et al., 2014). Dentro de la zona de estudio están las siguientes superficies de aplanamiento:

2.15.1 Sámara-Tamarindo

Corresponde con un intrincado sistema de superficies erosivas, que se localizan en el borde SW de la península, entre Tamarindo al NW, hasta Sámara al SE, cuyas alturas varían aproximadamente, entre 10 y 150 m y cubren un área de 175,9 km² (Denyer et al., 2014).

2.15.2 La Mansión

Definida por Hare (1984 en Denyer et al., 2014) y Hare & Gardner (1985 en Denyer et al., 2014) como una superficie de depositación compuesta por gravas y arenas fluviales de relativo poco espesor, lo cual indica que el sustrato debe corresponder con una superficie previamante erosiva, cubierta por el material fluvial (Denyer et al., 2014). La incisión del drenaje moderno ha creado abanicos y terrazas depositacionales cuyo espesor varía entre 4 y 10 m (Hare & Gardner, 1985 en Denyer et al., 2014). Su altura varía entre 100 y 200 m y cubre un área de 196,3 km² (Denyer et al., 2014).

2.15.3 Cerro Azul

De acuerdo con la definición de Hare & Gardner (1985 en Denyer et al., 2014), dicha superficie se encuentra a lo largo de la parte central del eje montañoso de la península. Corresponde con una superficie erosional que se reconoce por sus zonas aplanadas, con alturas entre 200 m y hasta casi 1000m, que terminan en escarpes continuos, con pendientes de más de 45° (Denyer et al., 2014). Destaca la “meseta” que se ubica cerca de la localidad de Cerro Azul (Hare & Gardner, 1985 en Denyer et al., 2014). Se relaciona con la existencia de cambios abruptos del perfil longitudinal de los ríos llamados *knickpoints* fluviales (Denyer et al., 2014).

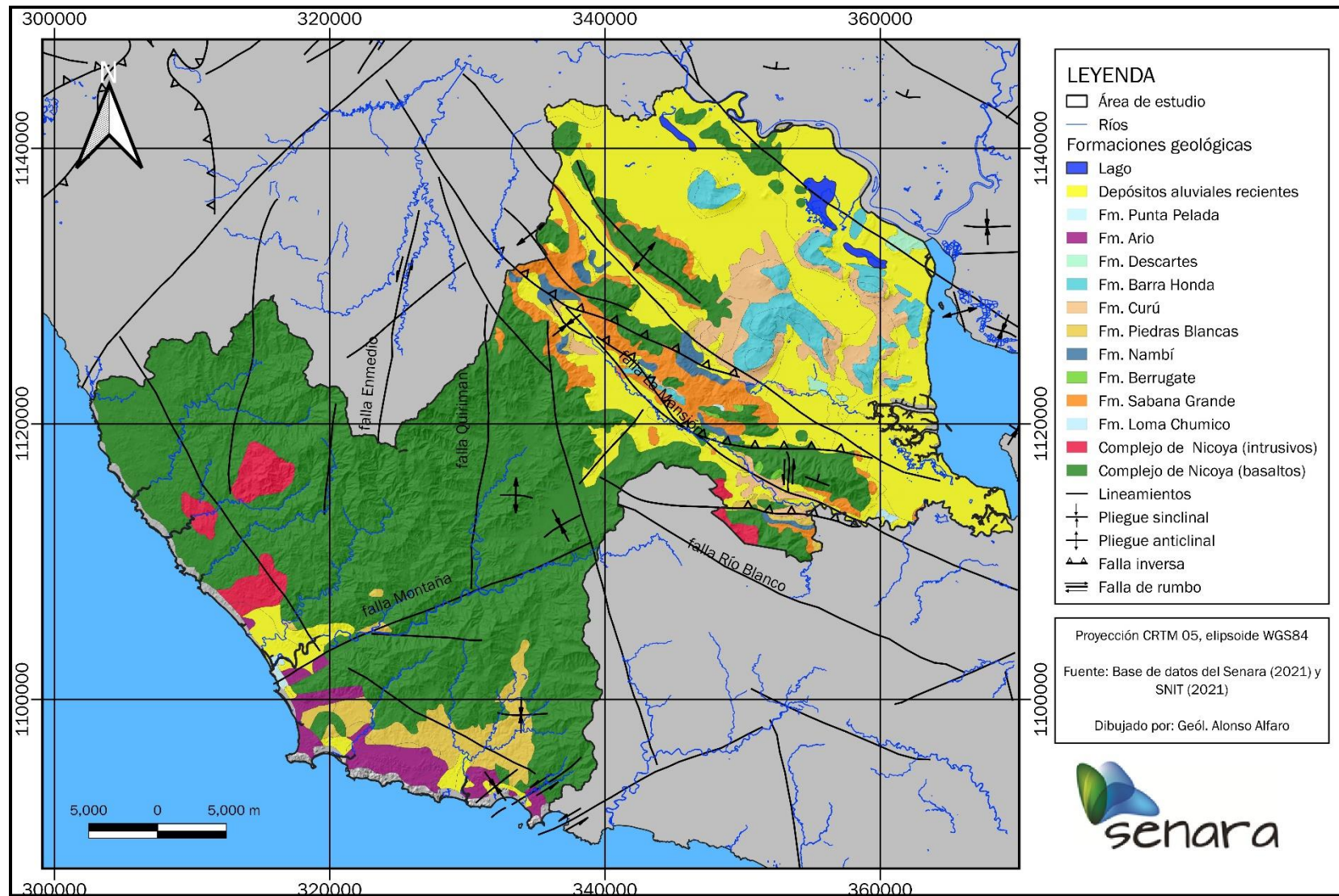


Figura 3. Mapa geológico regional (basado y modificado de Senara, 1993)

3. HIDROLOGÍA

3.1 Cuencas hidrográficas de la zona de estudio

La zona de estudio se localiza en la Vertiente Pacífica del país y en el cantón de Nicoya forma parte de las denominadas cuencas Costeras de Nicoya, cuencas del Golfo de Nicoya y cuenca del río Tempisque. Las subcuencas mayores corresponden a los ríos Charco, Quirimán y Ora (Cuadro 2). La totalidad del área de las subcuencas en el cantón de Nicoya corresponde con 2032,6 km².

Cuadro 2. Cuencas y subcuencas en el área del cantón de Nicoya

CUENCA	SUBCUENCA	ÁREA (Km ²)
Cuencas Costeras Nicoya	Río Quiriman	160,22
	Río Seco (Filas Blancas)	32,81
	Laguna Barco Quebrado	0,04
	Río Garza	44,82
	Laguna Buenavista	0,03
	Río Buenavista	117,38
	Río Nosara	135,76
	Río Montana	81,12
	Río Ostional	16,87
	Río Rempujo	19,42
	Queb. Playa Pavones - Queb. Medina	3,90
	Queb. Barrigona	7,38
	Río Lagarto	5,98
	Queb. Playa Carrillo	6,84
	Río Mala Noche	15,26
	Queb. Dormilona	5,06
	Río Lajas	97,93
Río Ora	156,52	
Cuencas Golfo Nicoya	Río Morote	243,26
	Río Potrero	37,21
	Río Momollejo	7,26
	Río Matina	16,02
	Río Cacaco Mico	5,61
	Río Camarón - Río Iguanita	22,40
	Río Blanco	45,31
	Río Santa Rita	20,54
	Queb. Lajera - Queb. Montana	14,94
	Río Grande	69,83
Río Tempisque	Laguna Charco	0,11
	Laguna Corral de Piedra	4,57
	Laguna	0,07

	Laguna La Flor	0,06
	Río Charcho	182,23
	Laguna Mata Redonda	2,56
	Río San Lázaro - Laguna Mata Redonda	148
	Río Henchidero - Río Garzón - Lag Corral de Piedra	148,66
	Queb. Rosario	14,62
	Queb. Laguna Sonzapote	38,30
	Río En medio	103,63
Insular Río Tempisque	Isla Saíno	0,41
	Total	2032,55

En el sector de Santa Cruz forma parte de las cuencas del Golfo de Nicoya y corresponde con las subcuencas de los ríos Torno, Montana, Cuajiniquil, Rosario, Venado, Hostional, San Juanillo, Lagarto y Coco, además de otras quebradas menores, que en su totalidad comprenden un área de 350,6 km² (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuencas y subcuencas en el área de Santa Cruz

CUENCA	SUBCUENCA	AREA (Km²)
Cuencas Costeras Nicoya	Río Torno	100,84
	Río Montana	81,12
	Río Cuajiniquil	58,92
	Río Rosario	33,09
	Río Venado	26,05
	Río Ostional	16,87
	Río San Juanillo	4,54
	Río Lagarto	4,04
	Queb. Rayo	3,8
	Queb. Pitahaya	3,33
	Queb. Honda	3,27
	Queb. Surco de Piedra - Queb. Pajuila	3,25
	Queb. Biscoyol	2,19
	Río Coco	2,07
	Queb. Terciopelo	1,53
	Queb. Pleito	1,34
	Queb. Palmichal	1,05
	Queb. Playa Blanca - Queb. Playa Azul	1,02
	Queb. Punta Pitahaya	0,99
	Queb. Coco	0,67
Queb. Zapote	0,62	
	Total	350,6

En la figura 4 se ubican las cuencas que constituyen el área de estudio.

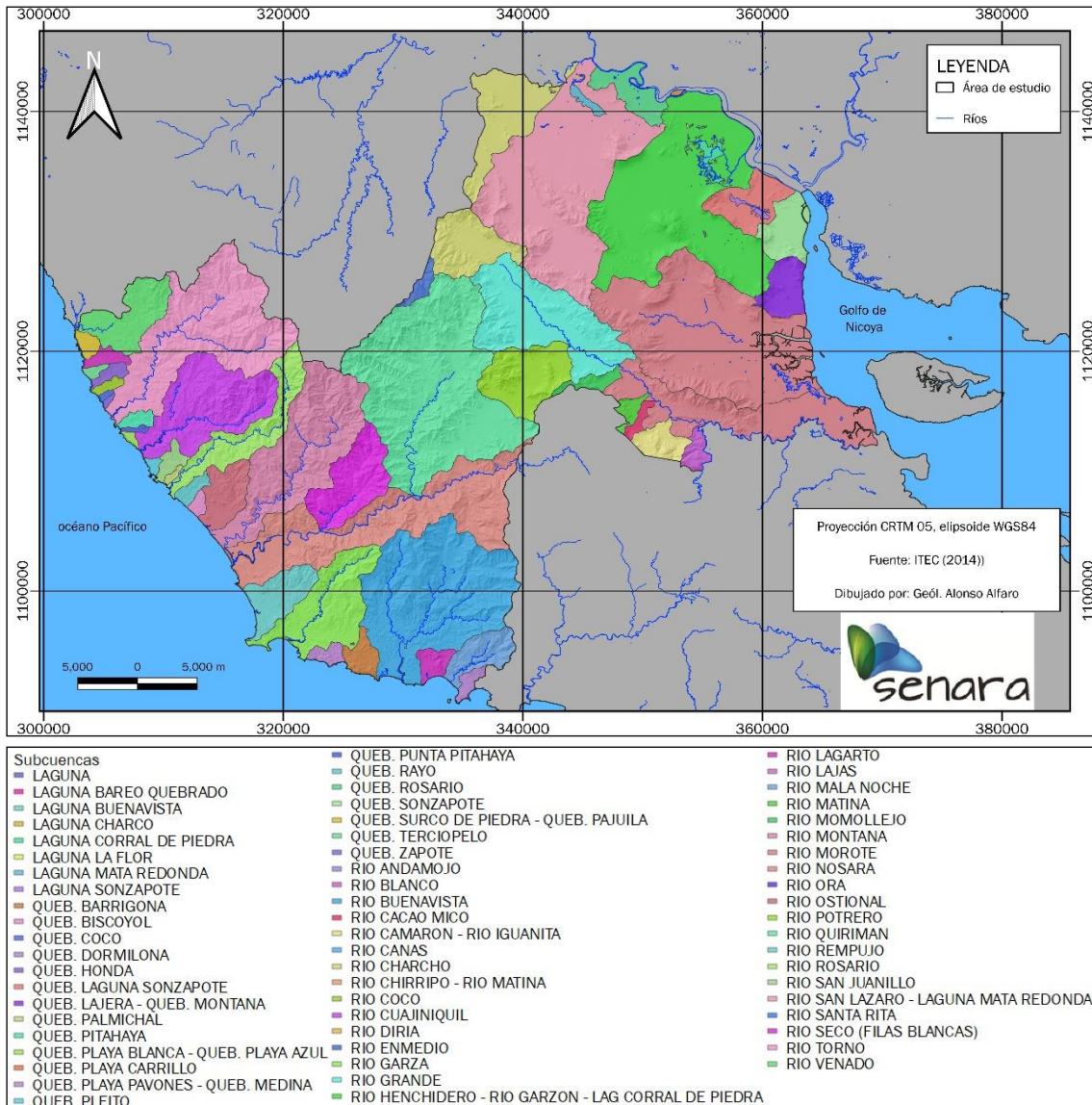


Figura 4. Mapa de subcuencas hidrológicas

3.2 Clima y Vegetación

De acuerdo con Solano y Villalobos (2001) la zona de estudio se encuentra en la región climática del Pacífico Norte, que comprende la provincia de Guanacaste entre otros cantones de las provincias de Puntarenas y Alajuela. Esta región pertenece al régimen de precipitación del Pacífico, conocido por la presencia de un periodo seco y otro lluvioso que están bien definidos (Figura 5).



Figura 5. Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica
(Recuperado de: Solano y Villalobos 2001)

En esta región predomina como característica relevante, la severidad del clima en la planicie guanacasteca, en donde en algunos años suele hacerse angustiosa la escasez pluvial, pues la irregularidad es lo normal.

En la subregión PN1 el clima se describe como lluvioso con influencia monzónica sobre la parte costera de la Península de Nicoya y de sequía sobre el resto de la subregión (Cuadro 4).

Para la subregión Pacífico Norte 1, la precipitación promedio anual según el IMN EN 1992 fue de 2385 mm y las temperaturas máximas y mínimas fueron de 30°C y 23°C respectivamente y para la subregión Pacífico Norte 2, la precipitación promedio anual en el mismo año fue de 1800 mm y las temperaturas máximas y mínimas fueron de 33°C y 22°C respectivamente.

