

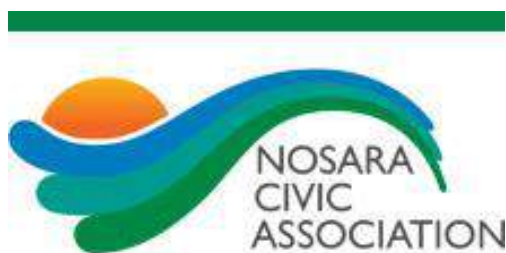


**“Elaboración del Diagnóstico Hidrogeológico (Fase 1)
del Proyecto Estudios Hidrogeológicos para los Planes
Reguladores”**

Nosara, Playa Guiones

Contraparte Técnica y Administrativa de la contratación

Nosara Civic Association



Noviembre de 2018

Equipo Profesional:

Ing. Federico Arellano Hartig MSc.

Ing. Marco Pineda Gamboa

Geól. Jorge Suárez Matarrita MSc.

Ing. Laura Chavarría Zúñiga

Geól. Adrián Martínez Alpizar.

Cartógrafa Katherine Padilla Umaña

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. OBJETIVO	12
1.2. METODOLOGÍA APLICADA.....	12
2. ÁREA DE ESTUDIO	16
3. INFORMACIÓN DE POZOS CERCANOS AL ÁREA DE ESTUDIO	19
3.1. REGISTROS POZOS SENARA.....	19
3.1.1. Ubicación.....	19
3.1.2. Profundidad	19
3.1.3. Nivel estático	20
3.1.4. Caudal.....	20
3.1.5. Transmisividad	21
3.1.6. Prueba de bombeo	22
3.1.7. Litología	22
3.1.8. Otros datos.....	22
3.1.9. Tabla integral de datos	22
3.2. REGISTRO MINAE.....	34
3.2.1. Usuarios	34
3.2.2. Ubicación.....	34
3.2.3. Tipo de fuente	34
3.2.4. Estado ante el MINAE	35
3.2.5. Caudal.....	35
3.2.6. Tipo de uso.....	36
3.2.7. ASADAS y AyA.....	37
3.2.8. Otros datos.....	37
3.2.1. Tabla integral de datos	37
4. INFORMACIÓN HIDROGEOLÓGICA.....	51
4.1. GEOLOGÍA	51
4.1.1. Geología regional.....	51
4.1.2. Geología Local.....	59
4.1.3. Geomorfología.....	63
4.1.4. Geología Estructural.....	71
4.2. HIDROGEOLOGÍA	76
4.2.1. Acuíferos	81
4.2.2. Perfiles	84
4.2.3. Recarga Acuífera.	88
4.2.4. Tipos de suelo.....	90
4.2.5. Otros.....	93

5.	INFORMACIÓN DE MAPAS DE SUELO	93
5.1.	PRUEBAS DE INFILTRACIÓN Y CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN.	93
5.2.	PARÁMETROS DEL SUELO.	96
6.	INFORMACIÓN METEOROLÓGICA Y HIDROLÓGICA	104
6.1.	INFORMACIÓN METEOROLÓGICA DEL INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL	104
6.1.1.	Estación meteorológica Nosara	104
6.1.2.	Estación de precipitación Garza Fenco	104
6.1.3.	Estación Bobbi Jhonson.....	105
6.1.4.	Estación Belén.....	105
6.1.5.	Estación Nicoya Extensión Agrícola.....	105
6.2.	INFORMACIÓN HIDROLÓGICA.....	109
7.	ÁREA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL.	109
8.	RECOPIACIÓN DE PROPUESTAS DE LINEAMIENTOS ESPECÍFICOS PARA EL MANEJO Y PROTECCIÓN DE LOS ACUÍFEROS EN EL ÁREA.....	111
8.1.	RECOMENDACIONES SOBRE RECARGA ACUÍFERA	111
8.2.	RECOMENDACIONES SOBRE LA VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO Y PARA ZONAS DE PROTECCIÓN Y ZONAS DE CAPTURA.	112
9.	VALORACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA	114
9.1.	ESCALA DE TRABAJO.....	114
9.2.	CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL.....	115
9.3.	CALIDAD	116
10.	MAPA DE DIAGNÓSTICO DE LA INFORMACIÓN.....	117
11.	PROPUESTA DE ESTUDIOS HIDROGEOLOGÍCOS	119
12.	CONCLUSIONES.....	129
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	131
14.	Anexos.....	132
14.1.	MATRIZ DE VULNERABILIDAD DE SENARA.	132

TABLA DE CUADROS

Cuadro 1. Fuentes consultadas.....	9
Cuadro 2. Registro de Pozos de SENARA	27
Cuadro 3. Concesiones Otorgadas por MINAE en el área de estudio.	40
Cuadro 4. Concesiones Otorgadas por MINAE en nacientes	48
Cuadro 5. Concesiones Otorgadas por MINAE a ASADAS y al AyA.	49
Cuadro 4. Recarga Potencial Anual en litros por segundo para las partes bajas de las microcuencas en la zona de estudio.	88
Cuadro 5. Infiltraciones realizadas en el área de estudio	94
Cuadro 6. Resultados de pruebas de suelo (Capacidad de campo, punto de marchitez y agua útil).	96
Cuadro 7. Densidades y porosidades en el área de estudio.....	97
Cuadro 8. Porcentajes de ocupación del uso de suelo actual.....	101
Cuadro 9. Registro de información meteorológicas cercanas a la zona de estudio.	108
Cuadro 10. Áreas de las partes bajas de las microcuencas en la zona de estudio.	109
Cuadro 11. Escala de trabajo.....	114

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Zona de estudio ortográfico.....	17
Figura 2. Zona de estudio con la hoja cartográfica.....	18
Figura 3. Ubicación de los pozos Registrados en SENARA.....	23
Figura 4. Pozos con transmisividades según formación geológica y unidad hidrogeológica	24
Figura 5. Pozos registrados con Litología reportada	25
Figura 6. Pozos registrados a 1 km de la costa.....	26
Figura 7. Ubicación de las concesiones registradas en MINAE.....	38
Figura 8. Concesiones a 1 km de la costa según MINAE.....	39
Figura 9. Columna estratigráfica regional. (Tomado de Denyer et al, 2013).....	52
Figura 10. Mapa de Cartografía Geológica Oficial.....	58
Figura 11. Mapa Geomorfológico RNSV Ostional según (Astorga, 2009).....	69
Figura 12. Mapa Geomorfológico (Instituto Geográfico Nacional, 1983)	70
Figura 13. Mapa Tectónico RNVS Ostional según (Astorga, 2009)	74
Figura 14. Mapa Tectónico Continental según (Astorga, 2009).....	75
Figura 15. Mapa Hidrogeológico según (SENARA, 2006).....	78
Figura 16. Mapa Hidrogeológico RNVS Ostional según (Astorga, 2009)	79
Figura 17. Mapa Hidrogeológico Continental según (Astorga, 2009)	80
Figura 18. Perfil Hidrogeológico N°1.(SENARA, 2006)	85
Figura 19. Perfil Hidrogeológico N°2. (SENARA, 2006)	86
Figura 20. Perfil Hidrogeológico N°3. (SENARA, 2006)	87
Figura 21. Datos utilizados para el balance hídrico (SENARA, 2006)	89
Figura 22. Tipos de suelo en el área de estudio.....	92
Figura 23. Mapa de infiltraciones en el área de estudio.	95
Figura 24. Mapa de parámetros agronómicos del suelo en el área de estudio.....	99

Figura 25. Mapa de valores de densidad y porosidad en el área de estudio.	100
Figura 26. Uso del suelo en el área continental según (Astorga, 2009)	102
Figura 27. Uso del Suelo 2017, Nosara Civic Association- Corredor Biológico del Río Nosara	103
Figura 28. Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas y de precipitación cercanas al área de estudio.	107
Figura 29 . Mapa de Crecimiento Poblacional Proyectado para el área de estudio.	110
Figura 30. Fuentes con zona de protección por ley (40 m)	113
Figura 31. Mapa de diagnóstico	118

TABLA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Profundidades reportadas en pozos de SENARA	19
Gráfico 2. Niveles estáticos según los registros de Pozos de SENARA.....	20
Gráfico 3. Caudales registrados en Pozos de SENARA	21
Gráfico 4. Concesiones en MINAE por tipo de explotación	34
Gráfico 5. Concesiones MINAE según estado.....	35
Gráfico 6. Caudales según la concesión de MINAE	36
Gráfico 7. Tipo de uso según las concesiones del MINAE.....	36
Gráfico 8. Gráfico de tendencia de los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio.....	106

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe presenta el avance en la Fase 1 - Diagnóstico Hidrogeológico de un área determinada del distrito de Nosara, del cantón de Nicoya según los términos de referencia establecidos por el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA: Acuerdo No. 4975 de la Sesión 666-15 del 9 de marzo del 2015 de Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riesgo y Avenamiento); en cumplimiento de lo señalado por la Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia en su Voto N°12109-2008 y N°008892-2012 referente a la aplicación de la Matriz del SENARA y lo indicado por el Acuerdo de la Junta Directiva del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, en el artículo II, inciso 5) del acta de la sesión ordinaria N° 6010 del 31 de octubre del 2013 referente a la aplicación de la Matriz de Criterio de Uso de Suelo según la Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos para la Protección del Recurso Hídrico en el Plan Regulador del cantón.

Esta primera fase comprende la revisión de información geológica regional y local, uso de suelo, información meteorológica, registros hidrológicos y estudios de suelos. Con base en estos resultados, se realizó una valoración de la información obtenida, de modo que se pudo determinar los sitios donde existían faltantes de información. Para ello se tomó en cuenta la calidad de la información obtenida y la escala de trabajo.

Posterior a realizar el análisis respectivo se concluyó que toda el área de influencia del proyecto puede desarrollar la fase 2 de los Estudios Hidrogeológicos para planes reguladores, siempre y cuando se desarrollen al menos 26 pruebas de infiltración con la metodología de doble anillo, 21 pruebas de capacidad de campo y punto de marchitez y 19 pruebas de densidad aparente y porosidad y contenido de humedad.

Cuadro 1. Fuentes consultadas.

Título	Autor	Descripción	Año	Fuente
Implications for the Caribbean region of the high Mg volcanic rocks in the Costa Rican ophiolitic complexes: The case of the Tortugal komatiitic-like suite.	Alvarado, G., & Denyer, P.	Artículo de revista	1998	UCR
Informe de Evaluación Ambiental Estratégica del Plan de Manejo Ostional	Astorga, Allan	Informe Escala 1:25 000	2009	Nosara Civic Association
El Cretácico Superior y el Paleógeno de la vertiente Pacífica de Nicaragua y Costa Rica Septentrional: Origen y dinámica de las cuencas profundas relacionadas al margen convergente de Centroamérica. Universidad de Costa Rica.	Astorga, Allan	Tesis de Licenciatura	1987	UCR
Mapa Geomorfológico del Pacífico Norte de Costa Rica Escala 1:100 000	Bergoeing, Jean., Brenes, Luis Guillermo., Malavassi, Enrique	Mapa geomorfológico	1983	IGN-UCR

Estudio geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica. San José: Instituto Geográfico Nacional.	Dengo, Gabriel	Reporte del IGN	1962	UCR
Cartografía Geológica de la Península de Nicoya, Costa Rica. San José: Editorial UCR.	Denyer, P., Aguilar, T., & Montero, W.	Publicación Escala 1:50 000	2013	UCR
Título	Autor	Descripción	Año	Fuente
Reporte de Concesiones	Dirección de aguas	Reporte	2017	Dirección de aguas
Propuesta tectonoestratigráfica de la región septentrional del Golfo de Nicoya. Universidad de Costa Rica.	Flores, Kenneth	Tesis de Licenciatura	2003	UCR
Nueva propuesta estratigráfica: geología de las hojas Matambú y Talolinga, Guanacaste, Costa Rica. Revista Geológica de América Central., 28, 131–138.	Flores, K., Denyer, P., & Aguilar, T.	Artículo de revista Escala 1: 50 000	2003	UCR
Estudio Hidrogeológico para la ubicación de una nueva perforación de un pozo en el sector de Santa Marta Puerto Carrillo, Guanacaste	Hidrosigma Consultores	Informe Escala 1:25 000	2017	ASADA Guiones

Información meteorológica	Instituto Meteorológico Nacional	Reporte	2017	IMN
Atlas 2014	Instituto Tecnológico de Costa Rica	SIG	2014	TEC
Título	Autor	Descripción	Año	Fuente
La Geología del Complejo Ofiolítico de Nicoya, Costa Rica. San José.	Kuijpers, Eric	Reporte del IGN	1979	UCR
Sedimentología y geomorfología del sur de la Península de Nicoya (Provincia de Puntarenas, Costa Rica)	Mora, Carlos	Informe	1985	UCR
Diagnostico hidrogeológico en la zona de Nosara, cantón de Nicoya, Costa Rica	SENARA	Informe Escala: 1:38 460	2006	SENARA
Reporte de Pozos.	SENARA	Reporte	2017	SENARA
Manual de Geología de Costa Rica. San José: Editorial UCR.	Sprechmann, Peter	Publicación	1984	UCR

1.1. OBJETIVO

La finalidad del estudio es la realización de la Fase 1 - Diagnóstico Hidrogeológico de un área determinada para el distrito de Nosara en el cantón de Nicoya, según los términos de referencia establecidos por el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA: Acuerdo No. 4975 de la Sesión 666-15 del 9 de marzo del 2015 de Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riesgo y Avenamiento); en cumplimiento de lo señalado por la Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia en su Voto N°12109-2008 y N°008892-2012 referente a la aplicación de la Matriz del SENARA y lo indicado por el Acuerdo de la Junta Directiva del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, en el artículo II, inciso 5) del acta de la sesión ordinaria N° 6010 del 31 de octubre del 2013 referente a la aplicación de la Matriz de Criterio de Uso de Suelo según la Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos para la Protección del Recurso Hídrico en el Plan Regulator del cantón.

1.2. METODOLOGÍA APLICADA

1. Visita al SENARA para recopilación de información de pozos, de acuerdo, con el inventario de expediente de dicha institución.
2. Recopilación de información de publicaciones de tesis, artículos, trabajos; todos relacionados con las zonas de estudio; así como información que pueda ofrecer el AyA.
3. Fase 1. Diagnóstico Hidrogeológico

Como una primera etapa de la investigación hidrogeológica se deberá confeccionar un diagnóstico de información hidrogeológica con el fin de delimitar las zonas que poseen información y las zonas que no poseen información en el área del cantón a analizar, esto con base en los términos de referencia de SENARA, los cuales se detallan a continuación.

1. Este diagnóstico incluye la revisión de la información geológica, uso de suelo, climatológica e hidrogeológica existente en el área del cantón a analizar, como la siguiente:

1.1 Archivos de pozos y nacientes registrados en las bases de datos del MINAE (Dirección de Aguas y SINAC), AyA y SENARA, Municipalidad y acueductos de la zona de estudio o del cantón (ASADAS), así como de concesiones para aprovechamiento de aguas de la Dirección de Aguas. Se debe identificar la información general de los usuarios (propietarios y/ o concesionarios) y técnica como ubicación de la fuente, profundidad de perforación en pozos, litología, niveles estáticos y dinámicos, armado, pruebas de bombeo, caudal, análisis de aguas, estado de las captaciones (si existiera), altura en msnm del punto de afloramiento de nacientes, entre otros. Como parte de este proceso se elaborará un Tabla integral de los datos de pozos a partir del cual se elaborará un Mapa de localización. Se indicarán los pozos que contengan datos de litología (estratigrafía) y los que no lo tengan.

1.2 Estudios y mapas geológicos, geofísicos, hidrogeológicos (hidrogeología, recarga acuífera, vulnerabilidad intrínseca a la contaminación, amenazas, riesgo, zonas de protección y de captura de fuentes) y de tipos de suelos, para sistematizar la información en mapas básicos de geología y suelos. Se realizará una investigación sistemática de la información disponible. Además, en cumplimiento de la Directriz 35 – MIVAH – PLAN, se aplicarán los insumos técnicos generados por el Estudio de Base Ambiental Territorial del Plan Regional Urbano de la Gran Área Metropolitana y que cuentan con aprobación ambiental.

1.3 Información de mapas de suelo, pruebas de infiltración (hacer énfasis en al menos los datos necesarios para la realización de los balances hídricos de suelos, como son,

clasificación del suelo, capacidad de infiltración, capacidad de campo, punto de marchitez, densidad aparente).

1.4 Información meteorológica: ubicación de estaciones climáticas, tipo de estación, cantidad de series, datos recolectados (precipitación, temperatura, brillo solar).