Cuadro 4. Resumen sinóptico-climático y tipo de vegetación de la subregión Pacífico Norte (PN2). Tomado de Solano & Villalobos (2001)

SUBREGIÓN CLIMÁTICA	TAP	TMx (°C)	TMn (°C)	TM (°C)	DLL	PS (meses)	TIPO DE VEGETACIÓN
PN1	2385	30	23	25 a 30	99	4	Bosque seco tropical

TAP: Total anual de precipitación TMx: Temperatura máxima promedio mensual.

TM: Temperatura media mensual TMn: Temperatura mínima promedio mensual.

PS: Período seco

DLL: Número de días con lluvia > 1mm.

Por otra parte, Holdridge (1982) divide a Costa Rica en 12 zonas de vida y 12 zonas de transición, con base en factores ambientales como humedad, precipitación y temperatura, el resultado es la división del país en diferentes tipos de bosque; este es uno de los sistemas más utilizado en la clasificación de los bosques. De acuerdo con el mismo autor este sistema de clasificación tiene su fundamento en la relación que existe entre el clima y la vegetación, basado en estudios de largo plazo de los patrones de clima y de la vegetación en muchos lugares tropicales. Para el área de estudio las zonas de vida según la clasificación Holdridge (1982), corresponde al bosque húmedo premontano transición a basal, bosque húmedo tropical, bosque húmedo tropical transición a seco y bosque muy húmedo premontano (Figura 6).

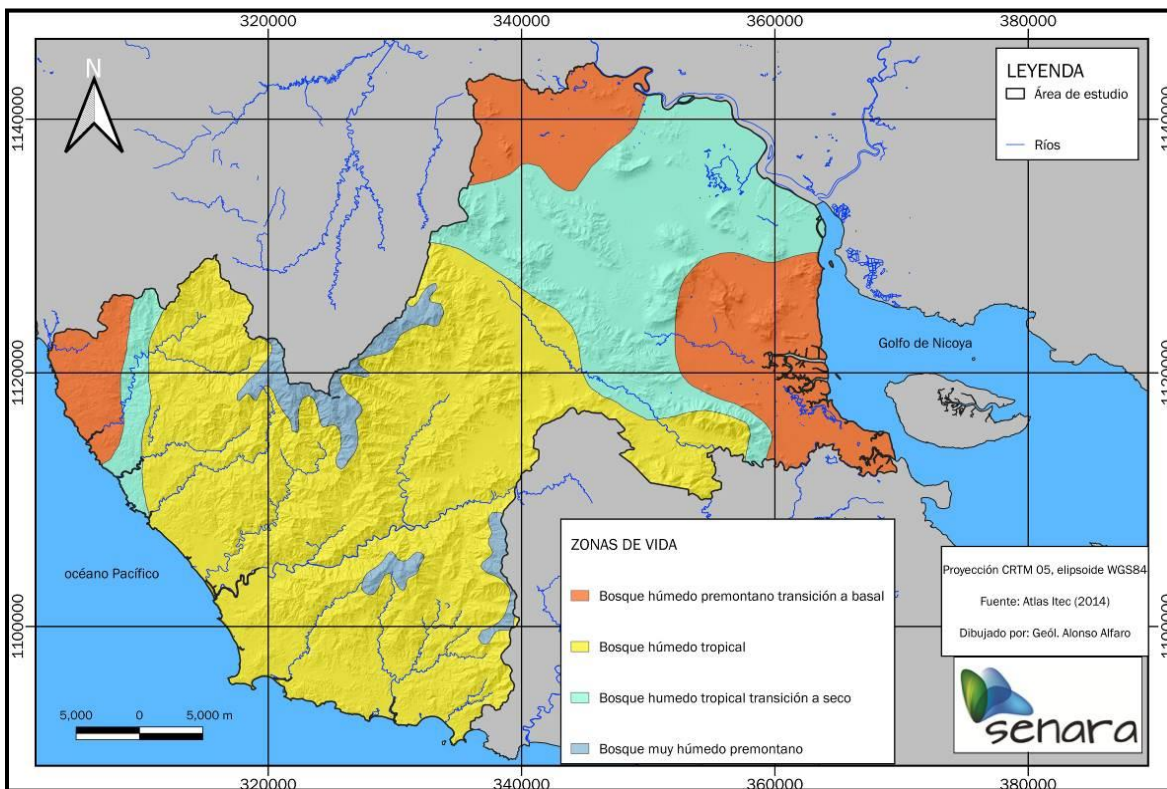


Figura 6. Mapa Ecológico de Costa Rica, según el sistema de clasificación de Zonas de Vida del mundo de L. R. Holdridge (Bolaños, R; Watson; V. 1993 / CCT / esc: 1:200 000, recuperado del Atlas del TEC 2014)

3.3 Estaciones meteorológicas

Con base en la información suministrada por el IMN en el siguiente cuadro se muestran las coordenadas de las diez estaciones meteorológicas cercanas o dentro de la zona de estudio y en el Anexo 1 se aporta la información original.

Cuadro 5. Ubicación de estaciones meteorológicas en la zona de estudio
Fuente: IMN (2021)

NÚMERO	NOMBRE	CANTÓN	X CRTM05	Y CRTM05	ALTITUD (msnm)
72101	NICOYA EXTENSIÓN AGRÍCOLA	NICOYA	340850	1122198	120
72135	GARZA, FERCO	NICOYA	322851	1096620	10
72151	HACIENDA LA CEIBA	NICOYA	355693	1118201	20
72157	FINCA LA CEIBA,	NICOYA	355602	1118324	58
72165	NICOYA CENTRO	NICOYA	340881	1122197	130
72167	BARCO QUEBRADO, GARZA	NICOYA	322933	1096889	24
72183	DULCE NOMBRE, NICOYA	NICOYA	337957	1116734	210
72149	SAN JOSÉ, PINILLA	SANTA CRUZ	298657	1135075	15
72195	PROGRESO CUAJINIQUIL SANTA CRUZ	SANTA CRUZ	316968	1110951	395
74053	SANTA CRUZ	SANTA CRUZ	325641	1137728	40

En el siguiente cuadro se hace un análisis de la información climática con el conteo de la información y las series para cada estación. La distribución y ubicación de las estaciones meteorológicas en la zona de estudio se observa en la figura 7.

Cuadro 6. Periodos de series con información de las estaciones meteorológicas en la zona de estudio (Fuente: IMN (2021))

NÚMERO	NOMBRE	PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL		TEMPERATURA MEDIA MENSUAL	
72101	NICOYA EXTENSIÓN AGRÍCOLA	01/06/1949	30/11/2013	NR	NR
72135	GARZA, FERCO	01/04/1996	31/07/2014	01/04/1996	31/12/2013
72151	HACIENDA LA CEIBA	01/01/2003	30/09/2020	NR	NR
72157	FINCA LA CEIBA	01/05/1999	31/01/2021	01/05/1999	31/12/2020
72165	NICOYA CENTRO	01/10/2012	31/10/2020	01/10/2012	31/10/2020
72167	BARCO QUEBRADO, GARZA	01/05/2013	31/01/2021	01/05/2013	31/12/2020
72183	DULCE NOMBRE, NICOYA	01/05/2016	01/02/2021	01/05/2016	31/12/2020
72149	SAN JOSÉ, PINILLA	01/04/2004	28/02/2021	01/04/2004	31/12/2020
72195	PROGRESO CUAJINIQUIL SANTA CRUZ	01/03/2018	31/01/2021	01/03/2018	31/12/2020
74053	SANTA CRUZ	01/04/1995	31/10/2020	01/04/1995	31/10/2020

NR = no tiene registro.

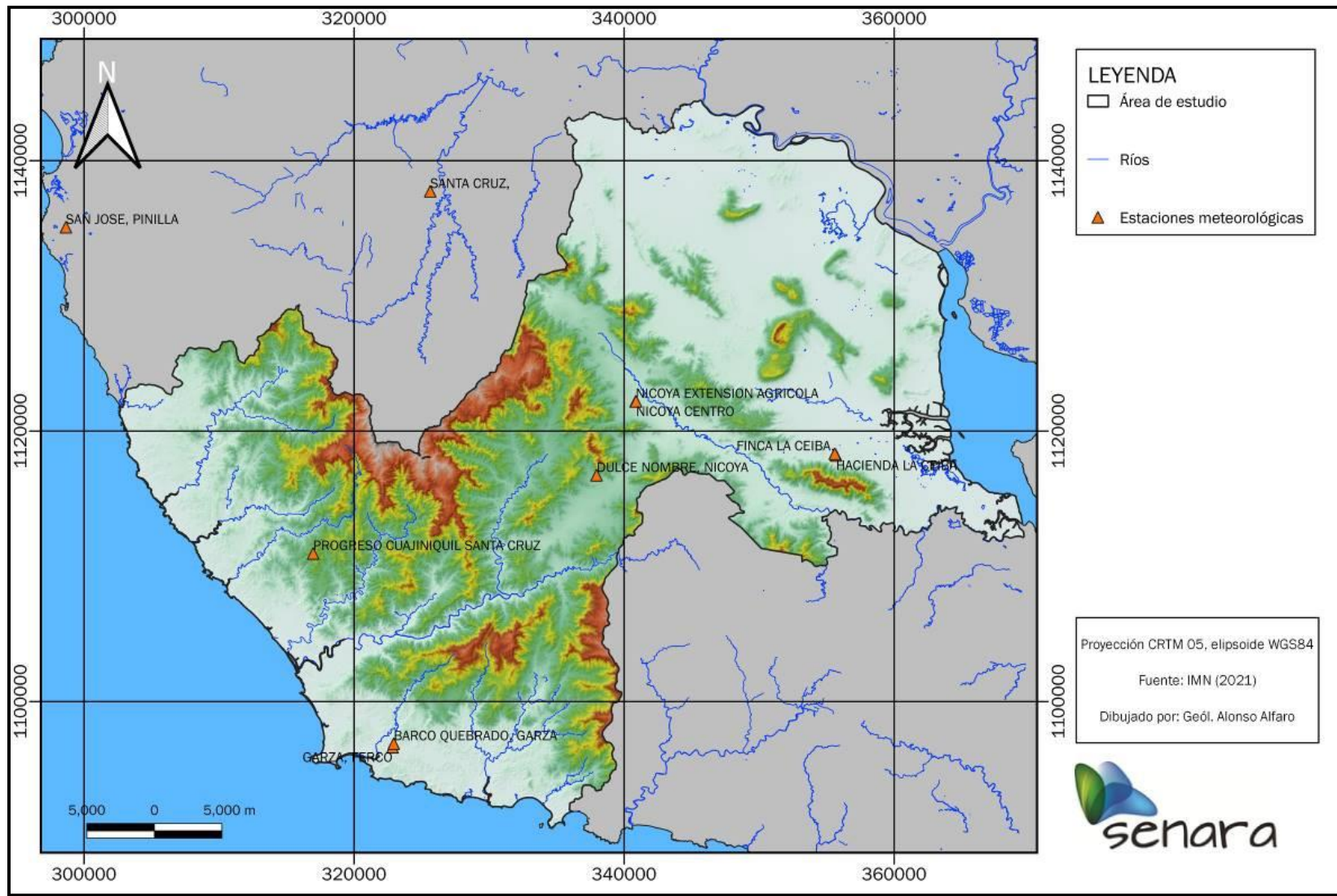


Figura 7. Ubicación de estaciones meteorológicas en las zonas de estudio

La estación (72101) Nicoya Extensión Agrícola y la estación (72151) Hacienda La Ceiba solo tienen información de precipitación. Las estaciones con mayor cantidad de series de registros climáticos son: Garza-Ferco, Finca La Ceiba y Santa Cruz y Nicoya Extensión Agrícola, para las cuales se muestra la siguiente información:

3.3.1 Estación Garza-Ferco (72135)

La precipitación promedio anual es de 2916,74mm; los datos de la precipitación promedio mensual y la temperatura media están en la siguiente tabla, así mismo se muestra en el gráfico de la figura 8 la información de la estación Garza-Ferco con los datos de precipitación promedio mensual (mm) y el promedio mensual de la temperatura media (°C):

Cuadro 7. Precipitación promedio mensual y temperatura media mensual, estación Garza-Ferco

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Precipitación (mm)	7.39	2.94	10.37	60.71	363.21	363.79	318.05	399.05	588.04	502.56	277.38	23.25
t media (°C)	26.51	26.86	27.56	28.03	27.64	26.77	26.70	26.70	26.65	26.46	26.32	26.31

Fuente: IMN (2021).

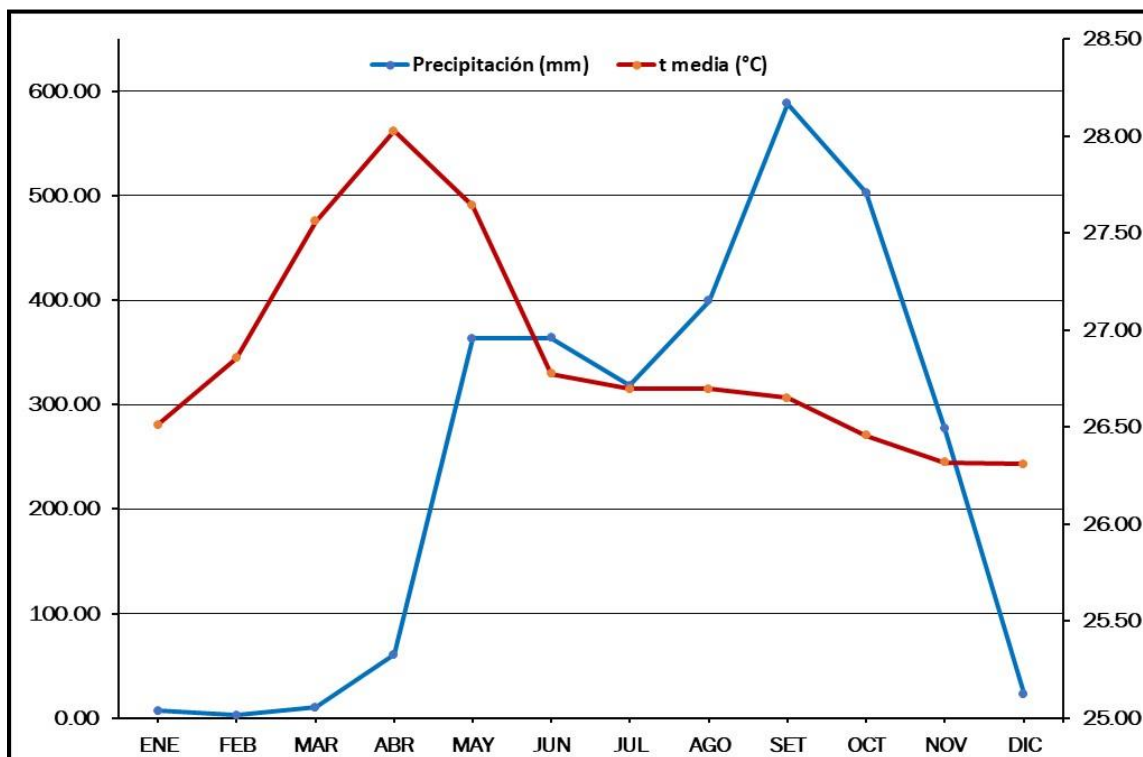


Figura 8. Gráfico de precipitación promedio mensual y temperatura media, estación Garza-Ferco

En la siguiente figura se muestra el cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) por tres metodologías diferentes: Blaney Criddle, Hargreaves y Thornwaite, con base en los datos de la temperatura media mensual.

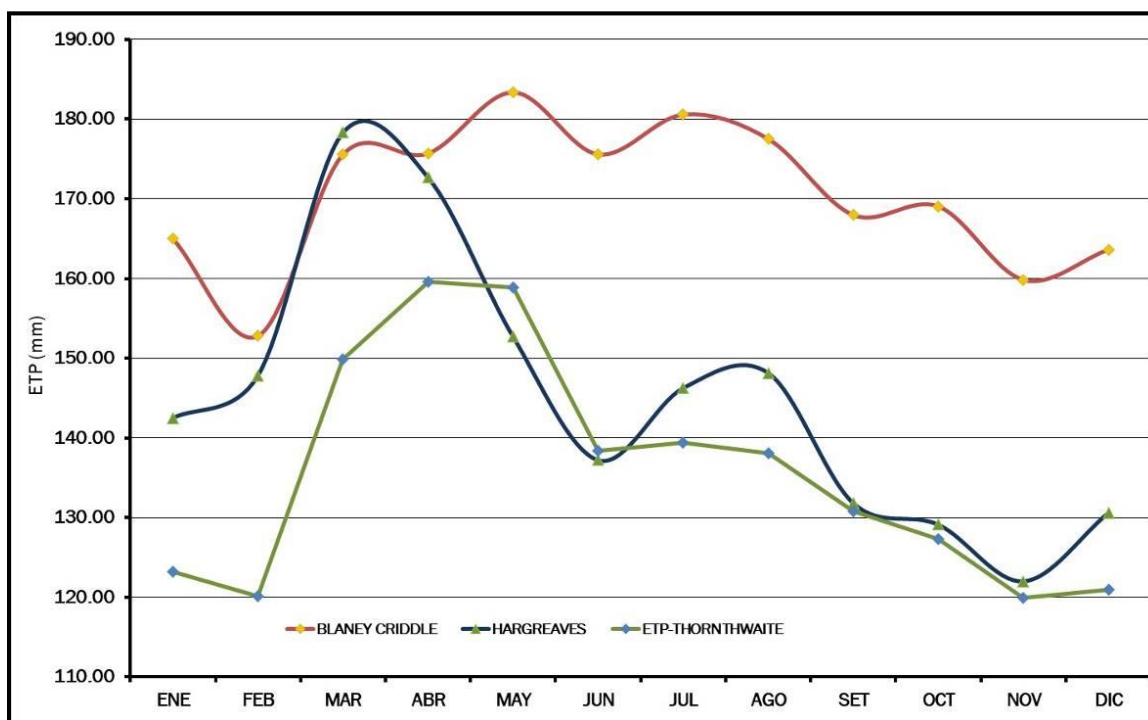


Figura 9. Gráfico de ETP de la estación Garza-Ferco

3.3.2 Estación Finca La Ceiba (72157)

La precipitación promedio anual es de 1781,76mm; los datos de la precipitación promedio mensual y la temperatura media están en el siguiente cuadro, así mismo se muestra en el gráfico de la figura 10 la información de la estación Finca La Ceiba con los datos de precipitación promedio mensual (mm) y el promedio mensual de la temperatura media (°C):

Cuadro 8. Precipitación promedio mensual y temperatura media promedio mensual, estación Finca La Ceiba (Fuente: IMN, 2021)

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Precipitación (mm)	0.84	4.19	4.80	38.57	209.68	249.21	174.61	233.30	361.38	361.30	125.09	18.82
t media (°C)	28.15	29.03	29.87	30.47	29.32	28.38	28.19	28.14	27.74	27.24	27.33	27.67

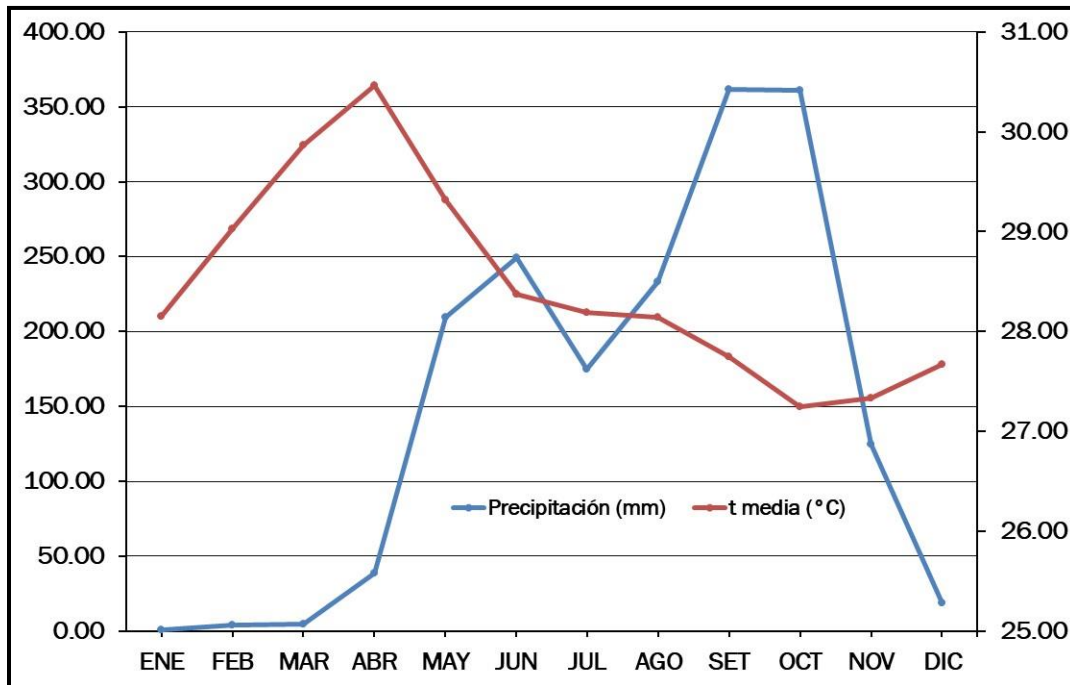


Figura 10. Gráfico de precipitación promedio mensual y temperatura media, estación Finca La Ceiba

Con base en los datos de temperatura media se procedió a calcular la evapotranspiración potencial por tres diferentes metodologías, Blaney Criddle, Hargreaves y Thornthwaite, los resultados se muestran en la siguiente figura.

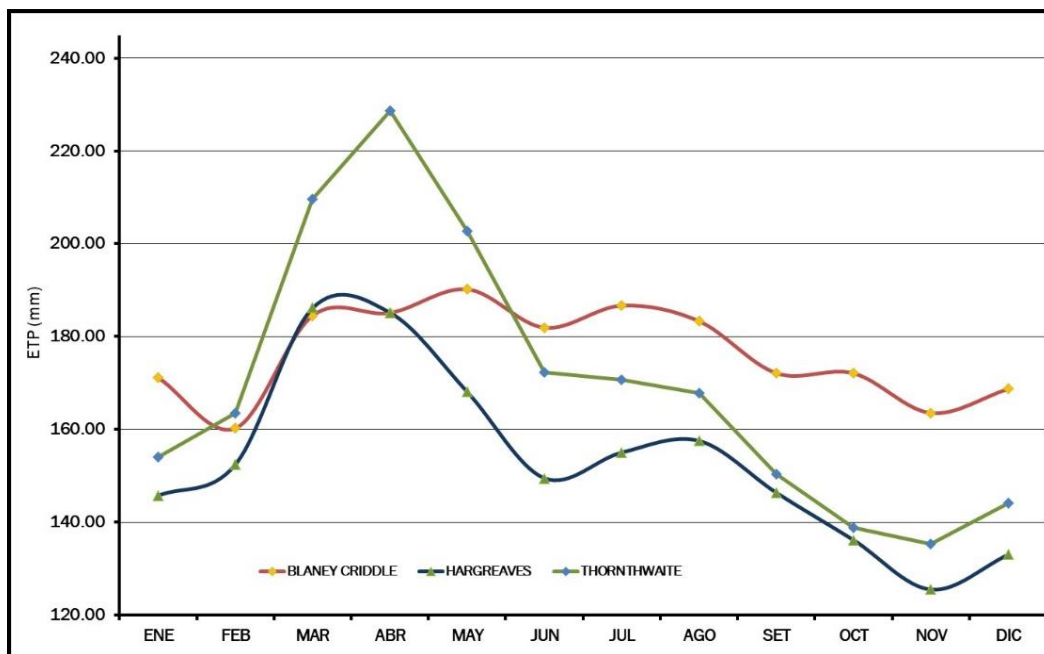


Figura 11. Gráfico de ETP para la estación Finca La Ceiba

3.3.3 Estación Santa Cruz (74053)

La precipitación promedio anual es de 1724,85 mm; los datos de la precipitación promedio mensual y la temperatura media se indican en el siguiente cuadro, así mismo se muestra en el gráfico de la figura 12 la información de la estación Santa Cruz con los datos de precipitación promedio mensual (mm) y el promedio mensual de la temperatura media (°C):

Cuadro 9. Precipitación promedio mensual y temperatura media promedio mensual, estación Santa Cruz

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Precipitación (mm)	3.00	2.30	4.37	45.80	221.84	214.03	151.29	213.70	328.32	405.70	123.76	10.73
t media (°C)	27.28	28.03	28.79	28.98	27.51	26.66	26.85	26.53	25.88	25.66	26.05	26.68

Fuente: IMN (2021)

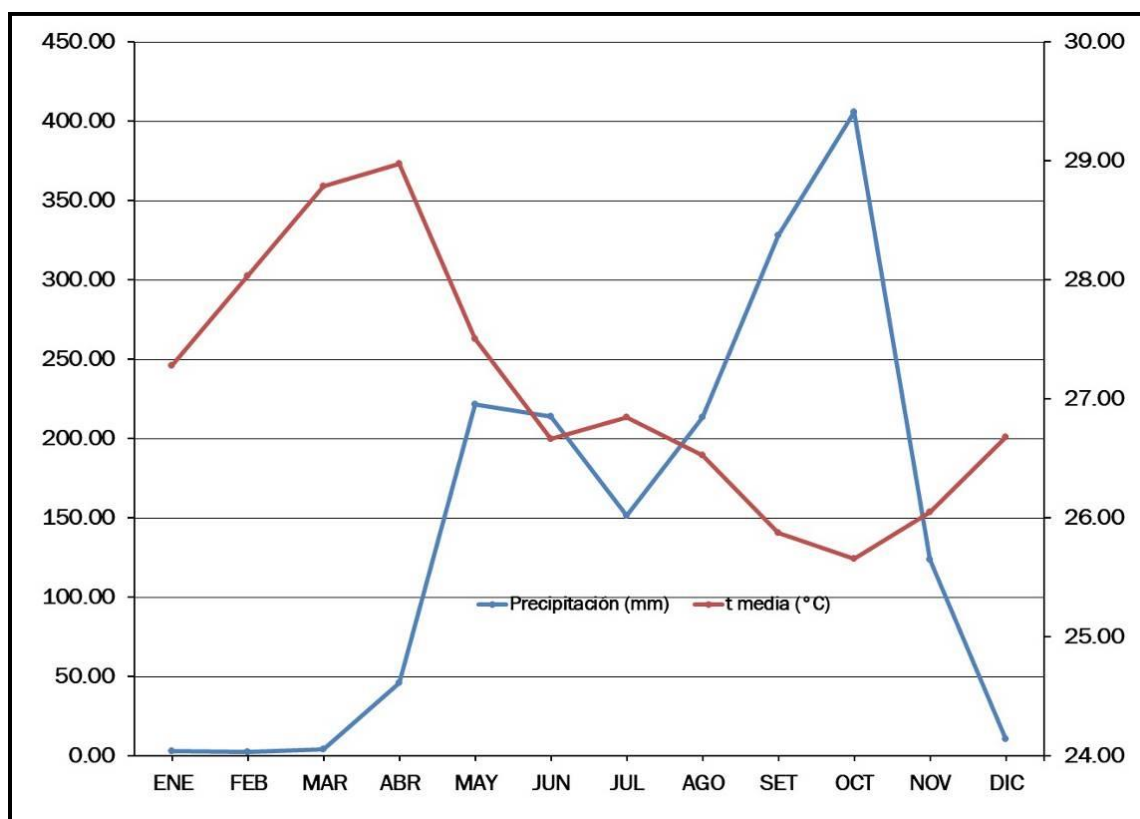


Figura 12. Gráfico de precipitación promedio mensual y temperatura media, estación Santa Cruz

Con base en los datos de la temperatura media se procedió a calcular la evapotranspiración potencial por tres diferentes metodologías, Blaney Criddle, Hargreaves y Thornwaite, los resultados se muestran en la siguiente figura.