1.5 Mapas e informes hidrogeológicos, delimitación de los acuíferos, zonas de protección y de captura de fuentes, vulnerabilidad intrínseca a la contaminación, amenaza, riesgo de contaminación y recarga acuífera, tanto los realizados por la municipalidad, como por ASADAS, instituciones públicas, centros universitarios y científicos, como los realizados por SENARA. Se debe indicar si cuentan con la respectiva oficialización por parte de la Dirección de Investigación y Gestión Hídrica del SENARA.

4. Realizar una valoración de la información recopilada y analizar la escala de trabajo, cantidad, calidad y distribución espacial de los elementos en la zona de estudio.

5. Se debe integrar los resultados del diagnóstico de información hidrogeológica en un MAPA DE DIAGNÓSTICO DE LA INFORMACIÓN, la cual se hace con base en la información recopilada, en el cual se identifiquen las siguientes zonas:

Zona 1: Las zonas con suficiente información, geológica e hidrogeológica y escala (desde 1:5000 y 1:50 000) al cual se puede realizar el modelo hidrogeológico, la vulnerabilidad, zonas de protección y las zonas de recarga, para la incorporación del componente hidrogeológico en los planes reguladores.

Zona 2: Las zonas en las cuales no se cuenta con suficiente información para evaluar el modelo hidrogeológico, la vulnerabilidad, zonas de protección y las zonas de recarga, para la incorporación del componente hidrogeológico en los planes reguladores.

6. Basado en la definición de áreas potenciales de crecimiento del cantón y los resultados del diagnóstico de la información recopilada, se tiene que elaborar la propuesta de los estudios hidrogeológicos para realizar el modelo hidrogeológico, la vulnerabilidad y recarga acuífera, de las zonas con suficiente información hidrogeológica y de las zonas de crecimiento proyectado, todo con base en la definición de los requerimientos técnicos (levantamiento geológico, análisis de suelos, pruebas de infiltración, perforaciones exploratorias, etc.) necesarios para valorar dichas zonas de acuerdo a los términos de referencia establecidos en la Fase 2 – Estudio hidrogeológico.

Las áreas potenciales de crecimiento del cantón (mapa y descripción de áreas), deberán ser consultadas a la municipalidad y respaldadas por un documento oficial de la Comisión de Plan Regulador y el Concejo Municipal.

7. El documento de DIAGNÓSTICO HIDROGEOLOGICO se debe aportar en forma física y un Atlas con los mapas impresos en formato doble carta, y en forma digital el estudio y anexos en formato "PDF". Los mapas en formato JPG y Shapes con sus respectivos metadatos las cuales tienen que ser totalmente compatible con los programas de sistemas de información geográfica utilizados por la Municipalidad (ArcGis).

2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio ha sido definida bajo dos criterios: distribución administrativa de los gobiernos locales (línea divisoria entre el cantón de Nicoya y Santa Cruz) y la geomorfología de la zona.

La zona de estudio se encuentra en el distrito de Nosara, cantón de Nicoya y la provincia de Guanacaste. Se ubica en las hojas cartográficas de Cerro Brujo y Garza (1:50000 1-IGNCR) La Zona posee parte de la subcuenca del Río Nosara, parte de la subcuenca del Río Montana y la subcuenca del Río Rempujo.

En las figuras 1 y figura 2, se puede detallar la ubicación del área de estudios.

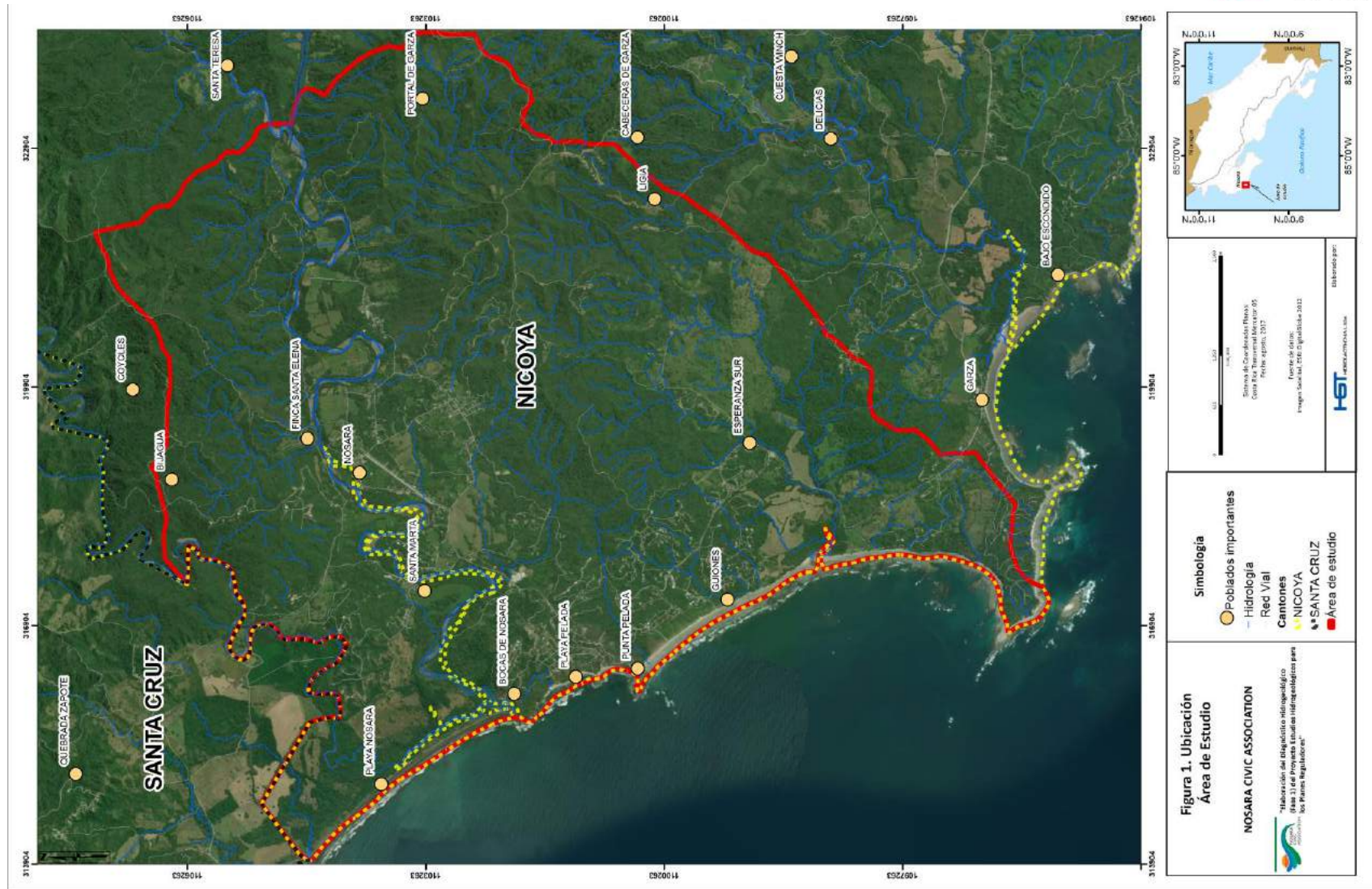


Figura 1. Zona de estudio ortográfico (Fig.1 en el Atlas Cartográfico)



Figura 2. Zona de estudio con la hoja cartográfica (Fig.2 en el Atlas Cartográfico)

3. INFORMACIÓN DE POZOS CERCANOS AL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Registros Pozos SENARA

3.1.1. Ubicación

Existe un total de 166 pozos registrados en la base de datos de SENARA, de los cuales existen un total de 77 pozos concesionados, en la figura 3, se puede observar los pozos registrados.

3.1.2. Profundidad

Los registros de SENARA presentan una profundidad promedio de 43.5 m, siendo la profundidad mínima de 8 m y la profundidad máxima 212 m. En el Gráfico 1, se puede observar que la mayoría de los pozos poseen profundidades entre 0 m y 50 m. Hay 9 pozos que no posee información sobre profundidad. (SENARA, 2017)

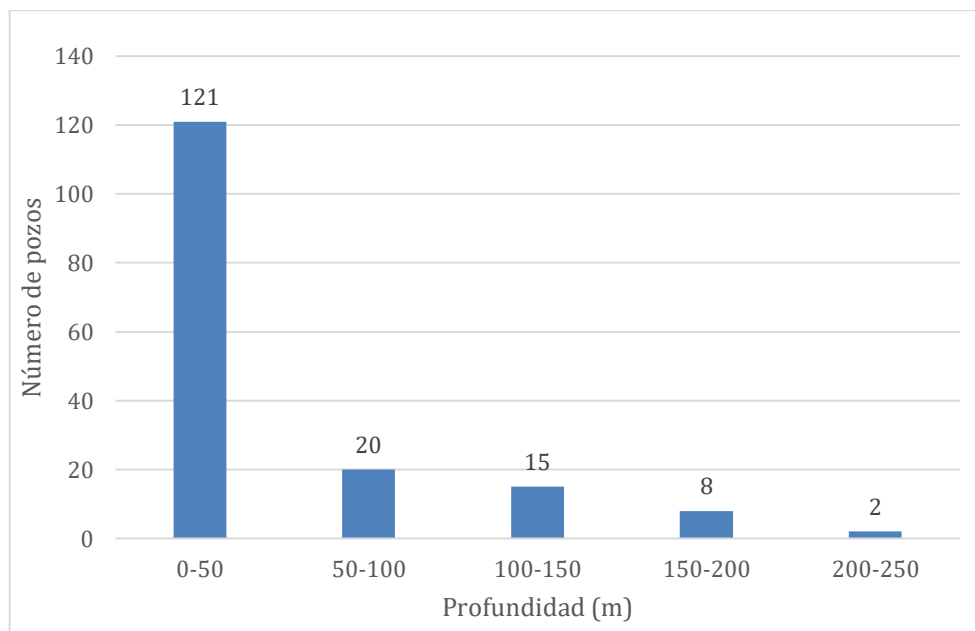


Gráfico 1. Profundidades reportadas en pozos de SENARA

3.1.3. Nivel estático

El promedio de los niveles estáticos para los pozos registrados en SENARA es de 9 m, siendo el nivel mínimo 0.16 m y el nivel máximo 132 m.

Como se puede observar en el Gráfico 2, hay una variabilidad en los valores de nivel estático, lo que da indicios de un sistema complejo de múltiples acuíferos diferenciados.

La mayoría de los pozos presentan un nivel entre 0 m – 5m como se observa en el Gráfico 2. Es importante recalcar que el 31% de los pozos no poseen información sobre el nivel estático o reportados como 0. (SENARA, 2017)

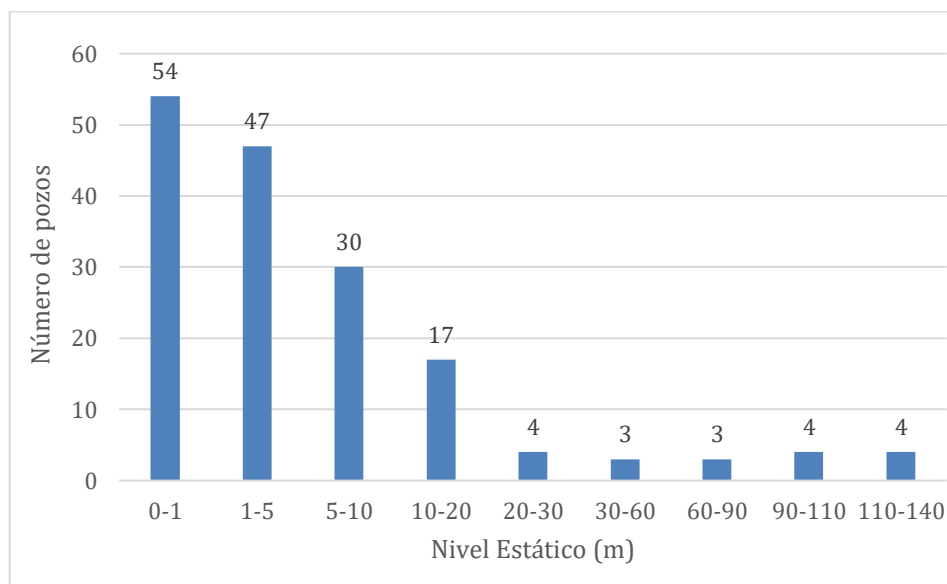


Gráfico 2. Niveles estáticos según los registros de Pozos de SENARA

3.1.4. Caudal

El promedio de caudales en los pozos registrados por SENARA es de 0.74 l/s, con un consumo mínimo de 0.1 l/s y máximo de 24 l/s y un total de 190.24 l/s. La mayoría de los pozos posee un consumo entre 0,1 l/s y 1 l/s como se puede observar en el Gráfico 3. (SENARA, 2017).

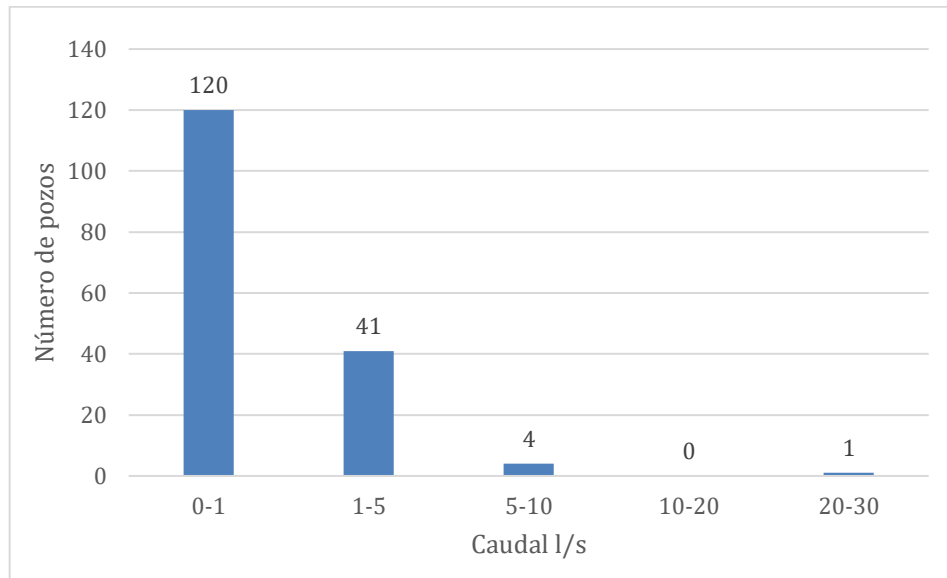


Gráfico 3. Caudales registrados en Pozos de SENARA

Vale recalcar que un 37% de los pozos no registran caudal.

3.1.5. Transmisividad

En el registro de SENARA solo se reportan 20 pozos que registran transmisividades, es decir un 88% de los pozos carecen de este dato.

Las transmisividades reportadas van desde 0.23 m²/día a 1581 m²/día. (Cuadro 2. Registro de Pozos de SENARA).(SENARA, 2017). Se valora los datos de transmisividad, siguiendo los parámetros mencionados por la DIGH de SENARA. Sin embargo, los registros sobre transmisividad son elaborados por terceros y no se cuenta siempre con las memorias de cálculos y graficas para analizar la certeza de los datos, para la fase dos se deberá utilizar las transmisividades de los pozos que cuenten con la memoria de cálculos y la gráfica respectiva. Entre ellos los pozos GA-1, GA-12, GA-131, GA-210, GA-225, o cualquiera que se indica en el cuadro 2 con reporte de bombeo.

3.1.6. Prueba de bombeo

De la totalidad de los pozos solo el 12% (20 pozos) poseen prueba de bombeo según los registros de SENARA.

3.1.7. Litología

Según los registros de SENARA, 68% de los pozos poseen litología reportada. (Ver Figura 5)

3.1.8. Otros datos

Vale recalcar que hay un total de 11 pozos a un 1km de la costa. Las mismas poseen una vulnerabilidad a la intrusión salina debido a la cercanía con la costa. En

Figura 7, se pueden observar las mismas. (SENARA, 2017)

3.1.9. Tabla integral de datos

En el Cuadro 2, se puede observar los pozos registrados en SENARA.