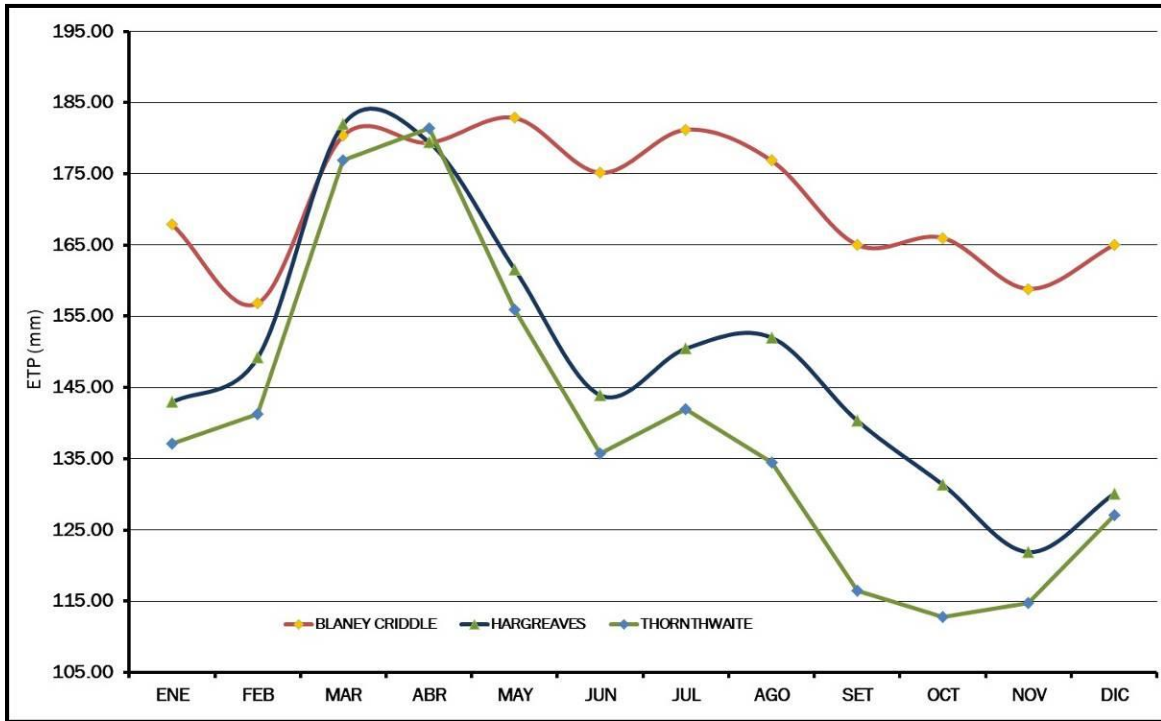


Figura 13. Gráfico de ETP para la estación Santa Cruz

3.3.4 Estación Nicoya Extensión Agrícola (72101)

Se tiene una precipitación promedio anual de 2157,12 mm para la estación meteorológica Nicoya Extensión Agrícola, los datos de la precipitación promedio mensual para el periodo 1949 a 2013 están en el siguiente cuadro y la distribución de la lluvia se muestra en la figura 14:

Cuadro 10. Precipitación promedio mensual, estación Nicoya Extensión Agrícola

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Precipitación (mm)	3.94	7.21	22.02	65.73	266.30	311.89	241.42	313.09	386.71	398.74	120.14	19.92

Fuente: IMN (2021)

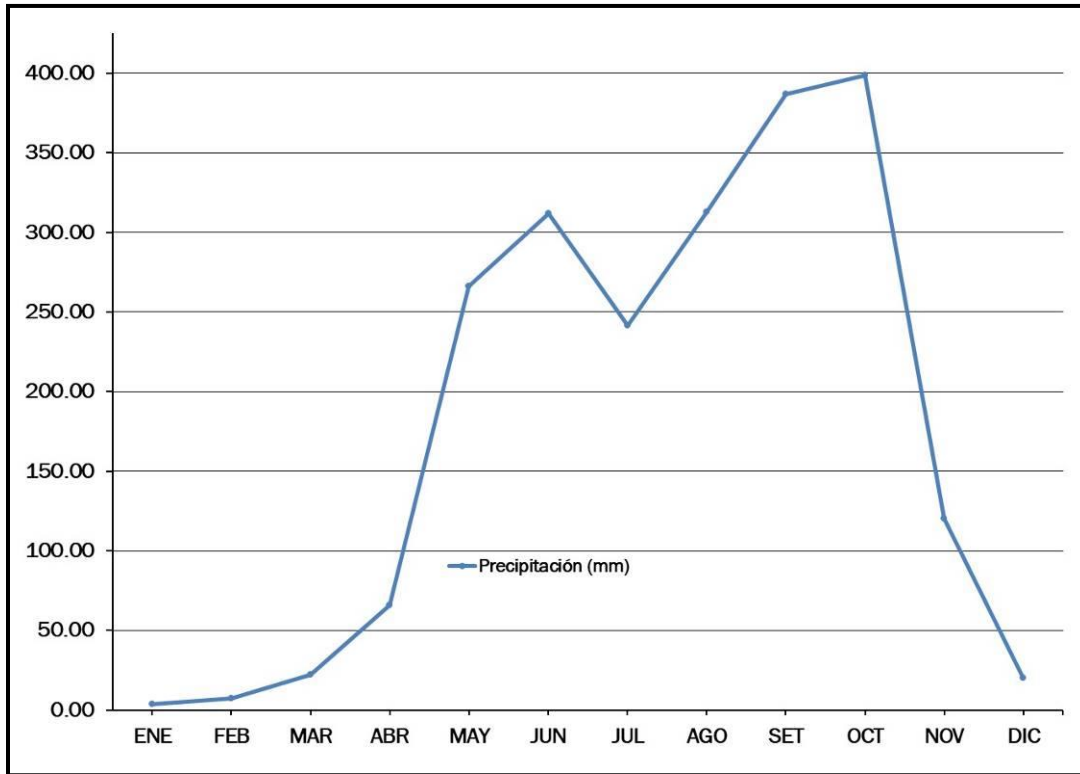


Figura 14. Precipitación promedio mensual, estación Nicoya Extensión Agrícola

3.4 Aforos en los cauces superficiales (ríos y quebradas)

Se recopilieron 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 25 puntos de aforo, con registros en algunos casos desde 1959 y los más recientes del 2013. Los principales datos de los puntos de aforo se muestran en el cuadro 11 y la localización de los sitios de aforo se observan en la figura 15. Los datos obtenidos de los aforos se presentan en el Anexo 2.

Cuadro 11. Aforos en el área de estudio
Fuente: Información interna SENARA (2021)

UBICACIÓN	Y (CRTM05)	X (CRTM05)	AÑOS DE LOS AFOROS
Río Morote	1112495	361476	1959
			1960
			1980
			1988
			1991
			1992
			1993
Río Morote	1116456	350028	1994
			1965
			1966

Río Morote	1112946	360526	1980 1981
Río Morote	1113197	359126	1988 1989 1990
Río Morote	1114252	353426	1992 1993 1997
Río Morote	1122114	342381	1995 1996
Río Morote	1112846	360576	1995
Río Nosara	1110964	339571	1966
Río Nosara	1104130	318509	1966 1976 1977 1978 1979
Río Nosara	1104229	318910	1996
Río Grande (del Morote)	1120712	343830	1967
Río Grande (del Morote)	1122414	341781	1967 1973
Río Grande (del Morote)	1122164	342031	1967
Río Grande (del Morote)	1119610	345379	1967
Río Grande (del Morote)	1122415	340781	1967
Río Grande (del Morote)	1129522	335486	1969
Río Buenavista	1096617	331307	1986
Río Potrero	1119312	343079	1973
Río Potrero	1119583	343279	2012
Río Potrero	1119619	343361	2012
Río Potrero	1116928	339955	2012
Río Potrero	1118071	340641	2012
Río Potrero	1119380	342439	2012
Río Potrero	1119277	340371	2013
Río Momollejo	1117209	346828	1966

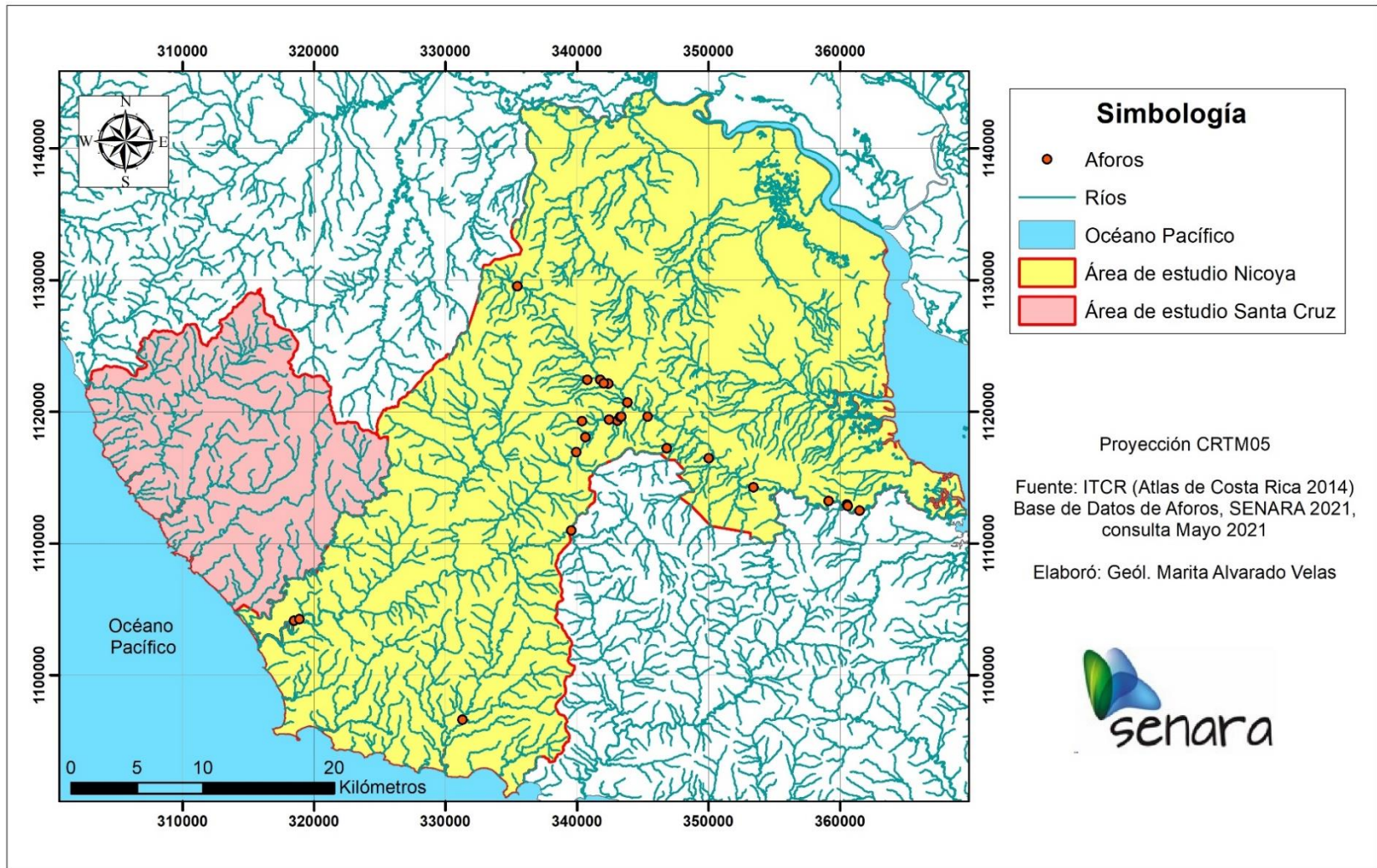


Figura 15. Ubicación de aforos en el área de estudio

4 HIDROGEOLOGÍA

4.1 Antecedentes – Mapa Hidrogeológico Regional

Para la zona de estudio, a nivel regional, se cuenta con el mapa hidrogeológico de la Península de Nicoya realizado por Arredondo et al. (1992) en el SENARA, el cual es una buena base para empezar a definir acuíferos a nivel más local en estudios más específicos. Las zonas de acuíferos prácticamente ausentes y las de muy bajo potencial, son las que predominan, sin embargo, en estas áreas se ubican la mayoría de pozos en la base de datos (Figuras 16 y 17).

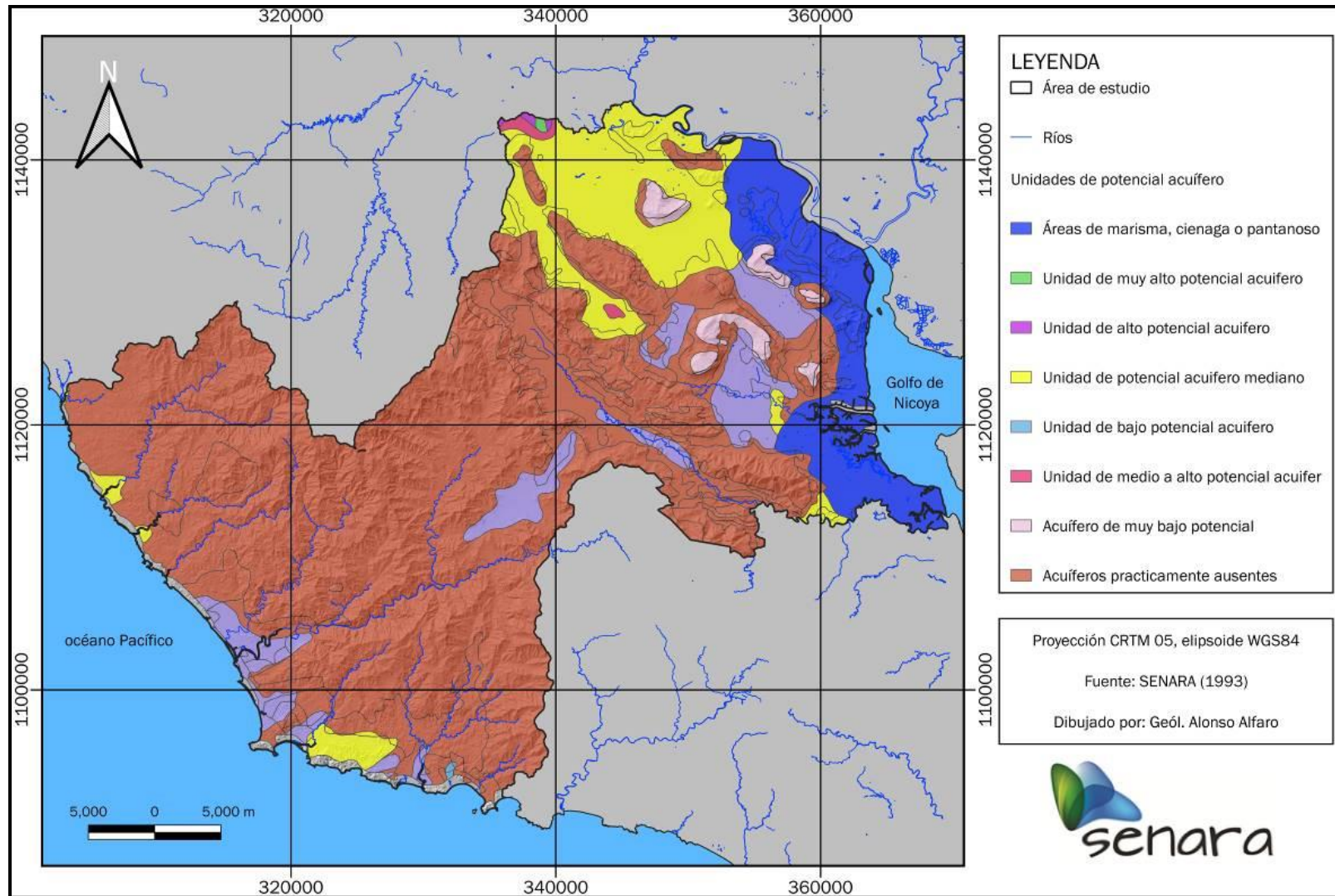


Figura 16. Mapa Hidrogeológico Regional (basado en SENARA, 1993)

4.2 Inventario de pozos perforados

Según la base de datos de SENARA dentro de la zona de estudio existen 1103 pozos, sin embargo solo 319 (29%) tienen informe final de perforación, por lo que 784 pozos (71%) no cuentan con dicha información (Cuadro 12), la información de los pozos se tiene en el Anexo 3.