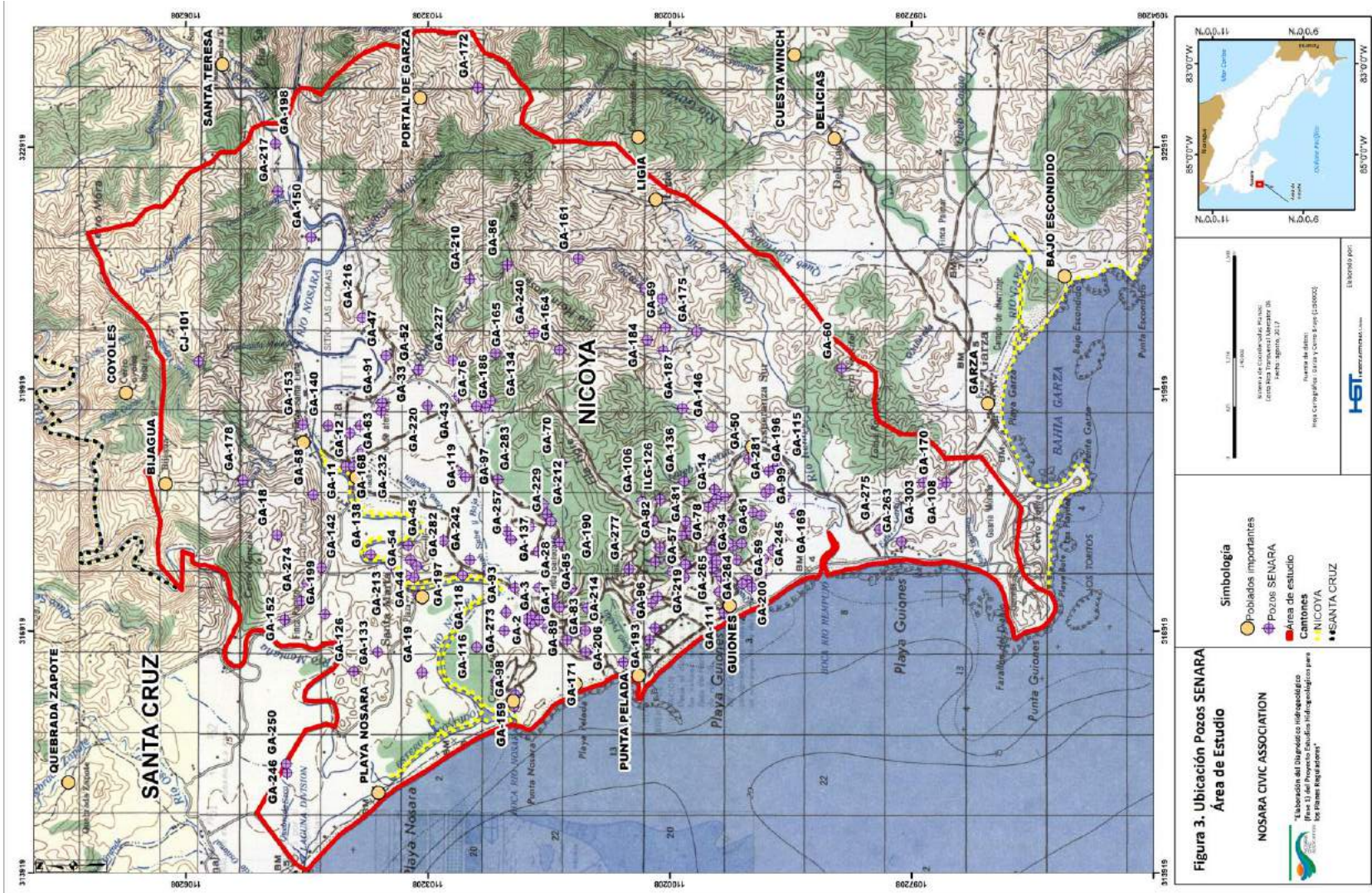


Figura 3. Ubicación de los pozos Registrados en SENARA (Fig.3 en el Atlas Cartográfico)

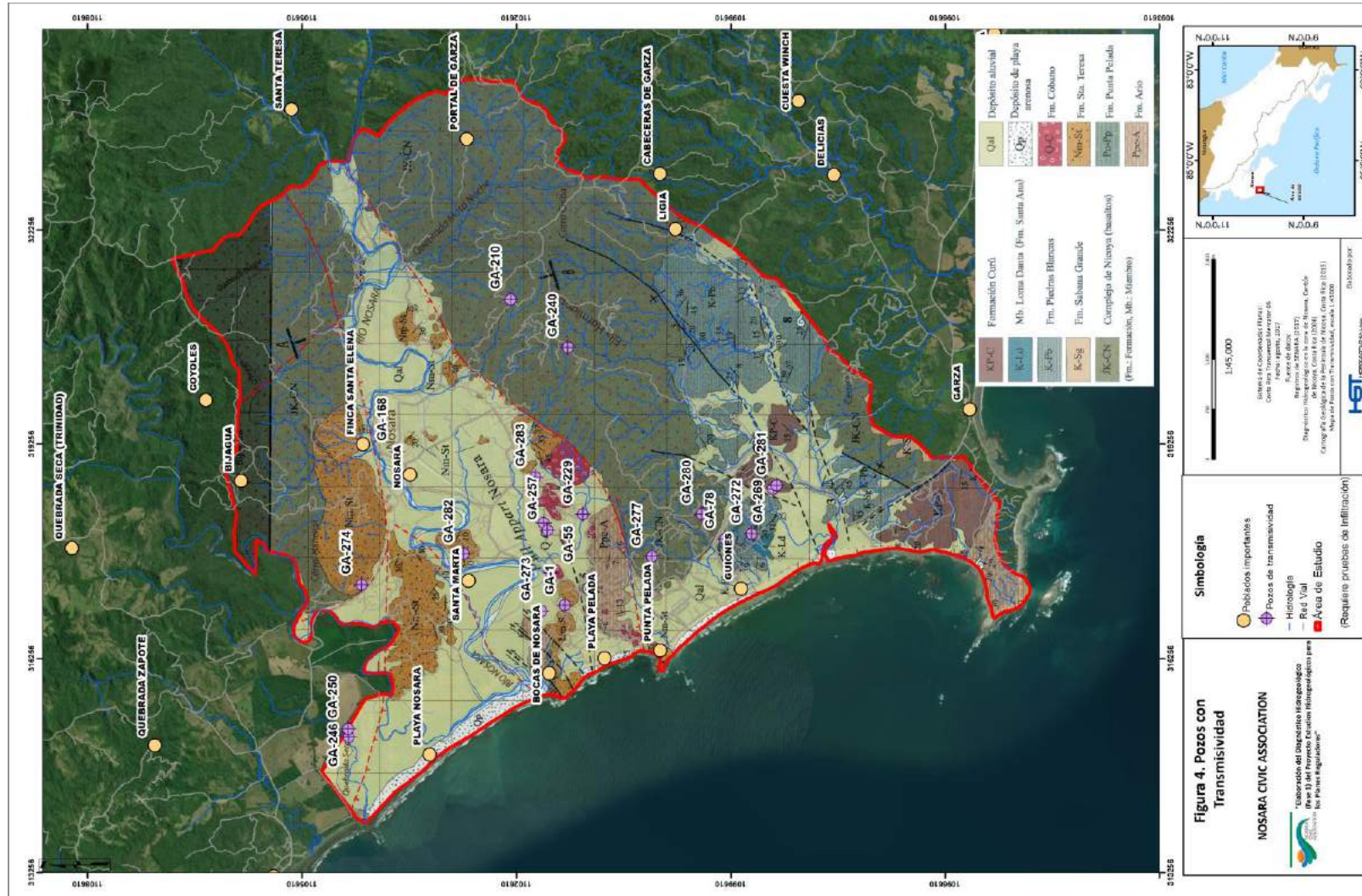


Figura 4. Pozos con transmisividades según formación geológica y unidad hidrogeológica (Fig.4 en el Atlas Cartográfico)

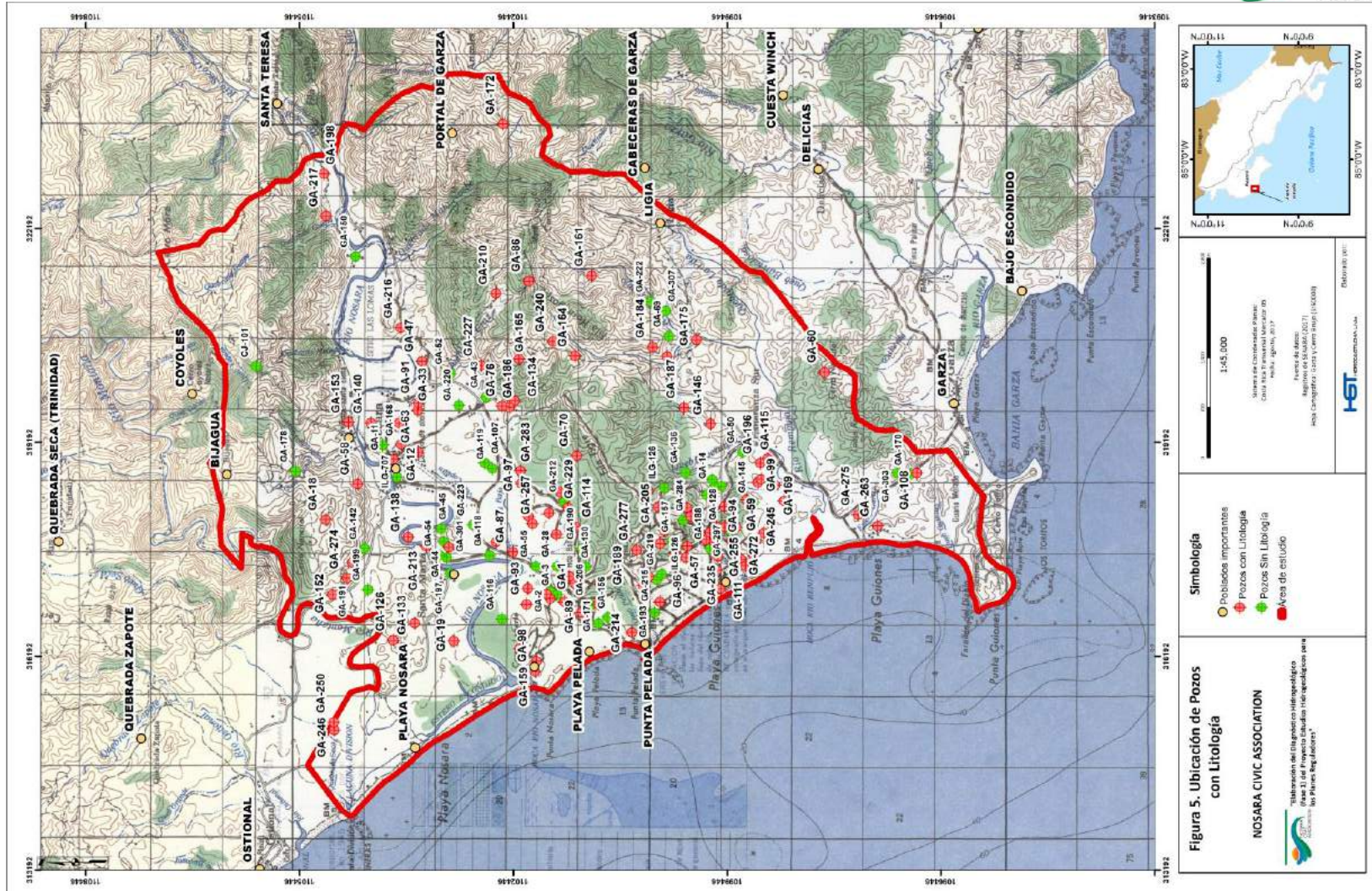


Figura 5. Pozos registrados con Litología reportada (Fig.5 en el Atlas Cartográfico)

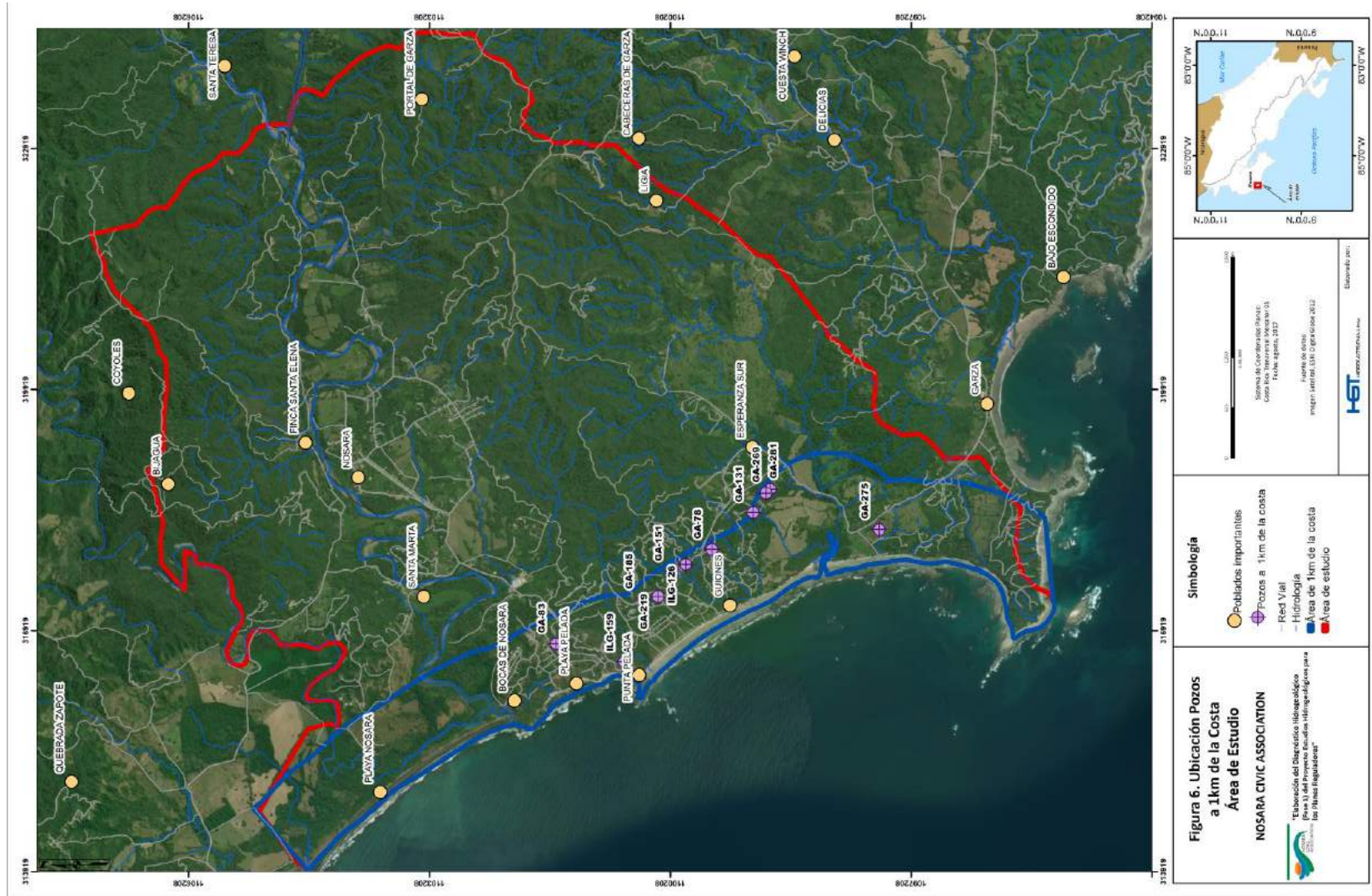


Figura 6. Pozos registrados a 1 km de la costa. (Fig.6 en el Atlas Cartográfico)

Cuadro 2 Registro de Pozos de SEVARA

ID	Profundidad (m)	Y	X	Z (m.s.n.m)	NE (m)	ND (m)	Caudal (l/s)	Transmisividad m²/día	Propietario	Uso	Prueba de Bombeo
CJ-101	80	1106054	320266	288	0	0	0	0	DESARROLLOS RANCHO MAR AZUL NOSARA, LTDA.	Urbanístico	
GA-1	45	1101930	317007	20	1	10	24	14	INVER.DE NOSARA	Potable y Abrevadero	Si
GA-100	175	1099249	317555	21	3	0	0	0	MARIAANGLAD ASOLER	DOMEST- RIEGO	
GA-101	10	1098768	318595	14	2	6	2	0	THREE FRIENDS OF NOSARA S.A.	DOMESTICO	
GA-102	20	1099596	318017	31	5	11	0	0	CREACIONES PACIFICA DE C.R.	DOMESTICO	
GA-103	90	1100389	317776	133	46	0	2	0	INST.LENGUAJE ESPAÑOLA DE C. R.	DOMESTICO	
GA-104	40	1099483	318296	35	3	0	0	0	BABY JOE & LITTLE CATALINA DE NOSARA S A	DOMEST- RIEGO	
GA-105	20	1099039	317815	8	9	15	0	0	KIVORACKS.A	DOMESTICO	
GA-106	25	1100554	318522	79	0	0	0	0	S.A.DECUSTO DIADEPROPIED ADES	DOMESTICO	
GA-107	30	1102849	318908	11	0	0	0	0	GLORIAE.JUAR EZNOGUERA	DOMEST- RIEGO	
GA-108	25	1096779	318766	38	0	0	0	0	QUINTA BLUE BEACH S.A.	DOMESTICO	
GA-109	20	1100625	317191	23	5	0	0	0	GARDNER Y ASOCIADOS S.A	DOMESTICO	
GA-11	30	1104229	318960	8	0	0	0	0	AYA	ABAST.PUBLIC O	
GA-110	20	1099189	317465	15	5	10	0	0	NUEVE PUNTO NUEVE GRADO NORTE S A	DOMESTICO	
GA-111	8	1099539	317145	8	3	5	0	0	OSTRA DEL MAR S A	DOMESTICO	
GA-113	18	1100024	317581	24	2	9	0	0	COSTA HOTEL CREACIONES S A	DOMESTICO	
GA-114	30	1101575	318018	27	13	22	0	0	SHOOK HOLDING CORPORATION	DOMESTICO	
GA-115	60	1098875	318968	20	4	19	1	0	TERRY WILLIAMS LEWIS	RIEGO	
GA-116	40	1102604	316719	14	0	0	0	0	INVERSINESJ OJUNGS.A	DOMESTICO	
GA-117	100	1102368	320368	238	15	0	10	0	VIENTOS DE KESNOSHA S A	DOMESTICO	
GA-118	40	1102780	317608	18	0	0	0	0	MIKEANDMARJ ORE??S	DOMESTICO	
GA-119	38	1102741	318829	10	0	0	0	0	PETERDAVIDK YBURG	DOMEST- RIEGO	
GA-12	31	1104129	318959	10	5	7	5	0	COMUNAL	ABAST.PUBLIC O	Si
GA-125	150	1104286	316919	50	102	119	1	0	STEPHEN MICHAEL RADL	DOMESTICO	
GA-126	105	1104131	316419	39	61	62	1	0	STEPHEN MICHAEL RADL	DOMESTICO	
GA-127	20	1099528	318581	19	0	0	0	0	ANDREW CAM ACHO	DOMEST- RIEGO	
GA-128	80	1099653	318676	20	0	0	0	0	ANDREWGERA RDCAMACHO	DOMEST- RIEGO	

<u>ID</u>	<u>Profundidad (m)</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>	<u>Z (msnm)</u>	<u>NE (m)</u>	<u>ND (m)</u>	<u>Caudal (l/s)</u>	<u>Transmisividad m²/día</u>	<u>Propietario</u>	<u>Uso</u>	<u>Prueba de Bombeo</u>
GA-130	100	1101430	317447	69	0	0	0	0	MURPHREYPR OPERTIESS.A.	DOMESTICO	
GA-131	33	1099175	318390	19	9	17	5	0	BABY JOE Y LITTLE CATALINA DE NOSARA S A	DOMEST- RIEGO	Si
GA-133	110	1103831	316659	40	5	57	1	0	HARMONY TIMES S.A.	DOMESTICO	
GA-134	30	1102428	319778	146	9	15	2	0	LACHATSS.A.	DOMESTICO	
GA-136	45	1100028	318776	20	0	0	0	0	LAPRINCESAD ENICOYAS.A.	DOMESTICO	
GA-137	100	1101839	317907	10	7	12	3	0	TRIPLE PPP LOS CORALES S.A.	DOMESTICO	
GA-138	73	1103920	317867	3	3	9	3	0	TRIPLE PPP LOS CORALES S.A.	DOMESTICO	
GA-139	121	1101779	318494	15	31	45	2	0	TRIPLE PPP LOS CORALES S.A.	DOMESTICO	
GA-14	38	1099628	318556	19	16	0	1	0	G.MILLS	DOMESTICO	
GA-140	20	1104444	319470	5	3	7	2	0	ELSA ALVARADO RODRIGUEZ	DOMEST- RIEGO	
GA-142	60	1104530	317706	19	0	0	0	0	AMIGOS FOUR DE GUIONES S.A	DOMESTICO	
GA-145	20	1099073	318355	18	0	0	0	0	J.J.WEBB PROPERTIES S.A.	DOMESTICO	
GA-146	150	1099678	319456	16	22	61	1	0	MAGIC WATERFALL LTDA.	DOMESTICO	
GA-149	120	1104701	317510	40	30	75	1	0	VIVA NOSARA S.A.	DOMEST- RIEGO	
GA-150	30	1104659	321804	5	0	0	0	0	FINCAMARIPO SADENOSARAV WV,S.A.	DOMEST- RIEGO	
GA-151	20	1100179	317656	75	6	12	0	0	E.P.C.CONSULTORES DE INTERCAMBIO S A	DOMESTICO	
GA-152	35	1104986	317060	69	6	11	1	0	VALLE SCOBRA S.A.	DOMEST- RIEGO	
GA-153	80	1104759	319480	1	1	12	2	0	F.E. FINCA ESTRELLA DE NOSARA S,A	DOMESTICO	
GA-154	30	1104049	319470	10	6	14	1	0	LINDA SUSAN BRISTOL	DOMESTICO	
GA-156	25	1101120	316738	7	0	0	0	0	VERANERADE LTROPICO	DOMEST- RIEGO	
GA-157	27	1100214	317805	95	0	0	0	0	GRUPODEDES ARROLLOBOMI KS.A	DOMEST- RIEGO	
GA-158	152	1100287	320397	36	21	33	2	0	MOGOTE COCO SOLO S.A.	DOMESTICO	
GA-159	30	1102121	316127	13	18	26	1	0	INVERSIONES RIO SERENO DE NOSARA	RIEG_DOM_TU R	
GA-161	60	1101344	321536	190	20	23	3	0	MARINA Y CLUB DE PESCA BAHIA GARZA S.A.	DOMESTICO	
GA-164	160	1101577	320408	181	71	92	1	0	CARIBEEAN LONGBRIDGE ROAD COMPANY S.A.	DOMESTICO	
GA-165	120	1102182	320330	229	60	93	2	0	LINDEROS DE LA COSTA NORTE S.A.	DOMESTICO	
GA-168	40	1104279	319160	7	2	0	0	10	AyA COMUNIDAD	ABAST.PUBLIC O	
GA-169	20	1098823	318045	15	8	18	1	0	BERNARDO SORIANO EVANGELISTA AND FAMI LYS.A.	DOMESTICO	

ID	Profundidad (m)	Y	X	Z (msnm)	NE (m)	ND (m)	Caudal (l/s)	Transmisividad m²/día	Propietario	Uso	Prueba de Bombeo
GA-170	100	1096879	318741	54	0	0	0	0	HAROLDDANN Y MORA LEDEZMA	DOMEST- RIEGO	
GA-171	20	1101250	316656	13	0	0	0	0	CONDOMINIOD ELASFLORES	DOMESTICO	
GA-172	205	1102588	323665	394	120	134	2	0	ALTA MIRA DE LOS ANGELES H.O.L.G.E.R.,S.A.	ABAST.PUBLIC O	
GA-175	125	1099874	320634	39	10	0	1	0	FLORENCIO MOLINA MOLINA	DOMESTICO	
GA-178	33	1105500	318791	41	0	0	0	0	ARCADIOJIRO NROSALES	DOMESTICO	
GA-18	30	1105080	318110	198	2	0	1	0	JAMES M RODERGEN	DOMESTICO	
GA-184	50	1100487	320532	76	21	0	1	0	JULIO MOLINA MOLINA	DOMESTICO	
GA-185	30	1100545	317306	51	6	24	3	0	EL ESPECTACULAR FLORECER DE LAS OLAS	DOMESTICO	
GA-186	18	1102498	319687	123	19	0	0	0	PADMASANAC ORPORATIONS.A	DOMESTICO	
GA-187	30	1100051	319682	36	4	10	2	0	WATER FRONT GROUP S.A	DOMEST- RIEGO	
GA-188	139	1099685	317706	29	0	0	0	0	CROOSSTEPIN GS.A	DOMESTICO	
GA-189	40	1101230	317207	38	1	32	1	0	VALUGA HERMANOS LTDA	DOMEST- RIEGO	
GA-19	29	1103281	316408	10	2	0	1	0	JAMES M RODERGEN	DOMESTICO	
GA-190	8	1101480	317707	60	0	0	0	0	Z- FOURDEVELEP MENTCORP.S.A	DOMEST- RIEGO	
GA-191	40	1104681	317309	16	0	0	0	0	MARIOEDUAR DOGANDOLA	DOMESTICO	
GA-192	80	1101944	318207	4	4	43	3	0	DOING THE MATH LTDA	DOMESTICO	
GA-193	30	1100460	316806	7	0	0	0	0	JR.NAMASTES EVENS.A.	DOMESTICO	
GA-196	20	1098978	318903	18	2	0	0	0	JARVIMAR DE NOSARA S.A	DOMESTICO	
GA-197	16	1103330	317358	13	5	9	2	0	A y A	DOMESTICO	
GA-198	30	1105101	322966	16	12	16	1	0	MISAEEL CARAVACA BRIONES	DOMEST- RIEGO	
GA-199	25	1104486	317129	12	0	0	0	0	RUFINORAMIR EZSALAS	DOMEST- RIEGO	
GA-2	45	1101930	317107	14	3	0	0	0	INVER.DENOS ARA	DOMESTICO	
GA-200	25	1099309	317505	20	6	18	1	0	ND TOOD INVERSIONES S.A	DOMESTICO	
GA-205	176	1100409	318288	120	119	120	5	0	ASOCIACION CIVICA DE NOSARA	DOMESTICO	
GA-206	30	1101350	316917	20	0	0	0	0	NOSARATROPI CALPARADISE S.A	DOMESTICO	
GA-210	150	1102690	321284	299	65	112	1	4	VIAJES SUAVES S.A	DOMESTICO	Si
GA-212	0	1101729	318368	11	0	0	0	0	TRANQUILHEA LINGS.A	DOMEST- RIEGO	

<u>ID</u>	<u>Profundidad</u> <u>(m)</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>	<u>Z</u> <u>(m.s.m.n)</u>	<u>NE (m)</u>	<u>ND (m)</u>	<u>Caudal</u> <u>(l/s)</u>	<u>Transmisividad</u> <u>m²/día</u>	<u>Propietario</u>	<u>Uso</u>	<u>Prueba de Bombeo</u>
GA-213	40	1103670	317739	38	2	5	2	0	CORINA GOMEZ CABALCETA	DOMEST- RIEGO	
GA-214	30	1101254	316927	20	13	23	2	0	ARDILLA ROJA S.A	DOMEST- RIEGO	
GA-215	125	1100436	317268	33	0	0	0	0	CASAFELIZNO SARALTD	DOMESTICO	
GA-216	30	1104024	320807	20	7	13	2	0	SALTAMONTES PEREZOSO S. A	RIEG_DOM_TUR	
GA-217	20	1105072	322376	5	8	15	1	0	STRUCTURED INVESTMENT S.A	DOMEST- RIEGO	
GA-219	0	1100361	317345	28	2	0	0	0	LAGARTAHOT ELNOSARAS.A	DOMESTICO	
GA-220	0	1103210	319717	18	2	0	0	0	ENRIQUEVEGA VILLALOBOS	DOMESTICO	
GA-222	0	1100514	321173	72	0	0	0	0	MARINAACLUB DEPESCABAHI AGARZAS.A.	RIEG_DOM_TUR	
GA-223	0	1103015	318038	10	0	0	0	0	Flor Alvarado Rodríguez	DOMEST- RIEGO	
GA-225	30	1102229	318158	9	2	20	1	1	THE SWEET COCONUT OF THE BEACH	DOMESTICO	Si
GA-227	30	1102897	320278	127	4	8	1	0	JOSE ALBIN SEQUEIRA VILLAGRA	DOMEST- RIEGO	
GA-229	30	1101680	318279	13	3	5	2	53	LA VIEJA DEL MAR LVM S.A	DOMESTICO	Si
GA-232	30	1104020	319171	15	9	19	1	0	FEDEL VARGAS ARAYA	DOMEST- RIEGO	
GA-235	20	1099574	317597	17	2	9	1	0	DLK NOSARA S.A	DOMEST- RIEGO	
GA-240	0	1101891	320613	199	131	0	0	12	FINCA ATARDE CERDENOSAR AFDNS.A	DOMESTICO	
GA-242	33	1102687	317801	14	3	0	0	0	CLASSICO REFUGIO S.A	DOMESTICO	
GA-245	15	1099066	317610	8	5	0	0	0	H H HILL HOUSE ON NOSARA S.A.	DOMESTICO	
GA-246	30	1104958	315159	9	0	0	8	680	BOCADENOS ARAPROPERTI ESZEROTHTREE #2	RIEG_DOM_TU R	Si
GA-250	18	1104966	315270	9	0	4	10	1581	BOCAS DE NOSARA PROPERTIES ZERO THREE LTDA.	RIEG_DOM_TU R	
GA-251	20	1104177	319375	9	5	8	2	0	FORWARD INVESTMENTS FWCR LTDA.	DOMEST- RIEGO	Si
GA-255	8	1099591	317401	10	2	0	0	0	CORPORACION ALBERGUE PLAYA GHUIONES S.A.	DOMEST- RIEGO	
GA-257	30	1102174	318055	9	2	5	3	28	THES WEET COCONUT OF THE BEACH S.A	DOMESTICO	Si
GA-263	25	1097333	318026	24	5	24	0	0	VISTAS PUNTA GUIONES LTDA.	DOMEST- RIEGO	
GA-264	30	1099743	317831	35	7	0	1	0	GRUPO OLAS BONITAS DE NOSARA S.A	DOMEST- RIEGO	
GA-265	19	1099625	317795	20	0	0	1	0	Roland Guiones Sa	Doméstico- Riego	
GA-269	50	1099015	318633	17	14	18	4	28	My Private Beach Property Holdings Ltda.	Doméstico- Riego	Si
GA-272	36	1099319	318005	19	7	36	1	2	Pangborn Mac Arthur And Associates, S.a.	Doméstico	Si

ID	Profundidad (m)	Y	X	Z (m.s.m.n)	NE (m)	ND (m)	Caudal (l/s)	Transmisividad m²/día	Propietario	Uso	Prueba de Bombeo
GA-273	30	1102260	316921	21	0	10	1	11	Reserva Biológica Nosara Ltda.	Doméstico	si
GA-274	80	1104780	317292	23	4	22	3	25	J.v.Thirteen Almendro Tropical XIII S.A	Doméstico	si
GA-275	18	1097603	318179	23	0	0	0	0	Corporación La Loma Nosara Guiones, S.A	Piezometro	
GA-277	156	1100714	317686	120	96	100	2	56	Corporación Colina De Los Pinos, S.A	Riego- Doméstico- Turismo	si
GA-28	35	1101830	317457	8	0	0	0	0	RODENGEN,S. A.	DOMESTICO	
GA-280	156	1100014	318281	65	101	128	1	286	Clearview Properties Limitada	Riego- Doméstico- Turismo	
GA-281	50	1098966	318681	16	16	24	3	7	My Private Beach Property Holdings, Ltda	Riego- Doméstico- Turismo	si
GA-282	125	1103349	317724	13	12	118	0	1	LR Venus Tres S.A.	Riego- Doméstico- Turismo	si
GA-283	40	1102343	318797	28	9	38	0	0	ASOCIACIÓN CÍVICA DE NOSARA	Doméstico	si
GA-284	0	1100063	318103	114	0	0	0	0	Pacific Breeze RealState Holdings, Ltda.	Riego- Doméstico- Turismo	
GA-297	60	1099427	317974	20	0	0	0	0	Kahakai Properties S.a.	Varios	
GA-3	35	1101830	317057	14	3	0	0	0	INVER.DE NOSARA	DOMESTICO	
GA-301	120	1103424	317803	22	0	0	0	0	3-101-653076, S.a.	Riego- Doméstico- Turismo	
GA-303	80	1097060	318762	105	0	0	0	0	3-102-547789, S.r.l.	Doméstico	
GA-307	150	1100304	321043	107	0	0	0	0	HACIENDA GUIONES REAL ESTATES HOLDINGS LIMITADA	Doméstico	
GA-33	40	1103787	319647	10	8	11	1	0	FLOR DEL CARMEN LOPEZ AVILES	DOMESTICO	
GA-43	33	1102828	319834	93	0	0	0	0	TERRYKENNE DY	DOMESTICO	
GA-44	18	1103380	317583	34	5	0	0	0	TRAUMLANDS. A.	DOMESTICO	
GA-45	22	1103455	317984	10	0	0	0	0	TRAUMLANDS. A.	VARIOS	
GA-47	30	1103728	320335	14	3	0	0	0	JAMES IK CARR.	DOMESTICO	
GA-50	72	1099228	319056	17	0	0	0	0	JAIMECOBB	DOMESTICO	
GA-52	76	1103328	320159	66	0	0	0	0	VIAJESSUAVE SS.A.	URBANISTICO	
GA-54	50	1103480	317609	56	0	0	0	0	RICARDJERRY BAKER	DOMESTICO	
GA-55	18	1102130	317457	12	3	0	0	130	ALLANBARRAN TESVENEGAS	INDUSTRIAL	si
GA-56	30	1101980	317067	18	4	0	10	0	ASOC.CIVICA DE NOSARA	URBANISTICO	
GA-57	20	1100004	317741	42	12	0	1	0	LOSREYESYA NGELESDEL SO L	DOMESTICO	
GA-58	26	1104630	318610	0	4	0	0	0	JOHN FRASER DONOVAN	TURISTICO	