Cuadro 12. Total de pozos en la zona de estudio, según base de datos del SENARA

INFORME DE PERFORACIÓN	CANTIDAD DE POZOS	PORCENTAJE
NO	784	71%
SI	319	29%
TOTAL	1103	100%

En el mapa de la siguiente figura se observa la distribución del total de los pozos en las cuencas costeras del sur-oeste del cantón de Santa Cruz y el cantón de Nicoya con respecto a las unidades de potencial acuífero planteadas por el SENARA (1993).

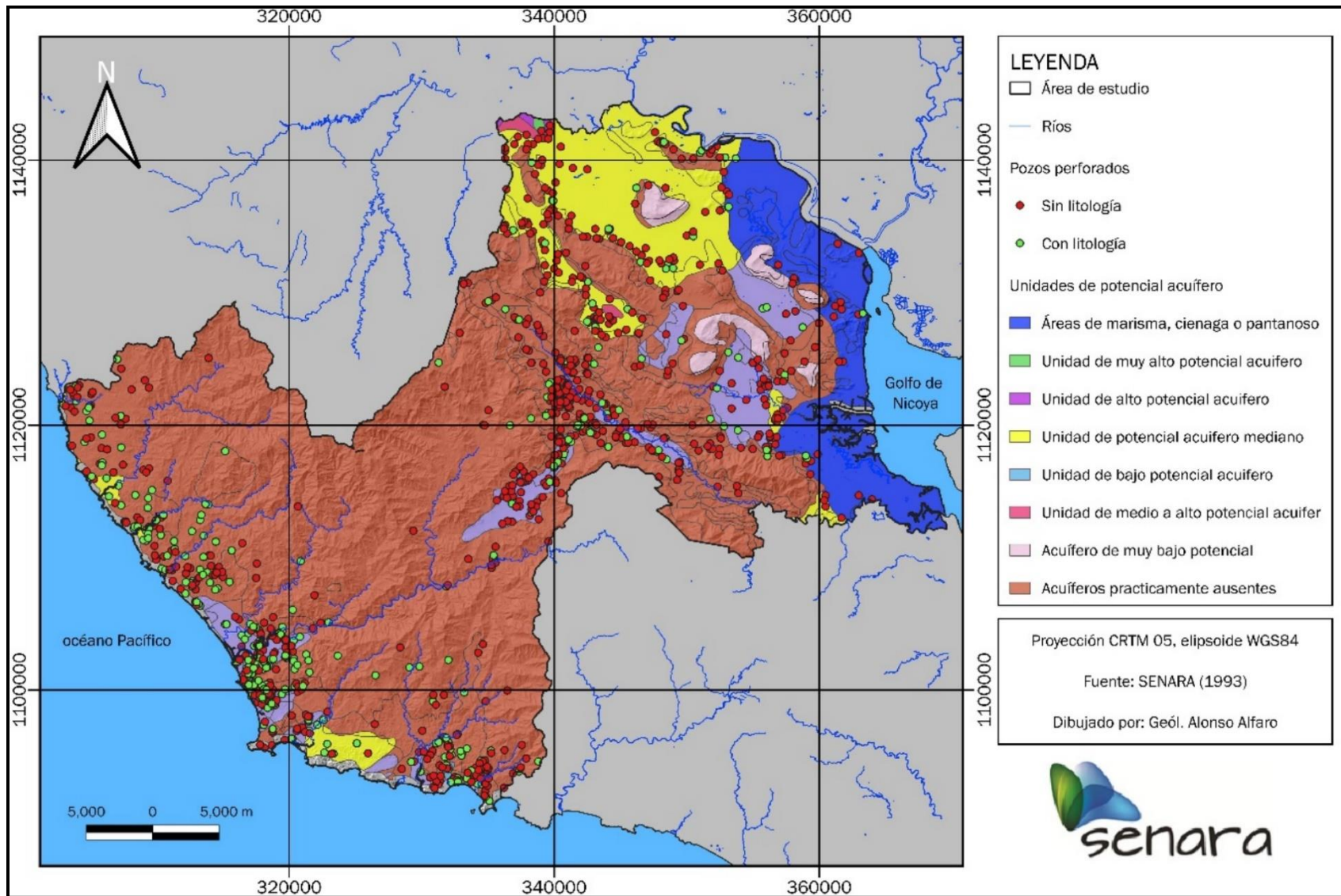


Figura 17. Ubicación de pozos perforados según la base de datos de SENARA

Para el caso de los 319 pozos que tienen informe final de perforación la distribución de los pozos por formación geológica a nivel regional es la siguiente:

Cuadro 13. Cantidad de pozos con información según la formación geológica

FORMACIÓN GEOLÓGICA	CANTIDAD DE POZOS	PORCENTAJE
Complejo de Nicoya (Basaltos)	103	32%
Complejo de Nicoya (Intrusivos)	17	5%
Depósitos aluviales recientes	106	33%
Fm. Arío	56	18%
Fm. Curú	3	1%
Fm. Nambí	1	0,3%
Fm. Piedras Blancas	22	7%
Fm. Punta Pelada	3	1%
Fm. Sabana Grande	8	3%
TOTAL	319	100%

La distribución de los pozos por cantón indica que el cantón de Nicoya tiene la mayor cantidad de pozos con informe de perforación con 252 pozos (79%) y para el cantón de Santa Cruz tan solo se tienen 67 pozos (21%); tomando en cuenta que para el cantón de Santa Cruz solo se tienen una cobertura parcial para las subcuencas costeras en el sector SW de su territorio.

Cuadro 14. Cantidad de pozos con información litológica por Cantón

CANTÓN	CANTIDAD DE POZOS	PORCENTAJE
Nicoya	252	79%
Santa Cruz	67	21%
TOTAL	319	100%

4.3 Inventario de manantiales

En el siguiente cuadro se muestra el listado de los 64 manantiales reportados en la base de datos del SENARA, todos los manantiales están ubicados en el cantón de Nicoya (Figura 18):

Cuadro 15. Manantiales en el Cantón de Nicoya

MANANTIAL	X (CRTM05)	Y (CRTM05)	DISTRITO
NAC-111	342685	1127015	SAN ANTONIO
NAC-206	337641	1134172	SAN ANTONIO

NAC-21	352235	1124356	MANSION
NAC-3632	340196	1120925	NICOYA
NAC-3856	335807	1116961	NICOYA
NAC-3857	340185	1113646	NICOYA
NAC-3858	340250	1113957	NICOYA
NAC-3859	340170	1113887	NICOYA
NAC-3860	336242	1116522	NICOYA
NAC-3861	336305	1116252	NICOYA
NAC-3862	338851	1119330	NICOYA
NAC-3863	339964	1113614	NICOYA
NAC-3868	339430	1114665	NICOYA
NAC-3869	340517	1115544	NICOYA
NAC-3870	340338	1115634	NICOYA
NAC-3871	340292	1115673	NICOYA
NAC-3872	335338	1114948	NICOYA
NAC-3873	335970	1114834	NICOYA
NAC-3874	336333	1114033	NICOYA
NAC-3875	338786	1115931	NICOYA
NAC-3876	332435	1112949	NICOYA
NAC-3877	332433	1112945	NICOYA
NAC-3878	332474	1113172	NICOYA
NAC-3879	332478	1113200	NICOYA
NAC-3880	333110	1110386	BELEN DE NOSARITA
NAC-3881	332995	1110239	BELEN DE NOSARITA
NAC-3882	333581	1110205	BELEN DE NOSARITA
NAC-3883	333565	1110185	BELEN DE NOSARITA
NAC-3884	333267	1110944	BELEN DE NOSARITA
NAC-3885	336258	1112939	NICOYA
NAC-3886	339280	1114207	NICOYA
NAC-3887	339200	1113799	NICOYA

NAC-3888	338361	1118787	NICOYA
NAC-3889	338531	1118542	NICOYA
NAC-3890	340369	1113734	NICOYA
NAC-3891	340234	1113678	NICOYA
NAC-3892	340192	1113650	NICOYA
NAC-3893	340015	1114005	NICOYA
NAC-3894	340007	1113982	NICOYA
NAC-3895	339962	1114144	NICOYA
NAC-3896	337780	1114725	NICOYA
NAC-3897	339134	1115754	NICOYA
NAC-3898	339114	1115760	NICOYA
NAC-3899	339139	1115778	NICOYA
NAC-3900	339141	1115814	NICOYA
NAC-3901	339159	1115830	NICOYA
NAC-3902	339149	1115846	NICOYA
NAC-3903	339163	1115857	NICOYA
NAC-3904	339758	1113867	NICOYA
NAC-3905	339579	1113999	NICOYA
NAC-3906	339380	1112071	NICOYA
NAC-3907	339941	1113999	NICOYA
NAC-3910	340926	1113520	NICOYA
NAC-3911	340803	1113411	NICOYA
NAC-3912	341992	1117107	NICOYA
NAC-3913	341410	1119259	NICOYA
NAC-3914	341159	1118135	NICOYA
NAC-3915	340093	1116936	NICOYA
NAC-3917	340854	1113329	NICOYA
NAC-3918	340328	1113215	NICOYA
NAC-3919	340376	1112856	NICOYA
NAC-3925	340863	1116593	NICOYA

NAC-3926	339117	1115728	NICOYA
NAC-449	337540	1133672	SAN ANTONIO

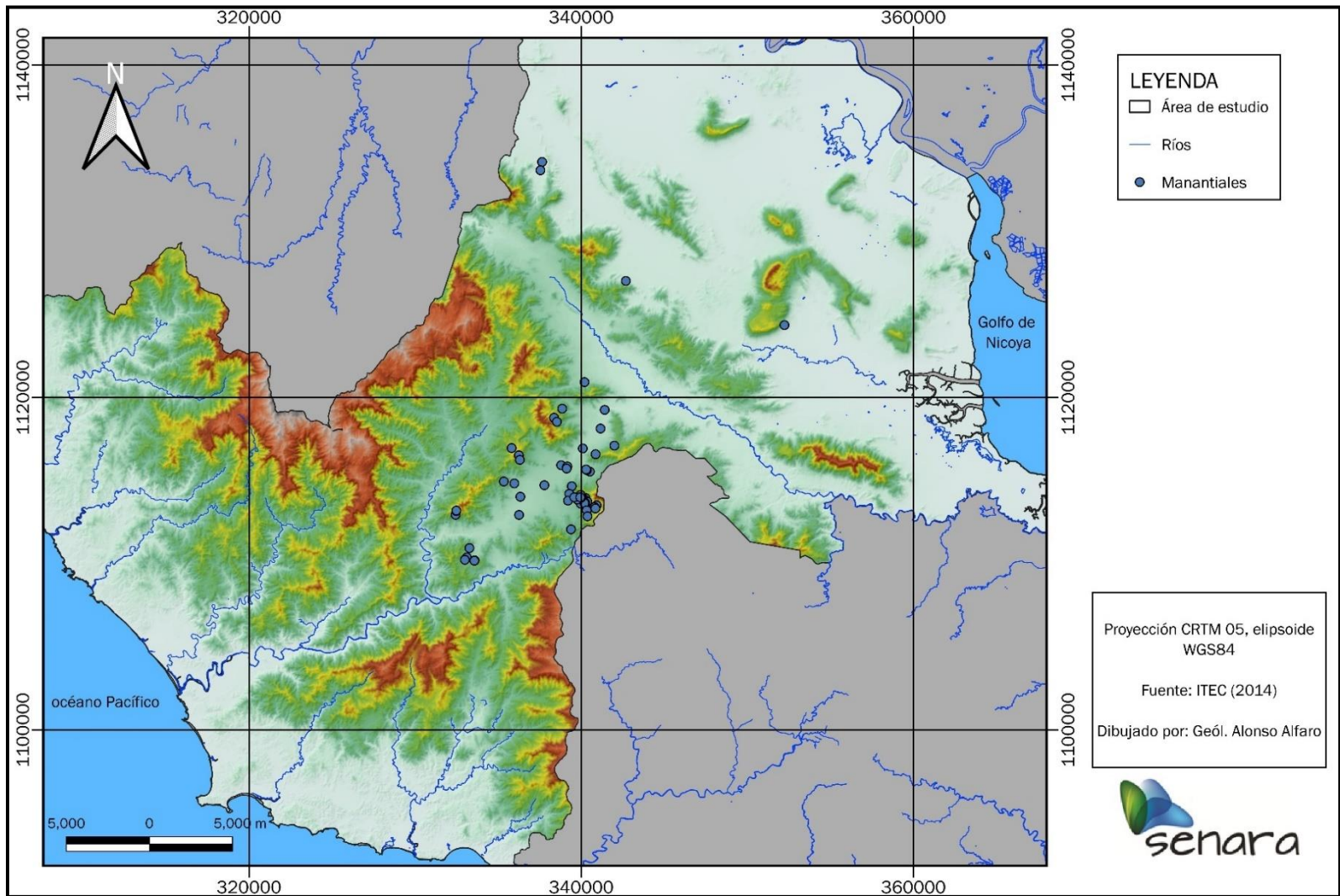


Figura 18. Mapa de ubicación de manantiales

4.4 Inventario de concesiones (SINIGIRH –DA MINAE)

Se recuperó la información de las concesiones de aguas de pozos, manantiales, ríos y quebradas según el visor de mapas de la Dirección de Agua (MINAE) al mes de junio del 2021, cabe resaltar que se han incluido todas las concesiones que han sido extraídas del SINIGIRH de la Dirección de Agua del MINAE, por lo que se incluyen tanto las otorgadas, canceladas, archivadas o denegadas (Anexo 4). De acuerdo con la información obtenida, el total del agua superficial y subterránea concesionada en la zona de estudio es de 2065 l/s en 1027 expedientes. Se han tramitado 623 l/s en 857 concesiones para pozos, 143 l/s en 125 concesiones de manantiales y 1298 l/s en 40 concesiones de aguas superficiales (ríos y quebradas), los items correspondientes a *océano*, *otros* y un expediente *sin datos* no tienen reportados los caudales, como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 16. Total de expedientes y caudales de las concesiones por tipo de fuente
(Recuperado de: <http://mapas.da.go.cr/mapnew.php>Información)