<u>ID</u>	<u>Profundidad (m)</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>	<u>Z (m.s.n.m)</u>	<u>NE (m)</u>	<u>ND (m)</u>	<u>Caudal (l/s)</u>	<u>Transmisividad m²/día</u>	<u>Propietario</u>	<u>Uso</u>	<u>Prueba de Bombeo</u>
GA-59	30	1098929	317925	10	8	0	1	0	NORMA OKEEFE RUIZ	DOMESTICO	
GA-60	30	1098077	320180	105	7	0	1	0	TERRY LEWIS LEWIS	DOMESTICO	
GA-61	35	1099479	318005	24	10	0	0	0	PETER GILMAN	DOMESTICO	
GA-63	29	1103779	319059	14	3	0	0	0	AYA COMUNIDAD	ABAST.PUBLIC O	
GA-67	200	1101578	317215	44	122	122	0	n.i	ASOCIACION CIVICA DE NOSARA	ABAST.PUBLIC O	si
GA-69	127	1100262	320685	59	0	0	0	0	INVERSIONES RILA LIMITADA	DOMESTICO	
GA-70	23	1101553	319007	125	5	10	2	0	GINO GALO ANGULO	DOMESTICO	
GA-76	32	1102603	319708	107	13	23	2	0	AIDA LOPEZ CAMPOS	DOMESTICO	
GA-78	33	1099689	317931	57	1	7	1	85	OSTIONAL BEACH S.A.	DOMESTICO	
GA-81	30	1099954	318156	74	9	28	1	0	FISHERMEN PARADISE OF NOSARA	DOMEST- RIEGO	
GA-82	30	1100329	317956	138	16	29	0	0	LINDERO REAL S.A.	DOMEST- RIEGO	
GA-83	15	1101630	316757	19	4	6	1	0	SEA HOUSE S.A.	DOMESTICO	
GA-84	15	1101730	316957	21	5	8	0	0	PACIFIC DEVELOPMENT S.A.	DOMESTICO	
GA-85	20	1101660	317317	13	10	15	1	0	KATSI NOSARA S.A.	DOMEST- RIEGO	
GA-86	212	1102227	321459	315	110	0	2	0	SANTOSHA S.A.	DOMESTICO	
GA-87	30	1102450	317658	15	6	29	1	0	PACIFIC WAVES S.A.	DOMEST- RIEGO	
GA-89	18	1101480	316807	20	0	0	1	0	NOSARA VACACIONAL S.A.	DOMESTICO	
GA-91	30	1103779	319749	9	9	0	0	0	AGUSTIN URBINA LEAL	DOMESTICO	
GA-92	18	1102351	316307	47	8	11	0	0	DEKLAN S.A.	DOMESTICO	
GA-93	39	1102240	317147	21	9	0	4	0	AMIGOS DE NOSARAS.A.	DOMESTICO	
GA-94	16	1099379	317805	27	0	0	0	0	DESERT STONE S.A.	DOMESTICO	
GA-96	12	1100390	316956	8	3	0	0	0	RMB NOSARA S.A.	DOMESTICO	
GA-97	19	1102334	318618	13	15	0	1	0	WALTINGFORT HEBRIDGE, LTDA.	DOMESTICO	
GA-98	18	1102141	315982	19	6	11	3	0	INVERS.MYRTL EN NOSARA S. A	DOMESTICO	
GA-99	18	1098648	318375	15	3	9	0	0	PROPIEDADES FENIX S.A.	DOMESTICO	
ILG-126	0	1100014	317746	54	0	0	0	0	REYESYANGE LESDELSOLS.A.	DOMEST- RIEGO	
ILG-126	30	1100329	318556	55	11	0	0	0	LOS REYES Y ANGELES DEL SOL S.A,	DOMEST- RIEGO	

<u>ID</u>	<u>Profundidad (m)</u>	<u>Y</u>	<u>X</u>	<u>Z (m.s.n.m)</u>	<u>NE (m)</u>	<u>ND (m)</u>	<u>Caudal (l/s)</u>	<u>Transmisividad m²/día</u>	<u>Propietario</u>	<u>Uso</u>	<u>Prueba de Bombeo</u>
ILG-159	30	1100780	316531	5	5	13	5	0	COMPAÑÍA TELPLAYASDE NOSAR	TURISTICO	
ILG-383	0	1099728	318456	22	0	0	0	0	VILLA ARDILLA SS.A	DOMEST- RIEGO	
ILG-707	0	1104079	318709	5	0	0	0	0	AGNELLDENO SARAS.A.	TURISTICO	

Fuente: (SEVARA, 2017)

3.2. Registro de fuentes MINAE

3.2.1. Usuarios

La mayoría de los usuarios registrados en la base de datos del MINAE corresponden a empresas privadas para un total de 76 usuarios privados. Sin embargo; destacan las ASADAS con 20 concesiones, 5 concesiones para asociaciones y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados con 3 concesiones. (SENARA, 2017)

3.2.2. Ubicación

En la Figura 7, se puede observar la ubicación de las concesiones en el área de estudio; existiendo un total de 104 concesiones registrados en la base de datos del MINAE, con un total de 102 pozos, 1 nacimiento y 1 río.

3.2.3. Tipo de fuente

Hay 104 concesiones registradas en total en los registros del MINAE de diferentes tipos, como se puede observar en el Gráfico 4. La mayoría de las concesiones registradas son para pozos, que corresponden a un 98% para pozos, seguidas por nacientes con un 1% y ríos con un 1%.

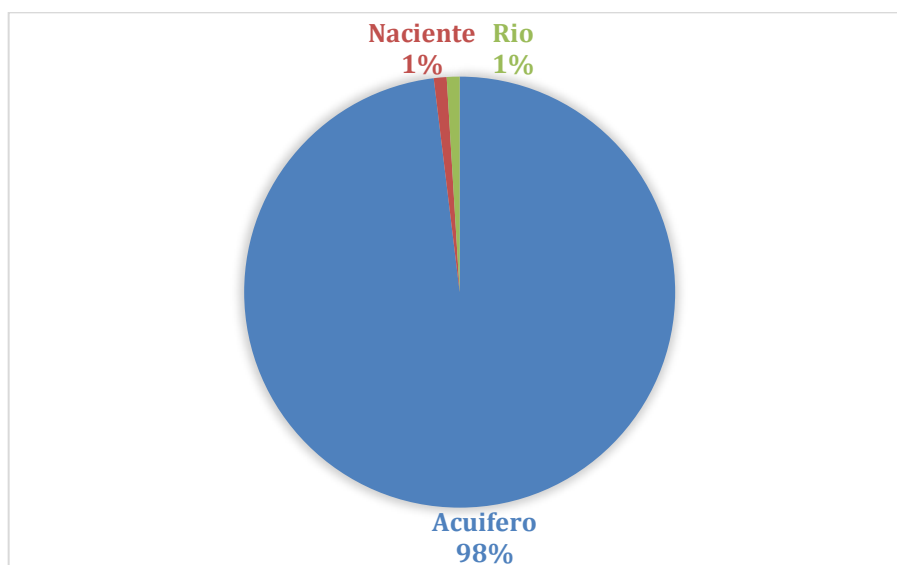


Gráfico 4. Concesiones en MINAE por tipo de explotación

3.2.4. Estado ante el MINAE

En el Gráfico 5, se puede observar el estado de la concesión según su estatus administrativo. La mayoría de las concesiones son solicitudes nuevas con un 30%, seguidas por concesiones otorgadas con un 25%, concesiones inscritas con un 21%, concesiones morosas por pago en canon con un 10%; concesiones archivadas sin más trámite 8%, 4% de concesiones están canceladas y un 2% están inscritas como concesiones artesanales.

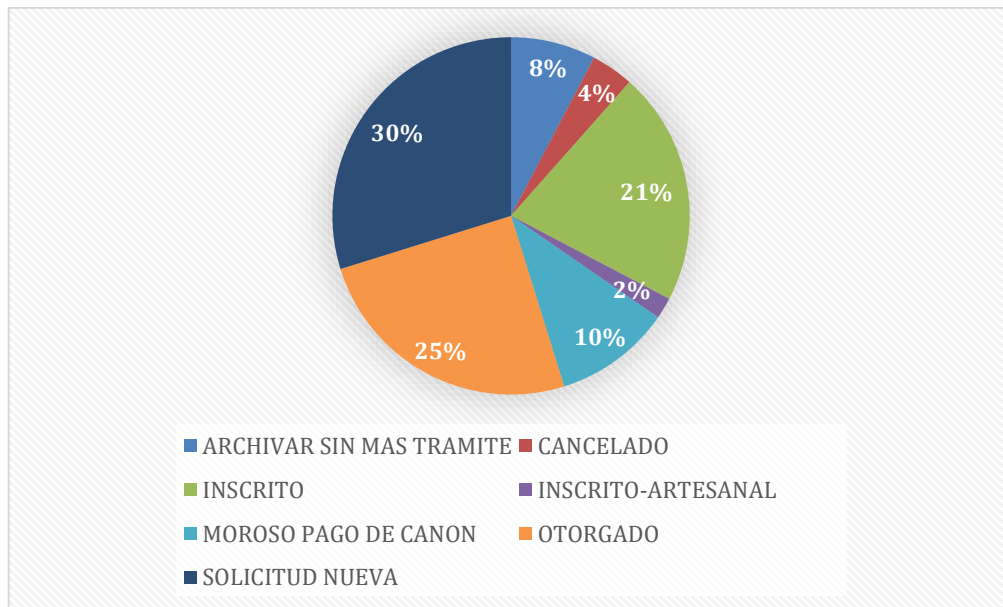


Gráfico 5. Concesiones MINAE según estado

3.2.5. Caudal

El caudal total registrado para todas las concesiones es de 53.95 l/s. La explotación tiene un promedio de 0.52 l/s, sin embargo; son muy variables ya que el mínimo de caudal explotado es de 0.02 l/s, llegando a un máximo de 10 l/s. Vale recalcar que 60% de las concesiones registra como caudal 0 l/s. Como se puede observar en el Gráfico 6, la mayoría de las concesiones que sí registran caudal, reportan una explotación entre 0-0.10 l/s.

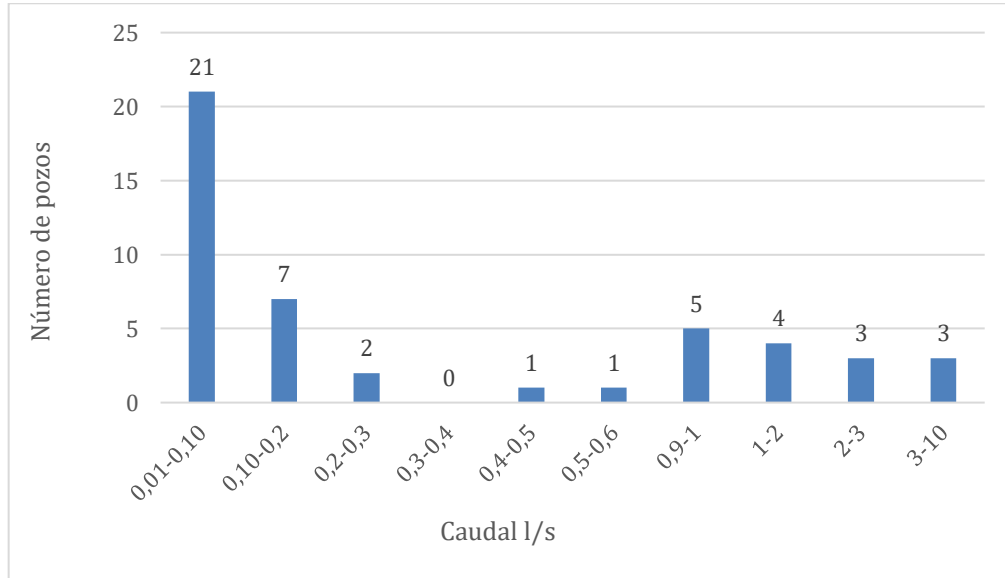


Gráfico 6. Caudales según la concesión de MINAE

3.2.6. Tipo de uso

Según los registros del MINAE y como se observa, la mayoría de las concesiones registran un uso para consumo humano que corresponde a un total de 33.07 l/s, lo que corresponde a un 61% del total de caudal solicitado en concesión, seguido por un 28% correspondiente a 15 l/s.

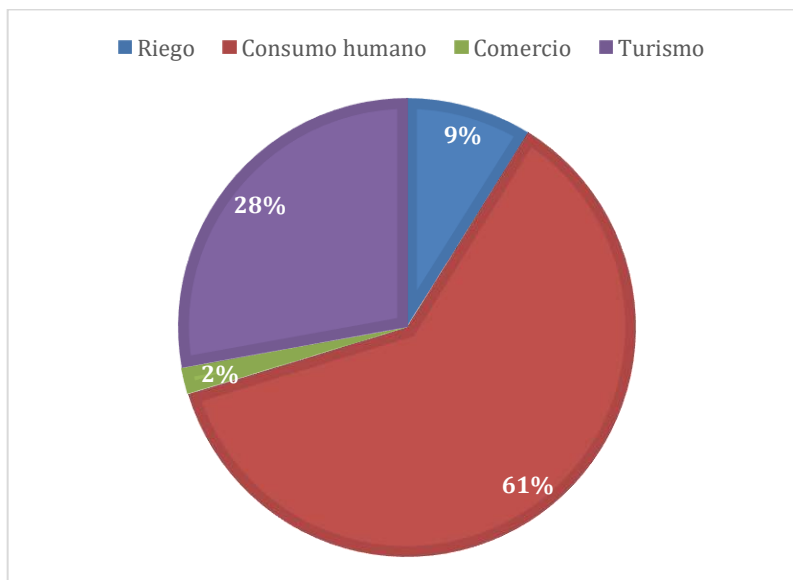


Gráfico 7. Tipo de uso según las concesiones del MINAE

3.2.7. ASADAS y AyA

Hay 22 concesiones otorgadas a ASADAS (ASADA Santa Marta, la ASADA de Nosara y la ASADA Nosara Centro, Arenales y alrededores) y al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). Todos los entes operadores tienen pozos registrados. Las ASADAS tiene un caudal concesionado total de 13.02 l/s mientras que el AyA posee 2.03 l/s concesionado. Vale recalcar que 16 concesiones de las 22 registradas no presenta caudal reportado.

3.2.8. Otros datos

La base de datos del MINAE no posee información sobre profundidad, litología, nivel estático, nivel dinámico, armado, prueba de bombeo para los pozos concesionados ni análisis de agua, estado de las captaciones. Vale recalcar que hay un total de 24 concesiones a un 1km de la costa. Estas concesiones son pozos en su totalidad. Las mismas poseen una vulnerabilidad a la intrusión salina debido a la cercanía con la costa. En

Figura 7 figura 7, se pueden observar las mismas. También hay que mencionar que se realizó la consulta al SINAC sobre una base de datos de concesiones, verbalmente se indicó que no existe tal base de datos. Se realizó una nota solicitando por escrito lo conversado sobre la existencia de esta base, se adjunta la nota de solicitud, pero desde esa fecha el SINAC no ha respondido.

3.2.1. Tabla integral de datos

En el cuadro 3, se puede observar los registros de concesiones realizados para la zona de análisis.

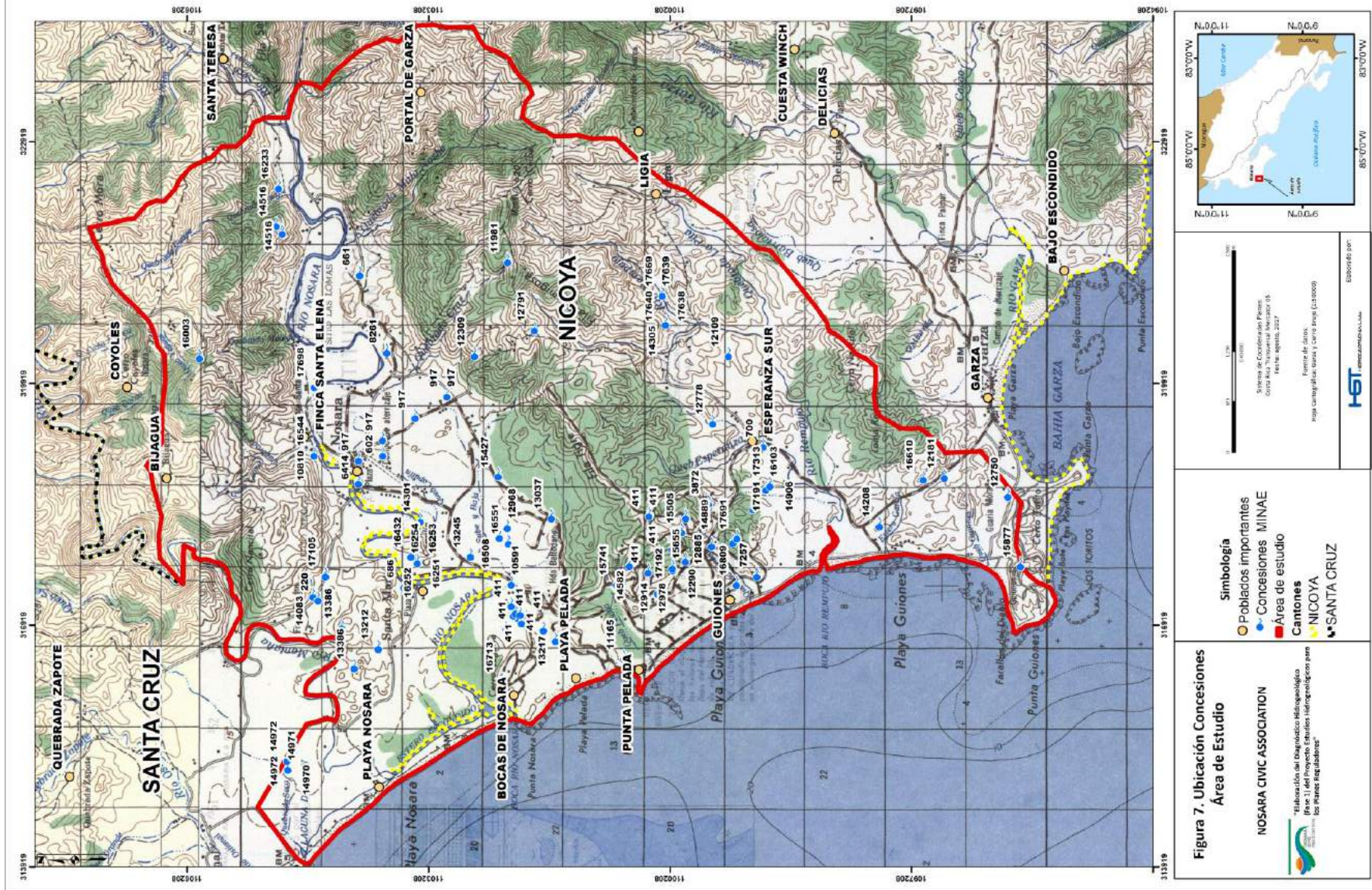


Figura 7. Ubicación de las concesiones registradas en MINAE (Fig.7 en el Atlas Cartográfico)

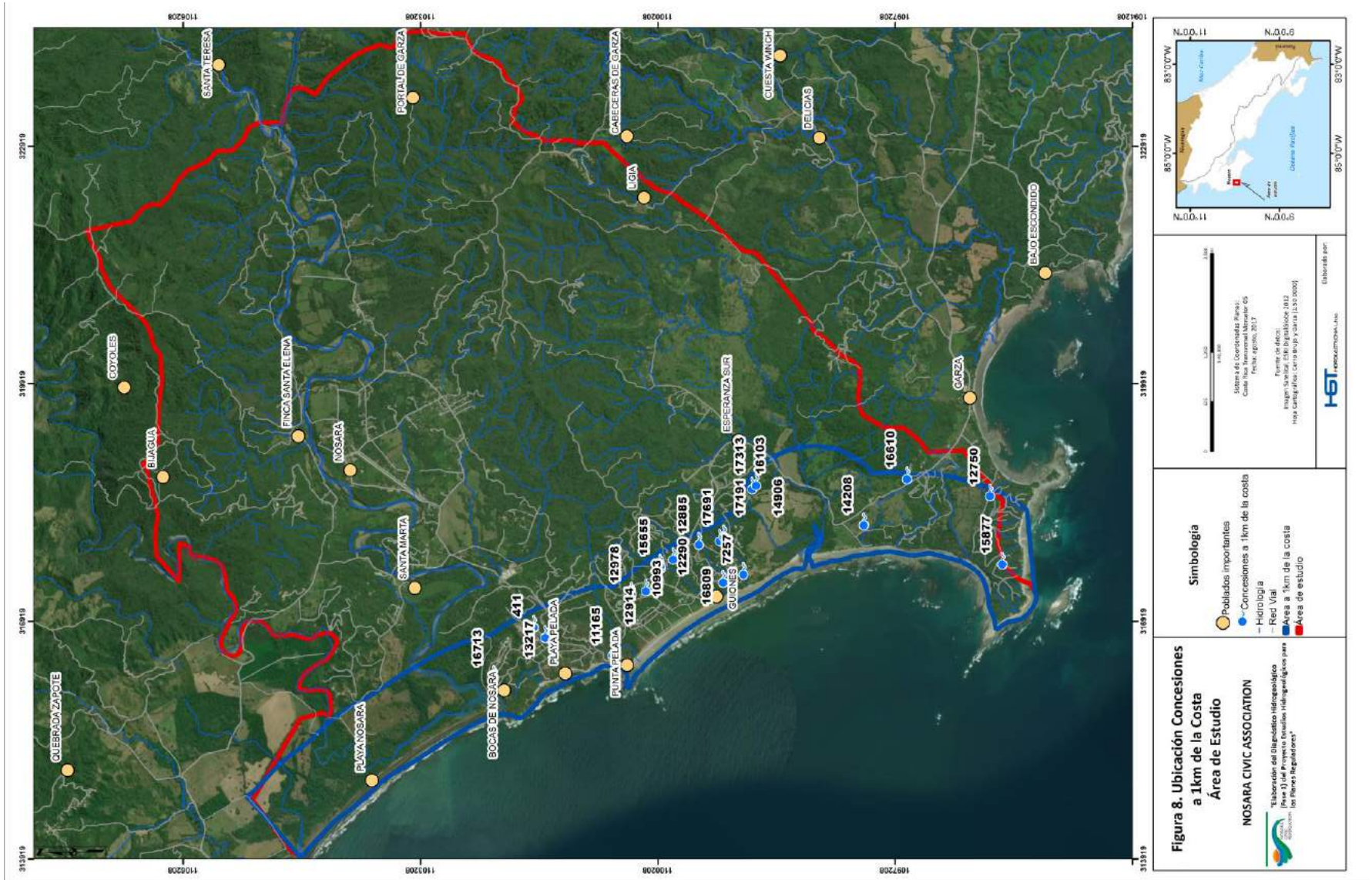


Figura 8. Concesiones a 1 km de la costa según MINAE (Fig.8 en el Atlas Cartográfico)

Cuadro 3. Concesiones Otorgadas por MINAE en el área de estudio.

Expediente	Fuente	Estado	Nombre	Caudal	X (CRTM05)	Y (CRTM05)	Altura (m.s.n.m)
10591	Pozo	OTORGADO	ROBERTO SUAREZ VILLALOBOS	0,10	317457	1102180	13
10810	Pozo	ARCHIVAR SIN MAS TRAMITE	JOHN EDWARD FRASER DONAVAN	0,00	319060	1104629	4
10993	Pozo	OTORGADO	REYES Y ANGELES DEL SOL S.A.	0,10	317746	1100014	55
11165	Pozo	ARCHIVAR SIN MAS TRAMITE	COMPAÑIA HOTEL PLAYAS DE NOSARA S.A.	0,00	316531	1100780	5
11981	Pozo	ARCHIVAR SIN MAS TRAMITE	SANTOSHA S.A	0,00	321459	1102227	315
12109	Pozo	OTORGADO	CONDOMINIO NOSARA FALLS EXCLUSIVE GATED COMUNITY	1,50	320296	1099482	36
12109	Pozo	OTORGADO	CONDOMINIO NOSARA FALLS EXCLUSIVE GATED COMUNITY	3,50	318390	1099175	19
12181	Pozo	OTORGADO	ASOCIACION DE VECINOS DE LA COMUNIDD ALMA VERDE	0,10	318783	1096799	38
12290	Pozo	OTORGADO	COSTA HOTEL CREACION S.A.	0,02	317635	1100170	65
12309	Naciente	OTORGADO	GERARDO ARRIETA GARCIA	0,02	320295	1102637	178

Expediente	Fuente	Estado	Nombre	Caudal	X (CRTM05)	Y (CRTM05)	Altura (m.s.n.m)
12750	Pozo	OTORGADO	PLAYA CUARZO DE GARZA LLC LTDA	0,00	318546	1096008	10
12778	Pozo	SOLICITUD NUEVA	STCR COSTA RICA TRUST AND ESCROW COMPANY LIMITED S.A.	0,00	319456	1099678	16
12791	Pozo	MOROSO PAGO DE CANON	FINCA ATARDECER NOSARA FDN SA	0,23	320613	1101891	199
12885	Pozo	OTORGADO	OSTIONAL BEACH S.A.	0,03	317931	1099689	57
12914	Pozo	OTORGADO	LAGARTA HOTEL NOSARA S.A.	0,14	317345	1100361	28
12968	Pozo	OTORGADO	DEL MAR ACADEMY, S.A.	0,10	318158	1102229	9
12978	Pozo	MOROSO PAGO DE CANON	EL ESPECTACULAR FLORECER DE LAS OLAS	0,02	317306	1100545	51
13037	Pozo	OTORGADO	LA VIEJA DEL MAR LVM S.A.	0,02	318279	1101680	13
13212	Pozo	OTORGADO	HARMONY TIMES S.A	0,08	316659	1103831	40
13217	Pozo	OTORGADO	SEAHOUSE S.A.	0,07	316757	1101630	19
13245	Pozo	MOROSO PAGO DE CANON	CLASICO REFUGIO S.A	0,02	317801	1102687	14
13386	Pozo	OTORGADO	SECRET GETAWAY, S.A.	0,03	316919	1104286	50
13386	Pozo	OTORGADO	SECRET GETAWAY, S.A.	0,03	316419	1104131	39
13683	Pozo	ARCHIVAR SIN MAS TRAMITE	BOCA DE NOSARA PROPERTIES ZERO THREE LIMITADA	0,00	315159	1104958	9

Expediente	Fuente	Estado	Nombre	Caudal	X (CRTM05)	Y (CRTM05)	Altura (m.s.n.m)
13818	Pozo	OTORGADO	BOCA DE NOSARA PROPERTIES ZERO THREE LIMITADA	7,56	315275	1104964	9
14083	Pozo	SOLICITUD NUEVA	JV THIRTEEN ALMENDRO TROPICAL X111 S.A.	0,00	317304	1104644	12
14110	Pozo	ARCHIVAR SIN MAS TRAMITE	MY PRIVATE BEACH PROPERTY HOLDINGS.	0,00	318633	1099015	17
14208	Pozo	SOLICITUD NUEVA	CORPORACION LA LOMA NOSARA GUIONES S.A	0,00	318179	1097603	23
14301	Agua Superficial	OTORGADO	FLOR ALVARADO RODRIGUEZ	1,25	318239	1103310	6
14305	Pozo	SOLICITUD NUEVA	INVERSIONES RILA LTDA	0,00	320685	1100262	59
14516	Pozo	ARCHIVAR SIN MAS TRAMITE	FINCA MARIPOSA DE NOSARA VWRV S.A	0,00	321811	1105027	25
14516	Pozo	ARCHIVAR SIN MAS TRAMITE	FINCA MARIPOSA DE NOSARA VWRV S.A	0,00	321911	1105102	37
14582	Pozo	OTORGADO	CORPORACION COLINA DE LOS PINOS S.A	0,06	317686	1100714	120
14889	Pozo	MOROSO PAGO DE CANON	CLEARVIEW PROPERTIES LIMITADA	0,05	318281	1100014	65

Expediente	Fuente	Estado	Nombre	Caudal	X (CRTM05)	Y (CRTM05)	Altura (m.s.n.m)
14970	Pozo	SOLICITUD NUEVA	BOCA DE NOSARA PROPERTIES ZERO ONCE LIMITADA	0,00	315270	1104966	9
14971	Pozo	SOLICITUD NUEVA	BOCA DE NOSARA PROPERTIES ZERO TWO LIMITADA	0,00	315159	1104958	9
14972	Pozo	SOLICITUD NUEVA	BOCA DE NOSARA PROPERTIES ZERO THREE LIMITADA	0,00	315159	1104958	9
14972	Pozo	SOLICITUD NUEVA	BOCA DE NOSARA PROPERTIES ZERO THREE LIMITADA	0,00	315270	1104966	9
15346	Pozo	OTORGADO	LR VENUS W TRES S.A.	0,07	317724	1103349	13
15427	Pozo	MOROSO PAGO DE CANON	ASOCIACION CIVICA DE NOSARA	0,03	318797	1102343	28
15505	Pozo	MOROSO PAGO DE CANON	PACIFIC BREEZE REAL STATE HOLDINGS LTDA	0,05	318103	1100063	114
15655	Pozo	MOROSO PAGO DE CANON	JOSEPH EDWARD GIBBONS	0,05	317656	1100179	75
15741	Pozo	SOLICITUD NUEVA	GRINGOS BAILARINES S.A	0,00	317457	1100873	103
15877	Pozo	SOLICITUD NUEVA	AGUILA MADRE DE PLAYA GARZA SRL	0,00	317684	1095853	24

Expediente	Fuente	Estado	Nombre	Caudal	X (CRTM05)	Y (CRTM05)	Altura (m.s.n.m)
16003	Pozo	SOLICITUD NUEVA	DESARROLLO RANCHO MAR AZUL NOSARA LTDA	0,00	320266	1106054	288
16233	Pozo	OTORGADO	STRUCTURED INVESTMENT SICR S.A.	1,49	322376	1105072	5
16250	Pozo	SOLICITUD NUEVA	3-101-564430 S.A	0,00	317724	1103349	13
16251	Pozo	SOLICITUD NUEVA	3-101-652538 S.A.	0,00	317724	1103349	13
16252	Pozo	SOLICITUD NUEVA	3-101-653076 S.A	0,00	317724	1103349	13
16253	Pozo	SOLICITUD NUEVA	STARK UND WILDEN S.A	0,00	317724	1103349	13
16254	Pozo	SOLICITUD NUEVA	LR MARTE W CUATRO S.A	0,00	317724	1103349	13
16327	Pozo	SOLICITUD NUEVA	KAHAKAI PROPERTIES S.A.	0,00	317974	1099427	20
16432	Pozo	ARCHIVAR SIN MAS TRAMITE	3-101-653076 S.A	0,00	317804	1103424	22
16508	Pozo	SOLICITUD NUEVA	EMERGING GLOBE GROUP S.A.	0,00	318038	1102330	10

Expediente	Fuente	Estado	Nombre	Caudal	X (CRTM05)	Y (CRTM05)	Altura (m.s.n.m)
16544	Pozo	SOLICITUD NUEVA	JOHN EDWARD FRASER DONOVAN	0,00	319060	1104629	4
16551	Pozo	INSCRITO- ARTESANAL	EMERGING GLOBE GROUP S.A.	0,02	317967	1102217	10
16610	Pozo	OTORGADO	3-102-547789 SRL	0,05	318762	1097060	105
16713	Pozo	SOLICITUD NUEVA	CERRO LAGARTA LTDA.	0,00	316250	1102283	41
16809	Pozo	SOLICITUD NUEVA	DAYBREAK IN GUIONES LLC SRL	0,00	317452	1099382	20
16994	Pozo	SOLICITUD NUEVA	HACIENDA GUIONES REAL ESTATE HOLDINGS, LIMITADA	0,00	321043	1100304	107
17191	Pozo	SOLICITUD NUEVA	LONELY PEOPLE PROPERTY HOLDINGS SRL	0,00	318681	1098966	16
17192	Pozo	SOLICITUD NUEVA	CADEJO GREENHAW LIMITADA	0,00	317896	1100179	108
17313	Pozo	SOLICITUD NUEVA	BURMAN ZUCK HOLDINGS LIMITADA	0,00	318681	1098966	16
17638	Pozo	SOLICITUD NUEVA	HACIENDA GUIONES REAL ESTATE HOLDINGS, LIMITADA	0,00	321043	1100304	107