TIPO DE FUENTE	TOTAL (l/s)	PORCENTAJE	CANTIDAD DE EXPEDIENTES	PORCENTAJE
NACIMIENTO	143.54	6.95%	125	12.18%
OCÉANO	0.00	0.00%	2	0.19%
OTROS	0.00	0.00%	1	0.10%
POZO	622.97	30.17%	857	83.53%
QUEBRADA	9.50	0.46%	11	1.07%
RÍO	1288.55	62.41%	29	2.83%
sd	0.00	0.00%	1	0.10%
TOTAL	2064.56	100.00%	1026	100.00%

De los 2065 litros por segundo concesionados el mayor porcentaje es utilizado para el riego con 1358 l/s (66%) seguido por el consumo humano con 644 l/s (31%), en el siguiente cuadro y el gráfico de la figura 19 se muestra la información de los caudales tramitados por uso:

Cuadro 17. Total, de expedientes y caudales de las concesiones por tipo de fuente
(Recuperado de: <http://mapas.da.go.cr/mapnew.php>Información)

USO	CAUDAL (l/s)	PORCENTAJE
TURISMO	43.011	2.08%
RIEGO	1357.618	65.76%
INDUSTRIAL	6.083	0.29%
COMERCIAL	6.665	0.32%
CONSUMO HUMANO	644.280	31.21%
AGROPECUARIO	6.904	0.33%
TOTAL	2064.561	100.00%

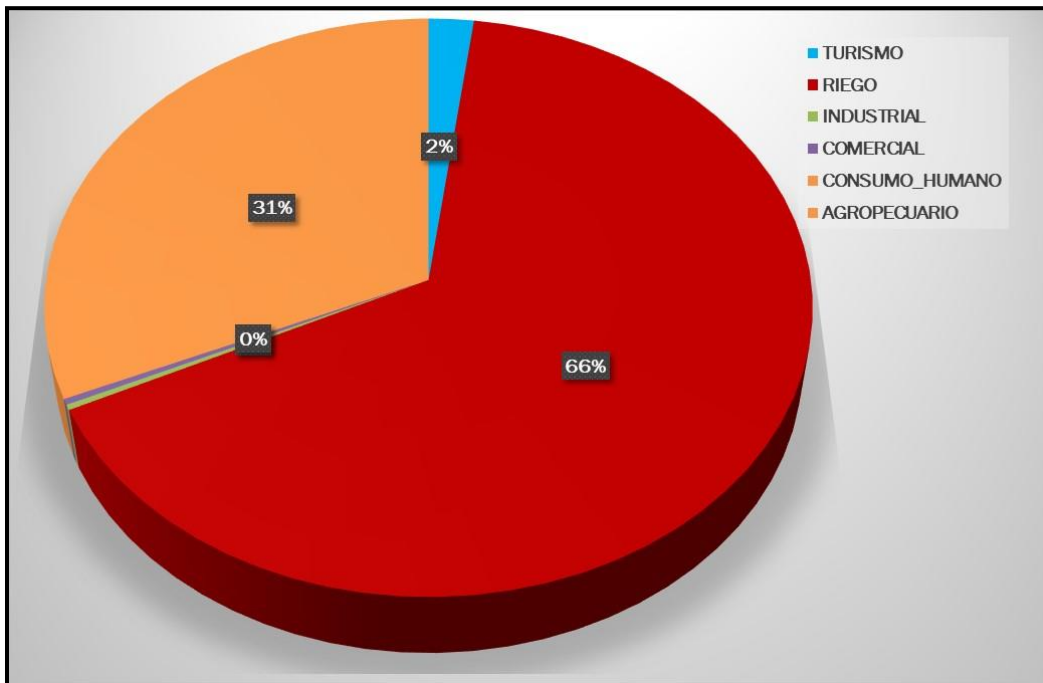


Figura 19. Porcentaje del caudal concesionado por uso

Con respecto al estado del trámite de la concesión en la Dirección de Agua del MINAE de los expedientes reportados destaca que un porcentaje muy bajo de unos (26%) están otorgados, la siguiente tabla y en la figura 20 se resume los datos del estado de las concesiones analizadas para la zona:

Cuadro 18. Estado de los expedientes tramitados en la Dirección de Agua del MINAE (Recuperado de: <http://mapas.da.go.cr/mapnew.phpInformación>)

ESTADO	CANTIDAD DE EXPEDIENTES	PORCENTAJE	CAUDAL (l/s)	PORCENTAJE
CANCELADO	39	3.80%	23.22	1.12%
CANCELADO POR VENCIMIENTO	103	10.04%	1294.37	62.69%
DENEGADO	41	4.00%	5.12	0.25%
INSCRITO	133	12.96%	164.82	7.98%
INSCRITO-ARTESANAL	36	3.51%	1.31	0.06%
MOROSO PAGO DE CANON	34	3.31%	9.06	0.44%
OTORGADO	270	26.32%	528.291	25.59%
RESUELTO	113	11.01%	13.72	0.66%
SOLICITUD NUEVA	257	25.05%	24.65	1.19%
TOTAL	1026	100.00%	2064.561	100.00%

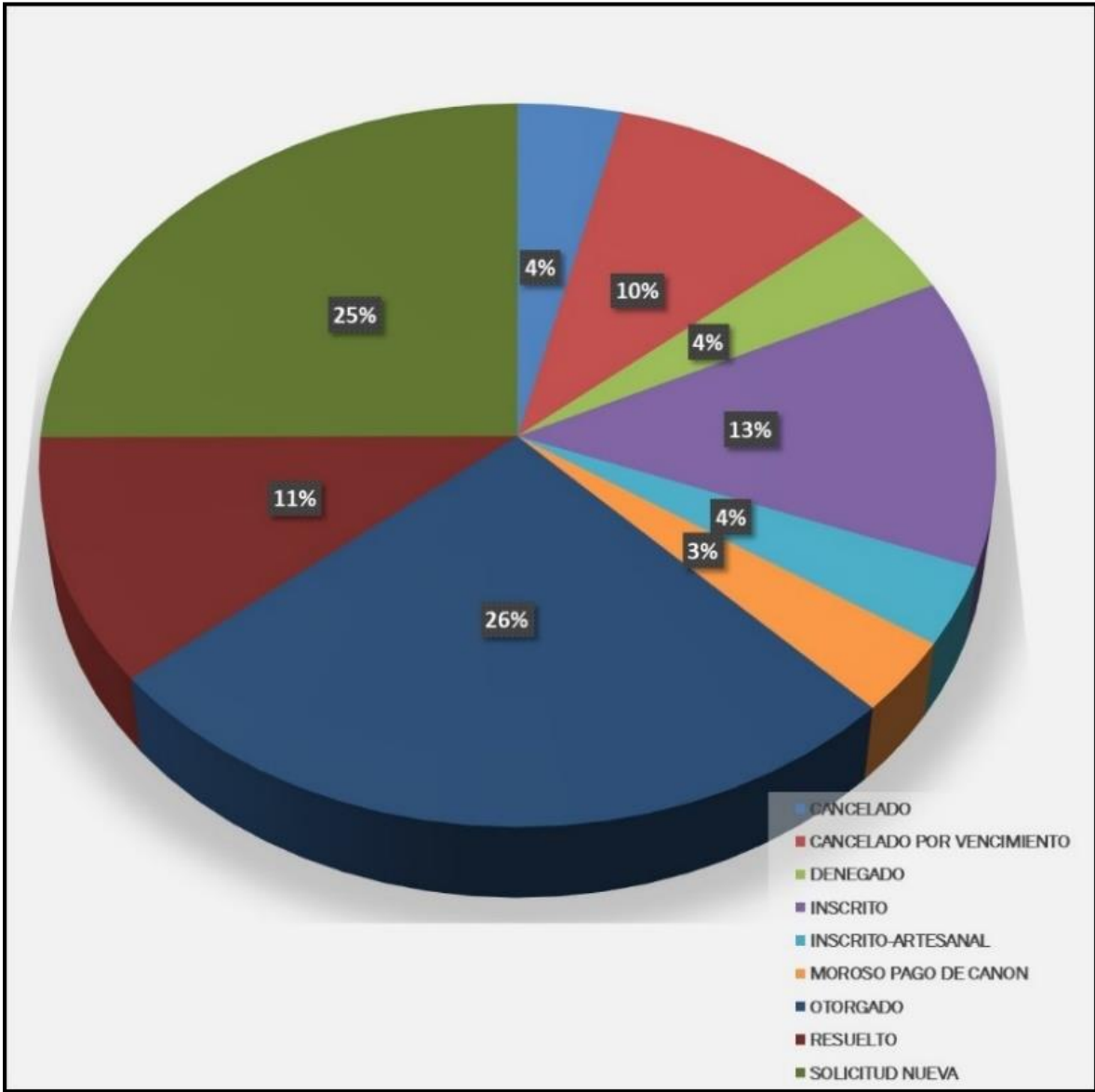


Figura 20. Porcentaje del caudal concesionado por uso

En la siguiente figura se muestra la ubicación de concesiones de aguas de pozos, manantiales, ríos y quebradas según el visor de mapas de la Dirección de Aguas:

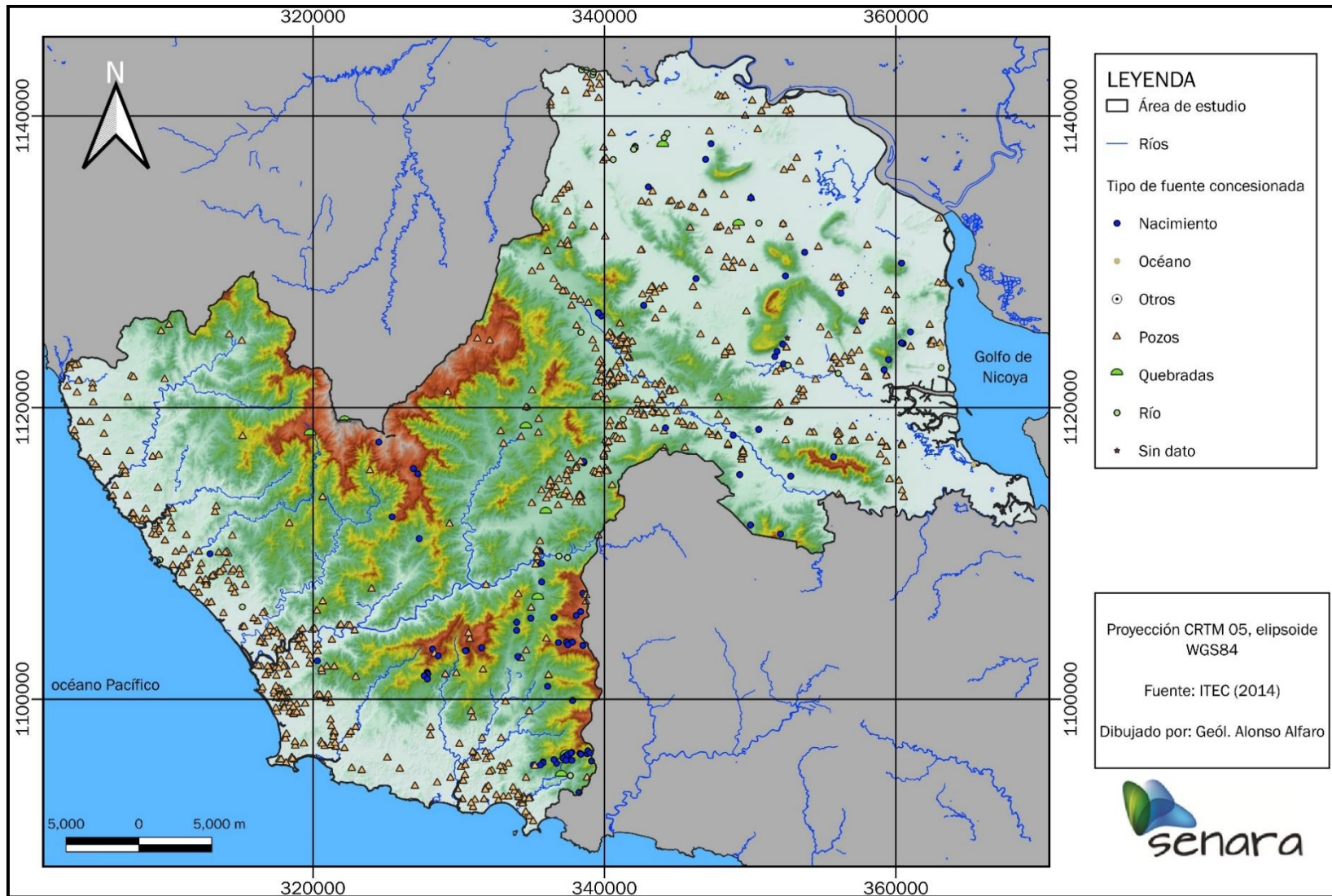


Figura 21. Mapa de ubicación de concesiones de agua

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

Según oficio UEN-GA-2021-01066 de la Dirección UEN Gestión Ambiental del AyA (Anexo 5), actualmente en el cantón de Nicoya cuentan con 25 aprovechamientos y en el área de estudio que corresponde a parte del cantón de Santa Cruz operan 2 aprovechamientos. En el cuadro 19 se incluye la información de dichos aprovechamientos y en la figura 22 se muestra la ubicación de los mismos.