Expediente	Fuente	Estado	Nombre	Caudal	X (CRTM05)	Y (CRTM05)	Altura (m.s.n.m)
17639	Pozo	SOLICITUD NUEVA	HACIENDA GUIONES REAL ESTATE HOLDINGS, LIMITADA	0,00	321043	1100304	107
17640	Pozo	SOLICITUD NUEVA	HACIENDA GUIONES REAL ESTATE HOLDINGS, LIMITADA	0,00	321043	1100304	107
17669	Pozo	SOLICITUD NUEVA	HACIENDA GUIONES REAL ESTATE HOLDINGS, LIMITADA	0,00	321043	1100304	107
17691	Pozo	SOLICITUD NUEVA	CASA OCEANO SOUTH POINT LTDA	0,00	318028	1099377	20
17698	Pozo	SOLICITUD NUEVA	CECILIA ESTRELLA RUIZ AVILES	0,00	319910	1104629	3
220	Río	INSCRITO	ASADA SANTA MARTA	0,00	317259	1104581	12
3872	Pozo	CANCELADO	VILLA ARDILLAS S.A.	0,00	318456	1099728	22
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	319160	1104279	7
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	317027	1101990	20
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	317082	1102070	20
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	316887	1101779	19
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	317045	1102102	11
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	317071	1102155	20
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	317097	1102127	20
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	317188	1102178	20

Expediente	Fuente	Estado	Nombre	Caudal	X (CRTM05)	Y (CRTM05)	Altura (m.s.n.m)
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	318320	1100461	134
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	318306	1100469	124
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	317850	1100654	131
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	317605	1100479	98
5194	Pozo	CANCELADO	ASOC. CIVICA DE NOSARA	0,00	317027	1101990	20
5194	Pozo	CANCELADO	ASOC. CIVICA DE NOSARA	0,00	316977	1102050	20
5194	Pozo	CANCELADO	ASOC. CIVICA DE NOSARA	0,00	317082	1102070	19
602	Río	OTORGADO	AyA	0,00	319059	1103779	14
6414	Pozo	OTORGADO	AGNELL DE NOSARA S.A.	0,23	318709	1104079	5
661	Río	INSCRITO	AyA	0,00	321296	1104061	18
686	Río	INSCRITO	AyA	2,03	317423	1103514	11
700	Río	INSCRITO	ESPERANZA SUR	1,56	319166	1099052	54
7257	Pozo	MOROSO PAGO DE CANON	ILO JIM S.A	0,50	317555	1099129	10
917	Río	INSCRITO	ASADA NOSARA CENTRO, ARENALES Y ALREDEDORES	2,77	318998	1104078	10
917	Río	INSCRITO	ASADA NOSARA CENTRO, ARENALES Y ALREDEDORES	2,16	319249	1103780	18
917	Río	INSCRITO	ASADA NOSARA CENTRO, ARENALES Y ALREDEDORES	3,69	319527	1103374	11

Expediente	Fuente	Estado	Nombre	Caudal	X (CRTM05)	Y (CRTM05)	Altura (m.s.n.m)
917	Río	INSCRITO	ASADA NOSARA CENTRO, ARENALES Y ALREDEDORES	1,80	319793	1102973	30
917	Río	INSCRITO	ASADA NOSARA CENTRO, ARENALES Y ALREDEDORES	2,60	319792	1102977	30

Fuente: (Dirección de Aguas, 2017)

Cuadro 4. Concesiones Otorgadas por MINAE en nacientes

Expediente	Fuente	Estado	Nombre	Caudal (l/s)	X (CRTM05)	Y (CRTM05)	Altura (m.s.n.m)
12309	Nacimiento	OTORGADO	GERARDO ARRIETA GARCÍA	0,02	320295	110263	178

Fuente: (Dirección de Aguas, 2017)

Cuadro 5. Concesiones Otorgadas por MINAE a ASADAS y al AyA.

Expediente	Fuente	Estado	Nombre	Caudal	X (CRTM05)	Y (CRTM05)	Altura (m.s.n.m)
3872	Pozo	CANCELADO	VILLA ARDILLAS S.A.	0,00	318456	1099728	22
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	319160	1104279	7
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	317027	1101990	20
220	Río	INSCRITO	ASADA SANTA MARTA	0,00	317259	1104581	12
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	317082	1102070	19
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	316887	1101779	11
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	317045	1102102	20
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	317071	1102155	20
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	317097	1102127	20
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	317188	1102178	20
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	318320	1100461	134
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	318306	1100469	124
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	317850	1100654	131
411	Río	INSCRITO	ASADA DE NOSARA	0,00	317605	1100479	98
5194	Pozo	CANCELADO	ASOC. CIVICA DE NOSARA	0,00	317027	1101990	20
5194	Pozo	CANCELADO	ASOC. CIVICA DE NOSARA	0,00	316977	1102050	19
5194	Pozo	CANCELADO	ASOC. CIVICA DE NOSARA	0,00	317082	1102070	14

Expediente	Fuente	Estado	Nombre	Caudal	X (CRTM05)	Y (CRTM05)	Altura (m.s.n.m)
6414	Pozo	OTORGADO	AGNELL DE NOSARA S.A.	0,23	318709	1104079	5
661	Río	INSCRITO	AyA	0,00	321296	1104061	18
686	Río	INSCRITO	AyA	2,03	317423	1103514	11
700	Río	INSCRITO	ESPERANZA SUR	1,56	319166	1099052	54
7257	Pozo	MOROSO PAGO DE CANON	ILO JIM S.A	0,50	317555	1099129	10
602	Río	OTORGADO	AyA	0,00	319059	1103779	14
917	Río	INSCRITO	ASADA NOSARA CENTRO, ARENALES Y ALREDEDORES	2,77	318998	1104078	10
917	Río	INSCRITO	ASADA NOSARA CENTRO, ARENALES Y ALREDEDORES	2,16	319249	1103780	18
917	Río	INSCRITO	ASADA NOSARA CENTRO, ARENALES Y ALREDEDORES	3,69	319527	1103374	11
917	Río	INSCRITO	ASADA NOSARA CENTRO, ARENALES Y ALREDEDORES	1,80	319793	1102973	30
917	Río	INSCRITO	ASADA NOSARA CENTRO, ARENALES Y ALREDEDORES	2,60	319792	1102977	30

Fuente: (Dirección de Aguas, 2017)

4. INFORMACIÓN HIDROGEOLÓGICA

4.1. Geología

4.1.1. Geología regional

En la zona de estudio se cuenta regionalmente con un mapeo geológico detallado, esto a partir de la cartografía geológica 1:50 000 de la Península de Nicoya realizada por Denyer et al. (2013). Este atlas geológico se basa en distintas fuentes de información como lo son tesis de licenciatura, maestría y doctorado en geología, trabajos de campañas geológicas, informes del curso de Geología de Campo II de la UCR y artículos publicados de varios autores (ver mapa geológico regional). Por lo cual se usará como referencia bibliográfica para la construcción de la geología regional.

Estratigráficamente hablando la zona posee rocas de origen ígneo y en su mayoría, rocas sedimentarias. Temporalmente se abarca un periodo que inicia en Cretácico y termina con depósitos recientes. Como se observa en la Figura 9 la columna estratigráfica de la Cuenca Samara-Cabo Blanco, definida por Astorga (1987) se puede observar la relación entre las diferentes formaciones rocosas.

El área de investigación ha sido dividida en las siguientes formaciones:

4.1.1.1. Complejo de Nicoya.

Después de Dengo (1962) se utiliza el nombre de Complejo de Nicoya para describir a esta unidad geológica, que se refiere a rocas ígneas y sedimentarias intensamente tectonizadas, que en forma general son las rocas más antiguas que afloran en la Península de Nicoya, y que fue redefinida por parte de Kuijpers (1979) litológicamente hablando. Denyer et al (2013) describen dicha unidad como una secuencia de afinidad oceánica, compuesta por rocas volcánicas, intrusivas, y radiolaritas que conforman el basamento regional, y son parte de una secuencia ígnea parte de un evento magmático que abarco la región Caribe como resultado de la influencia de un punto caliente. Alvarado y Denyer (1998) catalogan al

Complejo de Nicoya como una serie de basaltos, brechas, diques, con intrusiones de peridotitas, gabros y plagiogranitos.

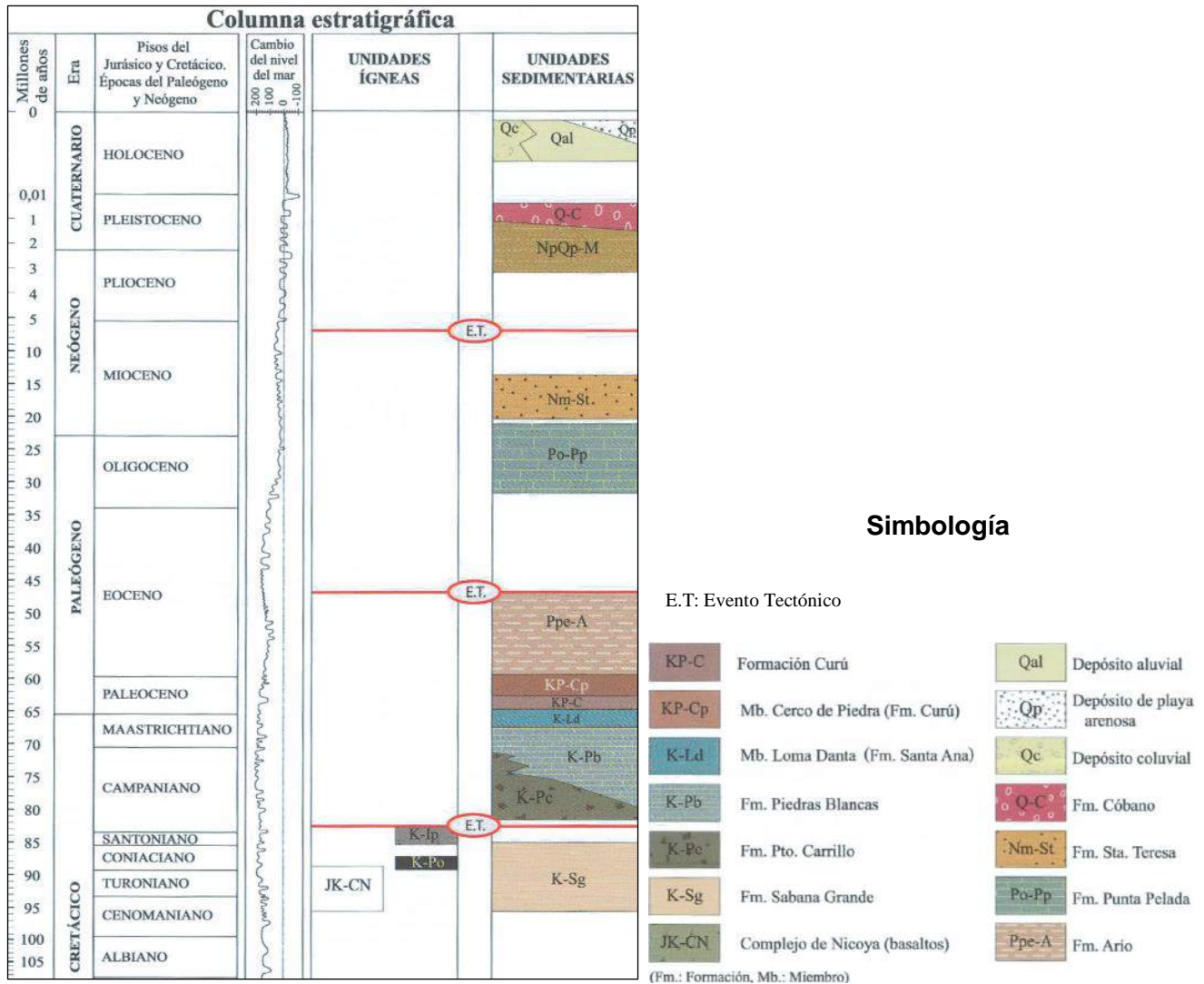


Figura 9. Columna estratigráfica regional. (Tomado de Denyer et al, 2013).

En esta zona se divide en dos unidades tectonoestratigráficas según Kuijpers (1979):

- Unidad Matapalo: conformada por basaltos y otras rocas sedimentarias e ígneas asociadas (Astorga, 1987). Su edad es de Jurásico Inferior – Cretácico Inferior.
- Unidad Esperanza: constituida también por basaltos y otras rocas sedimentarias. según la recopilación de dataciones realizada por Alvarado et al (1992) las edades

varían entre 72.5 y 30 Ma., un rango que corresponde con el Cretácico Superior – Terciario.

Las rocas de esta unidad son sobreyacidas inconformemente por las formaciones Loma Chumico, Brechas Puerto Carrillo y Sabana Grande.

4.1.1.2. Miembro Loma Danta.

Está definida como horizonte de sedimentos calcáreos de origen turbidítico. Su nombre se debe a los afloramientos del cerro Loma Danta.

La base está compuesta por 10 metros de areniscas medias gris verdoso calcáreas, con una secuencia de 2 a 5 metros de calizas masivas con lentes de calcarenitas con presencia de corales y rudistas (Denyer et al, 2013).

Se calcula un espesor máximo, aunque los afloramientos no tienen espesores constantes, por lo general los afloramientos son de calidad regular y muchos se restringen a bloques o relictos en la cima de cerros y lomas.

Sobreyace al miembro San Buenaventura y está sobreyacido por la Formación Curú y la Formación Descartes. Su edad se estima para el Maastrichtiano Superior al Paleoceno (Denyer et al, 2013).

4.1.1.3. Formación Sabana Grande.

La formación fue definida por Dengo (1962), para caracterizar unidades de roca compuestas fundamentalmente por lutitas silíceas. Baumgartner et al (1984) la asciende a Grupo Sabana Grande, definiendo como estratotipo el área de los alrededores del poblado de Sabana Grande al NW de Nicoya.

Astorga (1987) redefine la Formación Sabana Grande a partir de un estratotipo alrededor del poblado de Sabana Grande y Flores (2003) propone el Cerro Jesús como neoestratotipo. La unidad está compuesta sobre todo por lutitas silíceas, calcilutitas parcialmente silíceas e intercalaciones de areniscas medias y finas ligeramente calcáreas, el espesor máximo

observado es de 180 metros aproximadamente, la secuencia presenta una estratificación de decimétrica a centimétrica, los estratos son planos continuos, de geometría tabular, leve a medianamente plegados (Denyer et al, 2013).

Su edad está entre el Albiano al Maastrichtiano Medio/Superior, y sobreyace inconformemente los basaltos del Complejo de Nicoya, además presenta un contacto lateral con la Formación Brechas Puerto Carrillo (Astorga, 1987).

4.1.1.4. Formación Piedras Blancas.

Corresponde con sedimentos hemipelágicos ricos en globotruncanas del Cretácico Superior, el estratotipo que propone Flores et al. (2003) es un corte de la carretera entre los poblados de Uvita y Guaría, en la parte alta del cerro Piedras Blancas.

Esta unidad está compuesta por calcilutitas blancuzcas y rojizas con intercalaciones de areniscas medias a finas rojas y grises carbonatadas y ligeramente silíceas, se observa al microscopio foraminíferos globotruncanas. El espesor máximo es de 35 metros, con estratificaciones centimétricas a decimétricas, los estratos son planos y continuos, los cuales se muestran de leve a moderadamente plegados.

Según dataciones realizadas por Flores (2003) muestran una fauna de foraminíferos plantónicos asignada para el Campaniano Superior hasta el Maastrichtiano Inferior basal. Este mismo autor menciona que la Formación Piedras Blancas sobreyace inconformemente a las rocas del Complejo de Nicoya, en otras localidades sobreyace de forma discontinua la Formación Sabana Grande, por medio de un contacto erosivo.

4.1.1.5. Formación Curú.

Esta unidad fue denominada por Astorga (1987). Corresponde con una secuencia de origen turbidítico, depositada durante el Maastrichtiano al Paleoceno Inferior. La descripción que de este autor sobre esta unidad es de una mezcla de arena y lodo en proporciones variables y algo de gravas. Son de origen volcanoclástico básico (basáltico), caracterizado por la

abundancia de feldespatos, la carencia casi total de cuarzos, la abundancia de magnetita y minerales ferromagnésicos. Hacia el techo la composición cambia paulatinamente de basáltica a andesítica.

Es característica la presencia de estratos métricos de arenas gruesas oscuras con intercalaciones de estratos decimétricos de areniscas y lutitas, al mismo tiempo, la meteorización esferoidal resulta muy frecuente en los estratos de arenas gruesas (Denyer et al., 2013). La edad estimada para esta formación es del Maastrichtiano Superior al Paleoceno Superior según Astorga (1987).

4.1.1.6. Formación Arío.

Esta formación también fue designada por Astorga (1987), para referirse a los depósitos de turbiditas de grano fino e intercalaciones de sedimentos pelágicos. Las turbiditas calcilutíticas, pelitas negras y depósitos canalizados, de dos tipos, grava basáltica y areniscas bioclásticas con macroforaminíferos son la descripción macro de esta unidad. Astorga así mismo detalla que los depósitos de corrientes de turbidez de baja concentración son de color gris cuando están sanas y blanco amarillento cuando están alteradas, los depósitos de flujos turbulentos bioclásticos de alta concentración son calcarenitas de grano medio a grueso, con estratificaciones gruesas, mal seleccionadas, ricas en macroforaminíferos; por otro lado, los flujos turbulentos areno gravosos corresponden con rellenos de canal.