**Cuadro 19. Aprovechamientos del AyA en al área de estudio
(Fuente: AyA, 2021)**

TIPO APROVECHAMIENTO	CÓDIGO	NOMBRE	CANTÓN	X_CRTM05	Y_CRTM05	CAUDAL PROMEDIO (L/S)
Superficial	50201-01	Toma Río Potrero	Nicoya	343368	111963	38
Subterráneo	50201-03	Pozo 3 Plantel del AyA	Nicoya	340332	1122250	4.80
Subterráneo	50201-07	Pozo 7 Curime	Nicoya	341228	1118869	20
Subterráneo	50201-08	Pozo 8 Curime	Nicoya	341271	1118751	8
Subterráneo	50201-09	Pozo 9 Curime	Nicoya	341270	1118728	12
Subterráneo	50201-10	Pozo 10 Plantel 2	Nicoya	352541	1124757	8
Subterráneo	50201-13	Pozo Varillal 2	Nicoya	339967	1116828	SD
Subterráneo	50201-12	Pozo Varillal 1	Nicoya	339946	1116790	SD
Subterráneo	50201-06	Pozo 1 Planta de tratamiento	Nicoya	343774	1120517	4.40
Subterráneo	50201-02	Pozo 2 Estadio	Nicoya	343793	1120488	6
Subterráneo	50201-20	Pozo 6 Caimito	Nicoya	339702	1122551	4
Subterráneo	50202-03	Pozo 3 Las Mesas	Nicoya	348469	1117520	3.50
Subsuperficial (Manantial)	50202-09	Naciente Barra Honda	Nicoya	352541	1124757	10.47
Subterráneo	50202-02	Pozo 2 Polvazales	Nicoya	347821	1118045	2.90
Subterráneo	50201-14	Pozo 1 Caimital	Nicoya	338403	1113951	4

Subterráneo	50201-16	Pozo 3 Caimital	Nicoya	338302	1113878	0.50
Subterráneo	50201-17	Pozo 4 Caimital	Nicoya	337144	1113836	9.60
Subterráneo	50201-18	Pozo 5 Caimital	Nicoya	338344	1113920	SD
Subterráneo	50202-07	Pozo Viejo 1	Nicoya	359008	1117610	2,85
Subterráneo	50203-01	Pozo 2 San Antonio	Nicoya	343287	1127913	2
Subterráneo	50202-01	Pozo 1 Polvazales	Nicoya	347812	1118042	2.90
Subterráneo	50207-01	Pozo 1	Nicoya	335556	1109789	0.80
Subterráneo	50202-10	Pozo 1 Los Mangos 1	Nicoya	355972	1118362	2
Subterráneo	50202-11	Pozo 2 Los Mangos 2	Nicoya	355970	1118347	2
Subterráneo	50202-12	Pozo 2 Los Mangos 2 S. Joaquín	Nicoya	356128	1118229	3,20
Subterráneo	50306-01	Pozo Marbella	Santa Cruz	306955	1115642	4.70
Subterráneo	50306-02	Pozo Posada del Sol	Santa Cruz	306166	1115941	6.70

SD: Sin dato

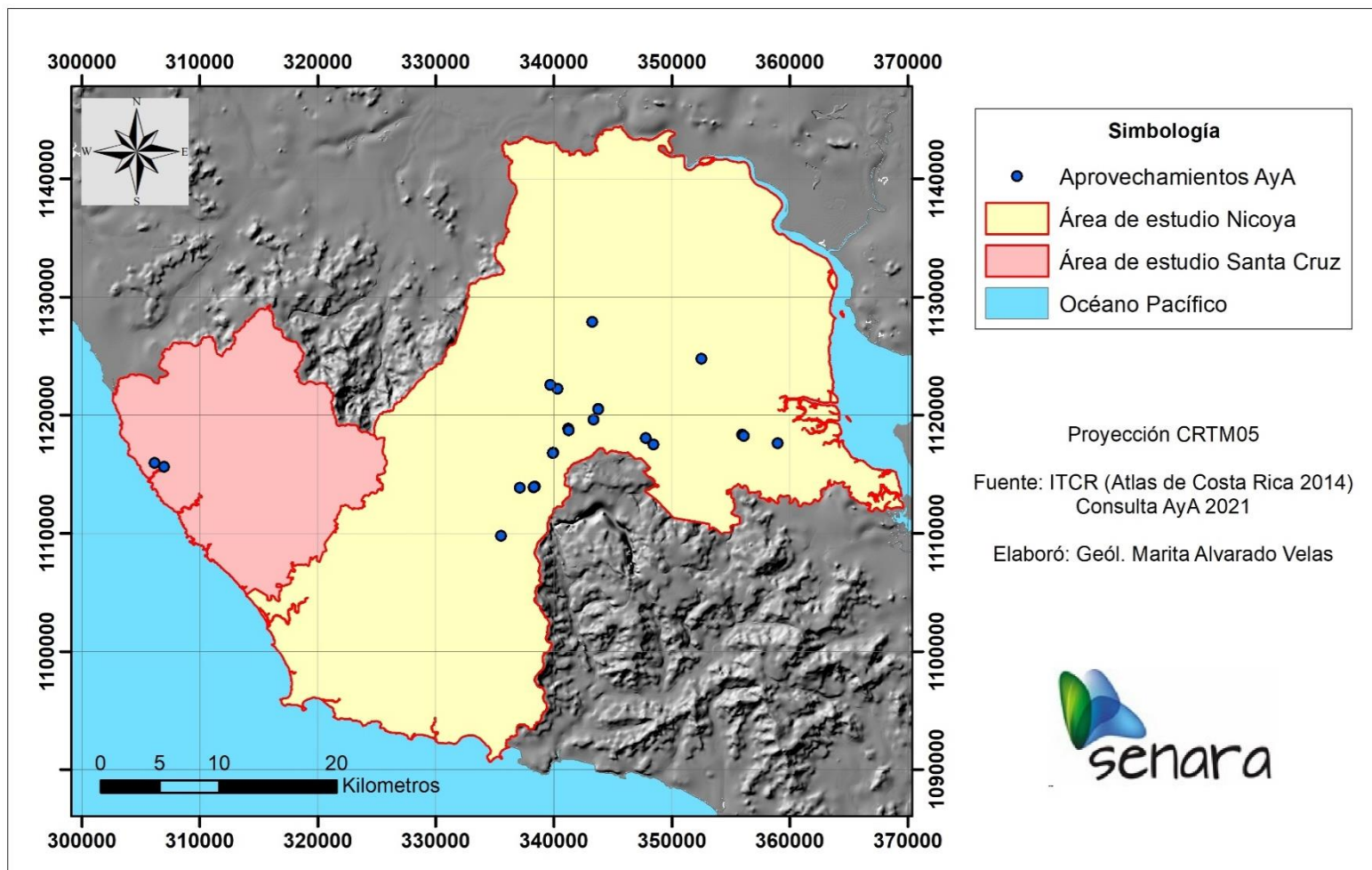


Figura 22. Ubicación de los aprovechamientos del AyA

5 BALANCE HÍDRICO DE SUELOS (BHS)

5.1. Insumos para Balance Hídrico de Suelos (BHS)

A partir de la búsqueda bibliográfica en las bases de datos de la Escuela Centroamericana de Geología se determinó que en la zona de estudio se han llevado a cabo estudios que incluyen la realización de pruebas de infiltración y muestreo de suelos para la elaboración de estudios hidrogeológicos específicos.

En la figura 23 se ubican las áreas en las que se han desarrollado dichos estudios y en el Anexo 6 se resumen los resultados de las pruebas de infiltración y muestreo de suelos realizados en cada estudio.

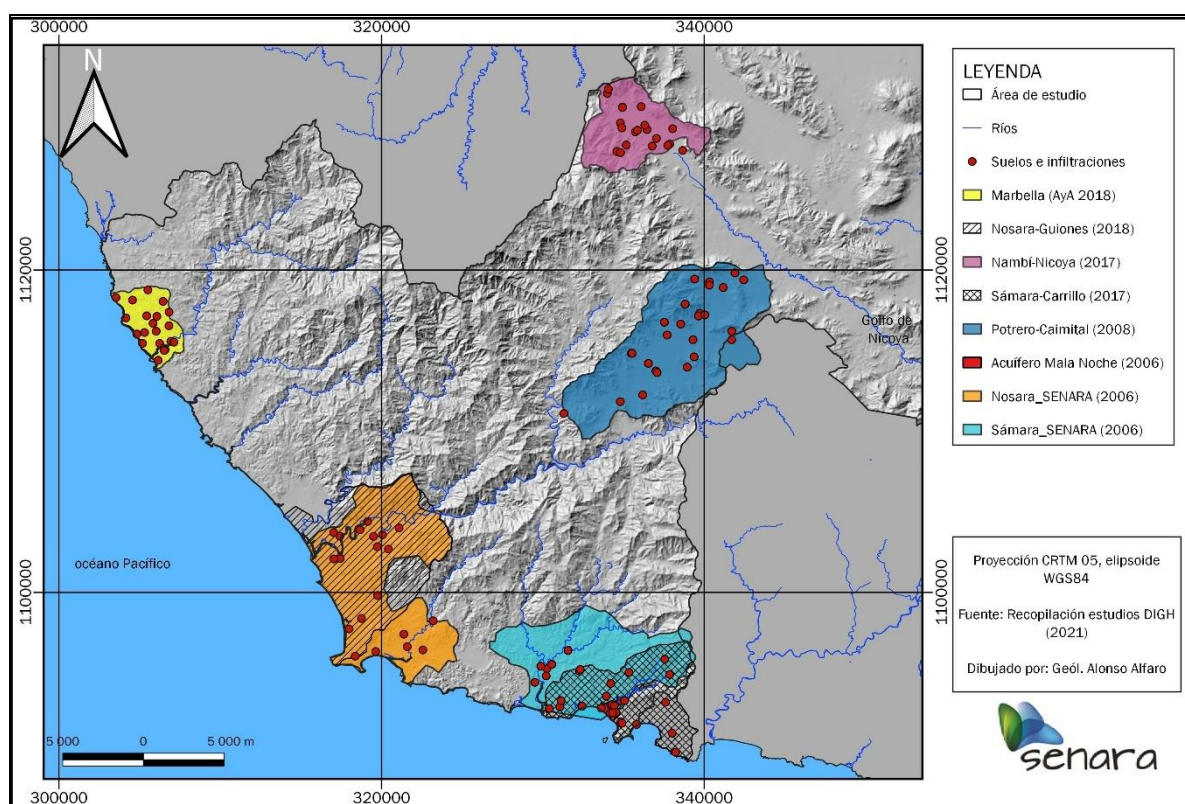


Figura 23. Estudios realizados en el área de interés que incluyen información de pruebas de infiltración y muestreo de suelos

6 PERFIL DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

6.1 Zonas de estudio propuestas

Se proponen dos zonas de investigación que incluyen el sector noreste del cantón de Nicoya y las zonas costeras de Nicoya y Santa Cruz.

6.2 Justificación

En la zona noreste del cantón de Nicoya se ubican las mayores densidades de población por lo que es necesario regular el uso del suelo. En las zonas costeras es necesario desarrollar planes regulares específicos.

6.3 Objetivo

Realizar un estudio hidrogeológico para caracterizar la recarga potencial y la vulnerabilidad de los acuíferos en las zonas propuestas.

6.4 Posibles fuentes de financiamiento

- a. Presupuesto ordinario del SENARA.
- b. Convenios con los gobiernos locales de Santa Cruz y Nicoya.
- c. Recursos obtenidos a través de organismos internacionales.

6.5 Socios estratégicos

- a. Direcciones del SENARA.
- b. Convenios con universidades.
- c. Gobiernos locales.
- d. Dirección de Agua (MINAE)
- e. ICAA y ASADAS.

6.6 Algunas actividades a realizar

- a. Verificar la geología, descrita por varios autores, con mapeo de geológico campo.
- b. Realizar pruebas de infiltración y muestreos de suelos en las zonas que presentan vacíos de información necesaria para desarrollar el balance hídrico de suelos y determinar la recarga potencial del área.

- c. Aprovechar la información existente en estudios hidrogeológicos (generales y detallados), realizados en el área de estudio, para complementar vacíos de información en la zona.
- d. Conformación de la red de monitoreo de pozos.
- e. Realización de aforos diferenciales.
- f. Otras actividades a realizar según las necesidades de la investigación negociada con el ente de financiamiento.

La ubicación de ambas zonas en donde se pueden realizar estudios hidrogeológicos está en la siguiente figura:

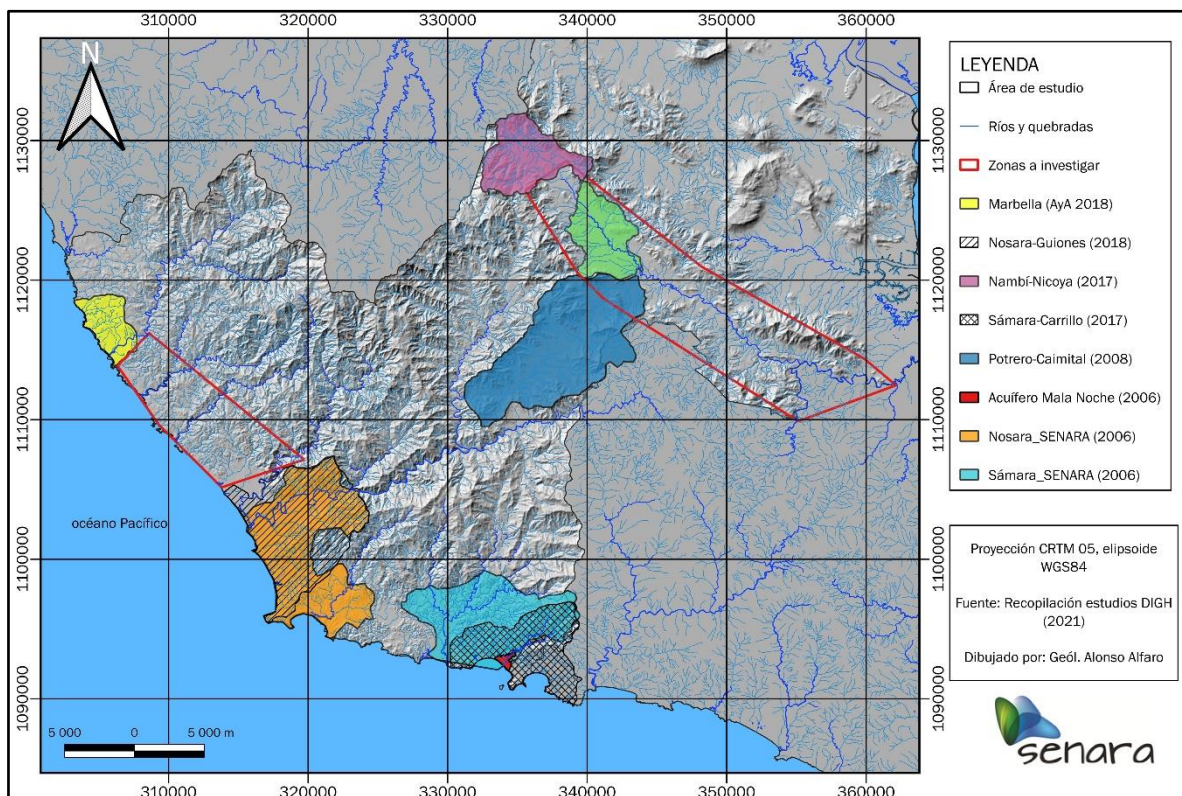


Figura 24. Ubicación de las potenciales zonas de investigación

7 REFERENCIAS

AGUDELO, C., 2008: Vulnerabilidad a la Contaminación del Acuífero Potrero – Caimital. SENARA. Informe interno.

AGUILAR, A., 1981: Geología de la zona de Florida, cerros Chira, Tierra Colorada y San Vicente, cantón de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. -43 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

ALFARO, A., 2006: Diagnóstico hidrogeológico en la zona de Nosara, cantón de Nicoya, Costa Rica. SENARA. Informe interno.

ALFARO, A., 2006: Hidrogeología del acuífero Mala Noche Sámara de Nicoya, Guanacaste. SENARA. Informe interno.

ALLAN, A., 2017: Caracterización Hidrogeológica de un sector de la cuenca del río Grande: Nambí de Nicoya y sus alrededores.-136 págs. Universidad de Costa Rica, San José [Tesis de M. Sc].

ALVARADO, F., 1981: Estudio geológico de la región de Sabana Grande, cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica. -64 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

ALVARADO, M. E., 1980: Geología del norte de Bahía Garza. -38 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

ARELLANO, F & VARGAS, A., 2001: Casos de contaminación por intrusión salina en acuíferos costeros de la península de Nicoya (Costa Rica). - Revista Geológica de América Central, 25: 77-84.

ARREDONDO, S., MORERA, S., PÉREZ, W. & BOLAÑOS, A., 1992: Mapa hidrogeológico de la Península de Nicoya. - Escala 1: 250 000. SENARA, San José.

ASTORGA, A., 1987: El Cretácico Superior y el Paleógeno de la vertiente Pacífica de Nicaragua meridional y Costa Rica septentrional: Origen, evolución y dinámica de las cuencas profundas relacionadas al margen convergente de Centroamérica. - 250 págs. Universidad de Costa Rica [Tesis Lic].

ASTORGA, A., 1990: La Formación Loma Chumico (Complejo de Nicoya) y su relación con la evolución Cretácica del margen oeste de la Paleo-Platueau Caribe. – VII Congreso Geol. Amér. Central. San José: 126.

ARRIETA, T., 1978: Geología de Quebrada Honda y alrededores, Nicoya, Guanacaste. – 30 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

ARROYO, I., CÁRDENES, G., GORDON, R., HERRERA, A., LOAIZA, M. A., SIGARÁN, C & VARGAS, L. E., 1997: Geología de parte de una Cuenca sedimentaria cretácico-paleocena: curso bajo río Morote y río Blanco, Península de Nicoya. -40 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA (TEC), 2014: Atlas digital de Costa Rica 2014 [DVD-ROM]. Cartago, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

ÁVILA, M., 1980: Geología del área de Punta Peladas y alrededores, cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica. -27 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

BLUFFER, R., 1982: Geological structure of the forearc region of the west coast of Costa Rica in the vicinity of the Nicoya Peninsula results of a multifold seismic reflection survey. Universidad de Costa Rica, San José.

BANDINI-MAEDER, A., FLORES, K., BAUMGARTNER, P. JACKETT, S. J. & DENYER, P., 2008: Late Cretaceous and Paleogene Radiolaria from the Nicoya Peninsula, Costa Rica: a tectonostratigraphic application. Stratigraphy. 5.

CAMPOS, L., 1981: Geología del área de La Cuesta y alrededores, Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica. -42 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

CHAVES, R., 1981: Geología de Cerro Cardones y alrededores, cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica. -31 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

DENGO, G. 1962: Estudio geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica. San José, Costa Rica: Instituto Geográfico de Costa Rica.

DENYER, P., AGUILAR, T & MONTERO, W., 2013: Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: cuadro estratigráfico de la Península de Nicoya. San José, Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica.

DENYER, P., AGUILAR, T & MONTERO, W., 2013: Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa tectónico de la Península de Nicoya. Editorial Universidad de Costa Rica.

DENYER, P., AGUILAR, T & MONTERO, W., 2013: Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Cerro Brujo. Editorial Universidad de Costa Rica.

DENYER, P., AGUILAR, T & MONTERO, W., 2013: Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Berrugate. Editorial Universidad de Costa Rica.

DENYER, P., AGUILAR, T & MONTERO, W., 2013: Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Cerro Azul. Editorial Universidad de Costa Rica.

DENYER, P., AGUILAR, T & MONTERO, W., 2013: Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Diría. Editorial Universidad de Costa Rica.

DENYER, P., AGUILAR, T & MONTERO, W., 2013: Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Garza. Editorial Universidad de Costa Rica.

DENYER, P., AGUILAR, T & MONTERO, W., 2013: Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Matambú. Editorial Universidad de Costa Rica.

DENYER, P., AGUILAR, T & MONTERO, W., 2013: Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Talolinga. Editorial Universidad de Costa Rica.

DENYER, P., AGUILAR, T & MONTERO, W., 2013: Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Marbella. Editorial Universidad de Costa Rica.

DENYER, P., AGUILAR, T & MONTERO, W., 2013: Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: mapa geológico de la hoja Tempisque. Editorial Universidad de Costa Rica.

DENYER, P., AGUILAR, T & MONTERO, W., 2014: Cartografía geológica de la península de Nicoya, Costa Rica: Estratigrafía y Tectónica.-207 págs. Editorial Universidad de Costa Rica.

DÍAZ, J., 1980: Estudio geológico del cerro Sámara y alrededores, Península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. -42 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

FERNÁNDEZ, D., 2017: Modelo hidrogeológico conceptual, evaluación de la disponibilidad y peligro de contaminación de la zona costera de Samara y Playa Carrillo. SENARA. Informe interno.

FERNÁNDEZ, J.A, 1981: Geología del área de Matamba y alrededores, cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica. -40 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

FLORES, K., 2003: Propuesta tectonoestratigráfica de la región septentrional del golfo de Nicoya. Tesis de licenciatura Universidad de Costa Rica.

FLORES, K., DENYER, P. & AGUILAR, T., 2003: Nueva propuesta estratigráfica: geología de las hojas Matambú y Talolinga, Guanacaste, Costa Rica. Revista Geológica de América Central, 28, 131-138.

FUENTES, P., 2006: Caracterización hidrogeológica y análisis de la vulnerabilidad del acuífero de la cuenca del río Potrero en Nicoya, Guanacaste, Costa Rica.- 93 págs. Universidad de Costa Rica, San José [Tesis de M. Sc].

GARCÍA, P.M., 2015: Determinación de la disponibilidad de agua subterránea en el sistema acuífero Potrero y Caimital, Nicoya, Guanacaste. 195 págs. Universidad de Costa Rica, San José [Tesis de M. Sc].

GÓMEZ, M., 2018: Estudio hidrogeológico en la zona de Marbella Cuajiniquil, Santa Cruz, provincia de Guanacaste. AyA. Informe interno.

GURSKY, H. J., 1986: Composition and origin of the sedimentary rocks in the Nicoya ophiolite complex (Jurassic-Lower Tertiary Southern. -En: Zentralblatt fur geologie und paloontologie -1206 págs.

GURSKY, H. J., BARBARIN, J. M., MEIBURG, P., 1987: Estructuras tectónicas de edad cretácica en la Península de Nicoya (Costa Rica) y su significado geotectónico. -En: Simposio Internacional: El Cretácico de México y América Central. Universidad Autónoma de Nuevo León. - 261-266 págs.

GURSKY, M., 1992: Tectonics of the Nicoya Península, Costa Rica and implications for the geodynamic history of the Caribbean.-En: Zentralblatt fur geologie und paloontologie - 1545-1556 págs.

GUTIÉRREZ, M., 1980: Geología del área de La Esperanza y playa Guiones, península de Nicoya, Costa Rica. -21 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

HAUFF, F., HOERNLE, K., VAN DEN BOGAARD, P., ALVARADO, G.E. & GARBE-SCHÖNBERG, D., 2000: Age and geochemistry of basaltic complexes in western Costa Rica: Contributions to geotectonic evolution of Central America. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 1 (5), doi 10.1029/1999GC000020.

HIDROGEOTECNIA S. A., 2018: Elaboración del Diagnóstico Hidrogeológico (Fase 1) del Proyecto Estudios Hidrogeológicos para los Planes Reguladores, zona de Nosara y Playa Guiones.

HU, X., JANASA, L., WNAG, C., SARTI, M., BAK, K., WAGREICH, M., MICHALIL, J., & SOTÁK, J., 2005: Upper Cretaceous oceanic red beds (CORBs) in the Thetys: occurrences, litofacies, age, and environments.- *cretaceous Research*, 28:3-20.

HOLDRIDGE, L.R 1982: Ecología basada en zonas de vida. CIDIA. San José.

LAGUNA, J., 1977: Geología y Sedimentología de tres unidades paleocenas cerca de Sámara, Península de Nicoya, provincia Guanacaste. -79 págs. Universidad de Costa Rica, San José [Tesis Lic]

LEZAMA, G., 1978: Geología de Roblar y alrededores, Quebrada Honda de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. -30 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

LOSILLA, M. & AGUDELO, C., 2003: Rendimiento seguro y susceptibilidad a la contaminación del acuífero coluvio-aluvial de las cuencas altas de los ríos Potrero y Caimital, Nicoya, Guanacaste, C.R.

LUNDBERG, N., 1982: Evolution of the slope landward of the Middle America Trench, Nicoya peninsula, Costa Rica. En J.K. Leggett (ed.), *Trench-forearc geology: sedimentation and tectonics on modern and ancient active plate margin*. (pp. 131- 147). Geological Society of London.

MALAVASSI, E., 1961: Some Costa Rican larger foraminiferal localities,- *Jour. Palentology*. 35 (3): 498-501.

McDONALD D.F., 1920/1921: Informe final geológico y geográfico de Costa Rica. – *Rev. Geol.de Costa Rica* 2:28-32.

MARÍN, F., 1980: Geología del área de Punta Escondido, península de Nicoya, Costa Rica. -48 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

MESCHEDE, M., SICK, M & FRISCH, W., 1987: Los complejos ofiolíticos de Costa Rica (Nicoya, Santa Elena, Quepos y Osa) y su conexión al evento “sill” en el caribe. Universidad de Costa Rica, San José.

MONTALTO, F., 1981: Geología de los cerros Cruces, Matagalpa y alrededores, San Antonio de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica. -102 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

MORA, D., 1977: Características químicas de las aguas subterráneas de dos cuencas de la Península de Nicoya y su significado hidrogeológico. -25 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

MORA, D., 1978: Aspectos hidrogeológicos de la Península de Nicoya. -81 págs. Universidad de Costa Rica, San José [Tesis Lic]

MORERA, S., 2002: Evaluación del potencial y demanda hídrica subterránea en los acuíferos costeros de Samara. SENARA. Informe Interno.

MOSHEIM, J., 1980: Geología de la zona de Buenavista de Sámara, provincia de Guanacaste, Costa Rica. -19 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

MURILLO, J. & CHAVES, M., 2019: Informe Técnico para la Municipalidad de Nicoya, el cual contiene el Estudio de diagnóstico hidrogeológico del Cantón Central de Nicoya, Guanacaste. ICE-Municipalidad de Nicoya.

OBANDO, L. G., 1981: Geología del cerro Ramoncillo y alrededores, cantón de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Universidad de Costa Rica, San José.

OBANDO, J., 1983: Geología de la zona del “Peñón de Arío”, “Quebrada Carmen”, “Quebrada Negro” y alrededores, provincia de Puntarenas, Costa Rica. – 39 págs. Escuela Centroamericana de Geología, UCR [Inf. Campaña Geológica].

PIEDRA, J., 1978: Geología del Cerro Quebrada Honda, Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. -35 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

PINILLA, G., 1980: Geología de Punta Guiones y alrededores, Península de Nicoya, Costa Rica. -37 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

PIZARRO, D., 1981: Geología del área de Pozas y alrededores, cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica. -33 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

PIZARRO, D., 1993: Los pozos profundos perforados en Costa Rica.- Rev. Geol. Amér. Central. 15:81-85.

RAMOS, V., 2002: Definición de Zona de Protección del Pozo Sámara. AyA. Informe interno.

RIVIER, F., 1983: Síntesis geológica y mapa geológico del área de bajo Tempisque Guanacaste, Costa Rica. Informe Semestral del Instituto Geográfico Nacional, 1983 (1): 7-30

ROBANSZYNKI, F & CARON, M., 1995: Foraminifères planctoniques du Crétacé: Commentaire de la zonation Europe-Méditerranée.- Bulletin de la Société géologique de France, 166(6): 681-692.

SÁENZ, L. F., 1980: Geología de Mango y sus alrededores, Sámara, península de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. -37 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

SANABRIA, A., 1978: Geología del Cerro Caballito y alrededores. -36 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

SINTON, C.W., DUNCAN, R.A. & DENYER, P., 1997: Nicoya Peninsula, Costa Rica: A single suite of Caribbean oceanic plateau magmas. Journal of Geophysical Research, 102, 15507-15520

SIU, D., 1980: Geología del área de Barco Quebrado, Garza, Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. -26 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

SOLANO, C., 1981: Geología del área de San Antonio y alrededores, cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica. -43 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

SOLANO, J., & VILLALOBOS, R. 2001: Aspectos Fisiográficos aplicados a un Bosquejo de regionalización Geográfico Climático de Costa Rica. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos (8). 26-39.

SOLÍS, A., 2009: Análisis sobre la influencia de la percepción del riesgo sísmico en el desarrollo de los planes institucionales de gestión para la reducción del riesgo: en caso del cantón de Nicoya y el cantón Central de Puntarenas.-94 págs. Universidad de Costa Rica, San José [Trabajo final de Investigación Maestría].

TEJERA, M & ROMULO, A., 1980: Geología de Playa Barrigona y alrededores cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste, Costa Rica. -20 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

VARGAS, C., 2006: Hidrogeología de las cuencas de Mala Noche y Buenavista, Sámara de Nicoya, Guanacaste. SENARA. Informe interno.

VÍQUEZ, V., 1981: Geología del cerro Zapote y alrededores, península de Nicoya, Costa Rica. -23 págs. Universidad de Costa Rica, San José.

8 ANEXOS

Anexo 1. Información de estaciones meteorológicas (Fuente IMN)

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

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

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

Anexo 5. Aprovechamientos de AyA

Anexo 6. Insumos para BHS