Su edad según dataciones hechas por Astorga, a partir de la secuencia estratigráfica, sitúan esta formación en el Paleoceno Superior-Eoceno Superior. Ya que sobreyace concordantemente a la Formación Curú y es sobreyacida en discordancia angular por los depósitos carbonatados neríticos del Eoceno Superior y Oligoceno Superior (Formación Punta Pelada).

4.1.1.7. Formación Punta Pelada.

Se usa esta nomenclatura para designar una secuencia de areniscas finas calcáreas, macizas, calcarenitas bioclásticas ricas en macroforaminíferos y equinodermos. La localidad tipo que define esta formación se localiza en punta Pelada y punta Nosara.

Dengo (1962) describe a estas rocas como areniscas finas, de color pardo con muchos fragmentos de bivalvos; calizas arenáceas clara, con abundantes foraminíferos y equinoideos; calcilutitas y areniscas y lutitas calcáreas de color gris. En Nosara se observan más de 40 metros de areniscas calcáreas y 60 metros de calcarenitas muy bioturbadas, 30 metros de arenisca calcárea y aproximadamente 50 metros de calcarenitas arenosas mal estratificadas. La edad que le asigna Dengo es aproximada al Oligoceno Superior basado en los fósiles.

4.1.1.8. Formación Santa Teresa.

Esta formación está constituida por sedimentos marinos someros de edad Mioceno Inferior (Mora, 1985), conocida anteriormente como Formación Carmen. Esta secuencia se describe como varias interestratificaciones de arenas finas y gruesas bien estratificadas y secuencias mal estratificadas con conglomerados líticos y calcáreos con moluscos, macroforaminíferos y algas coralígenas, en una secuencia de 80 metros con estratos de espesor variable, también presenta estratificación cruzada, festoneada y cruzada planar de gran ángulo.

Sobreyace con una discordancia angular a la Formación Arío y Fila de Cal, y como se ha mencionado autores como Mora utilizan el criterio fosilífero para datarlo al Mioceno Inferior.

4.1.1.9. Formación Cóbano.

Se designa con este nombre a los sedimentos de origen continental que afloran al W- NW del poblado de Cóbano. La descripción de estas rocas se menciona principalmente como depósitos de abanicos aluviales y terrazas conformadas por conglomerados, con clastos volcánicos del Complejo de Nicoya, pedernales rojos y amarillos, en una matriz arenosa o

arcillosa de colores rojizos, con espesores de hasta 5 metros aproximadamente (Denyer et al., 2013). La edad estimada de estos depósitos, según estos mismos autores, se sitúa entre el Plioceno e inicios del Pleistoceno, a partir de cálculos estratigráficos. Se encuentran sobreyaciendo al Fm. Montezuma.

4.1.1.10. Depósitos no consolidados del Cuaternario.

En la zona de estudio Denyer et al. (2013) distinguen depósitos aluviales, depósitos de playa arenosa y depósitos coluviales. Estas unidades se describen mejor en la geología local de este estudio.

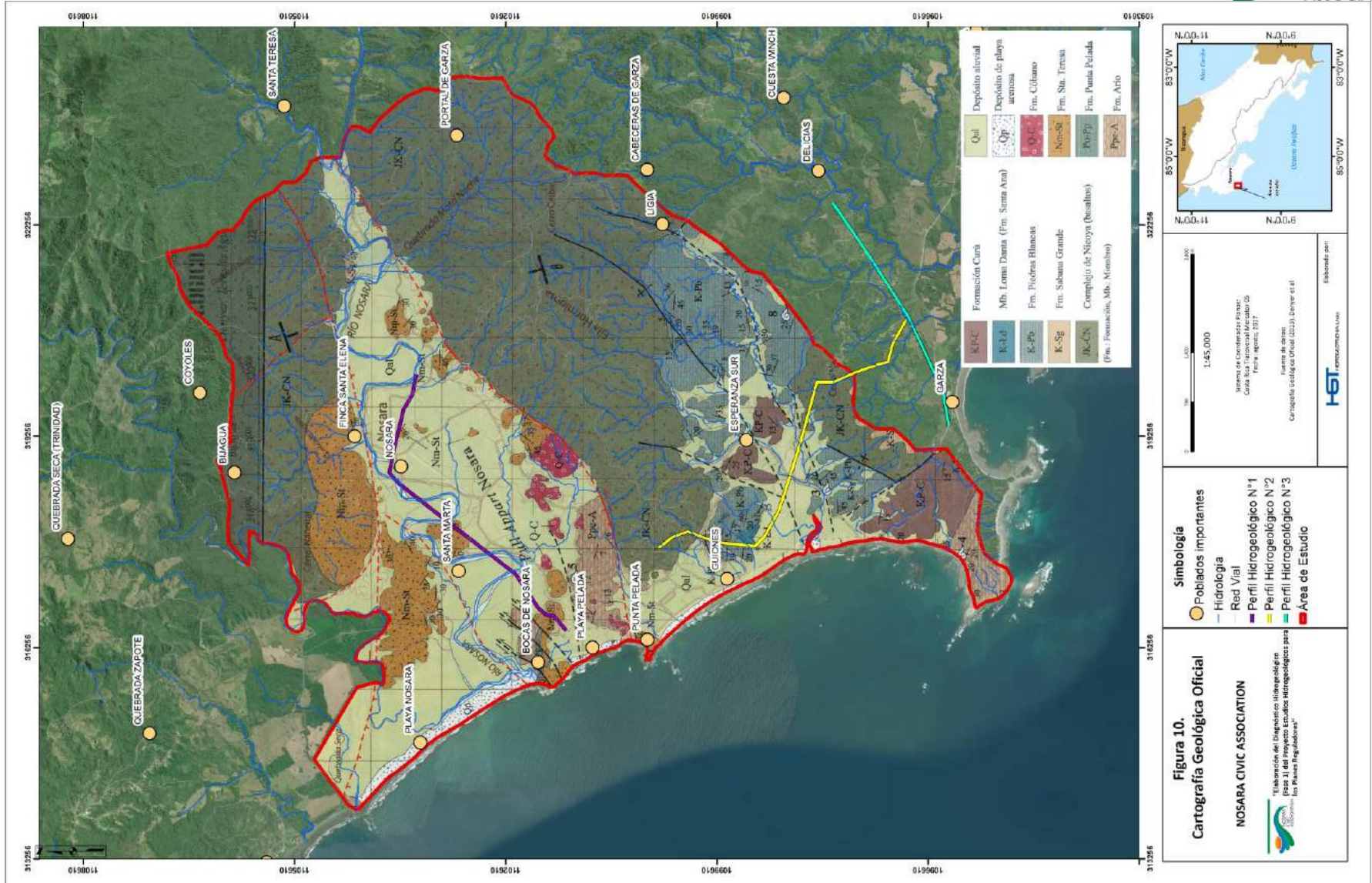


Figura 10. Mapa Regional de la Cartografía Geológica Oficial (Fig.9 en el Atlas Cartográfico)

4.1.2. Geología Local

Como se menciona en el documento de SENARA (2006), la zona de Nosara fue cartografiada en el sector S y SW por la campaña geológica de 1980 (Gutiérrez, Campos, Siu, Ávila y Pinilla). A partir de estas referencias se utilizó por SENARA, complementadas con las visitas de campo realizadas durante el levantamiento de información, se pretende unificar las unidades de estos autores, siempre a una escala adecuada, en este caso 1:10.000. No se presenta mapa local ya que no existe un documento como tal.

La columna estratigráfica se presenta en la Figura 9.

4.1.2.1. Unidad Basaltos.

Este tipo de rocas se presenta en casi toda la zona de Nosara, consiste en basaltos masivos de forma irregular, con una coloración negra a gris, lo cual corresponde con el Complejo de Nicoya según (Ávila et al, 1980, en SENARA 2006). Así mismo describe rocas con variaciones verduscas debido a la cloritización, además de patinas de manganeso y vetillas de zeolitas y calcita.

Estructuralmente se encuentra muy diaclasado e intruído por sills de composición también basáltica (Ávila et al., 1980: en SENARA, 2006). La meteorización de estos basaltos es elevada de tipo esferoidal. SENARA (2006) menciona que algunos autores no separan esta Unidad de la Unidad de conglomerados basálticos, debido a la dificultad de diferenciar las dos litologías por su grado de meteorización y milonitización. En este sentido y según las observaciones realizadas en el campo se concuerda con la imposibilidad de separar estas unidades mencionadas.

Los afloramientos permiten observar lentes silíceos, con presencia de jaspe y nódulos de pedernal. Los espesores inferidos por Ávila et al. (1980) mencionados en SENARA (2006), varían entre 100 y 200 metros respectivamente. SENARA (2006) comprobó que esta litología posee una permeabilidad aparentemente bastante alta en las zonas

de mayor meteorización y una permeabilidad aparentemente baja en las rocas más sanas, aunque presenten fracturas de tensión (permeabilidad secundaria).

SENARA (2006) establece que esta unidad está sobreyacida por la Unidad de Lutitas, por una serie turbidítica en la parte central y norte del área de estudio y por una unidad de areniscas.

4.1.2.2. Unidad Lutitas.

La unidad se identifica aflorando al norte del pueblo de Garza y en Lomas Rempujo (SENARA, 2006). Y fue definida por Ávila et al. (1980) como un pequeño lente de lutitas silíceas grises, mal estratificadas de alta dureza y con fractura concoide. Por medio de sección delgada se clasificó como una radiolarita arcillosa, mostrando variaciones hacia el techo de la secuencia a lutitas silíceas hasta areniscas calcáreas de color gris, con una buena estratificación (Ávila et al., 1980).

En SENARA (2006) las describe como rocas que presentan una alta meteorización y se encuentran sumamente tectonizadas. Algunos afloramientos muestran zonas muy fracturadas. Pinilla le otorga una edad de Maastrichtiano.

4.1.2.3. Unidad Calcilutitas.

Esta unidad aflora al norte y al NE de Playa Garza, formando pequeños cerros de acuerdo con la descripción de Ávila et al. (1980) mencionado en SENARA (2006). Consiste en lutitas de color café claro a gris verdosa cuando están sanas y café amarillento cuando están muy meteorizadas. Presentan patinas de manganeso y algunos óxidos de hierro. Las silicificaciones son ocasionales en la base, cruzadas por vetas de calcita. La fractura concoide es normal en esta Unidad (SENARA, 2006).

Los afloramientos de esta Unidad se muestran más tectonizados que las demás litologías aflorantes de la zona debido a diferencias de fragilidad entre rocas. También se puede observar pequeñas fallas las cuales no se les puede determinar el movimiento. Las fracturas tensionales también son comunes y al menos a nivel de

afloramiento no muestran direcciones preferenciales, con pocas excepciones (SENARA, 2006).

4.1.2.4. Unidad Serie Turbidítica.

Compuesta por interestratificaciones de areniscas y lutitas calcáreas. Esta secuencia muestra variaciones verticales de facies en toda el área de estudio. Ávila et al. (1980) en SENARA (2006) describe una capa de caliza de 20 a 40 cm de espesor que estaría estratigráficamente en la base de la serie Turbidítica, que aflora en la Quebrada Cacao al SE de la zona de estudio. Sin embargo, Ávila et al. (1980) en SENARA (2006) señala que la serie turbidítica muestra lentes de caliza de características muy similares a las descritas por otros autores, pero en distintos niveles estratigráficos.

La secuencia turbidítica continua con una capa de lutitas calcáreas de 10 a 20 cm de espesor según Ávila et al. (1980) en SENARA (2006). Forman estratos tabulares y ondulados, blandos y fisibles. Ávila et al. (1980) señala la presencia de fósiles de foraminíferos globotruncanas correspondientes al Cretácico Superior.

La secuencia continúa con intercalaciones de areniscas de color gris cuando están sanas y café meteorizadas (SENARA 2006). Estas areniscas tienen una permeabilidad aparente y porosidad bajas y muestran una estratificación plana ondulada. Esta unidad presenta un contacto por falla con el Complejo de Nicoya. Esta serie turbidítica corresponde con la Formación Curú definida por Astorga (1987) por similitudes litológicas y temporales.

4.1.2.5. Unidad Areniscas Masivas

Esta Unidad fue definida por Ávila et al. (1980), y corresponde con facies típicas de canales de sedimentación marina. Litológicamente consisten en facies de areniscas de grano grueso y algunas facies de conglomerados. La secuencia total de esta Unidad

es de más de 4 metros, con variaciones de cada una de las facies, según el tamaño de los clastos (SENARA, 2006).

Los fragmentos de rocas volcánicas y calcáreas son predominantes. Estas facies afloran según Ávila et al. (1980) “en la Quebrada Medina al E de la zona de estudio y podrían asociarse con facies de la Formación Curú” en SENARA (2006).

4.1.2.6. Unidad Calcilutitas Superiores.

Consisten en calcilutitas muy compactas de color gris verdoso. Presentan una buena estratificación con intercalaciones de arcilla de 2 a 3 cm. Las vetillas de calcita y óxidos de hierro son abundantes. La microfauna encontrada en esta Unidad le otorgó una edad Eoceno Temprano a Paleoceno (SENARA, 2006).

Esta Unidad aflora en Punta Garza y Punta Guiones, además al S de Hacienda Baltodano y Quebrada Peladas. El espesor de esta Unidad es de 560 m aproximadamente. Por sus similitudes litológicas podría asociarse con la Formación Calcilutitas Arío, aunque la similitud temporal no es completamente clara (SENARA, 2006).

4.1.2.7. Unidad de Depósitos Superficiales.

Corresponde con clastos redondeados a subredondeados, de fragmentos de basaltos, calcilutitas, jaspes, todos dentro de una matriz arcillosa. Constituye la cima estratigráfica de la zona de estudio, forman pequeños cerros y rellenan zonas de planicie (SENARA, 2006). Esta Unidad tiene un espesor de 5 metros, en el río Rempujo se puede observar la pseudoestratificación con gradación positiva. En el río Nosara se pueden observar pequeñas y delgadas islas de depositación, con clastos centimétricos redondeados, menciona este mismo autor.

4.1.3. Geomorfología

4.1.3.1. Geomorfología regional.

Este apartado se basa en los mapas realizados por Bergoeing et al. (1983) el cual describe el origen de las rocas del subsuelo (volcánico, sedimentario, intrusivo o metamórfico) y las formas superficiales producto de procesos erosivos, dominio fluvial, dominio volcánico o por geodinámica interna de manera general por la escala a la que realizó el mapa. Así mismo este capítulo se basa en la geomorfología regional de las descripciones realizadas por Astorga et al. (2009) en el Informe de Evaluación Ambiental Estratégica del Plan de Manejo Ostional, que de manera más sistemática planea una serie de unidades de geoformas. Este último documento menciona que desde un punto de vista regional la región de Guanacaste presenta varias unidades geomorfológicas regionales.

A continuación, un breve resumen de sobre las mismas, del norte al sur.

- ***Áreas Volcánicas del Pleistoceno (Meseta Ignimbrítica De Guanacaste).***

En la dirección del sudoeste de la Cordillera de Guanacaste, sigue el altiplano de la Meseta Ignimbrítica con un ancho intermedio de 20-30 km. Esta estructura geomorfológica con una altitud promedio de 90-120 msnm está formada por una secuencia de ignimbritas, flujos de lava, tobas y sedimentos volcanoclásticos con un espesor máximo de 500 m, formados dentro del periodo del Plioceno - Cuaternario.

La Formación Bagaces comprende la parte más antigua de la misma secuencia volcánica del Plioceno, mientras la Formación Liberia incluye productos de un flujo de pómez muy voluminoso del Cuaternario.

- ***Áreas Sedimentarias de Cuaternario (Valle Del Tempisque)***

La planicie del Valle de Tempisque, una depresión amplia de origen tectónico se ubica entre la Meseta Ignimbrítica en el noreste y la península de Nicoya en el sudoeste. Los límites laterales están formados por sistemas de fallas con un rumbo de noreste - sudoeste. El relleno sedimentario del Valle de Tempisque consiste en depósitos neríticos y terrestres no litificados con un espesor que varía entre 20 y 80m.

- ***Áreas Volcánicas del Cretácico (Penínsulas De Santa Elena y Nicoya)***

Las dos penínsulas de Santa Elena y Nicoya constituyen el denominado arco externo. Una gran parte de esta unidad morfotectónica está compuesta de rocas ofiolíticas del Complejo de Nicoya con una edad de Cretácico Medio a Eoceno. Se trata de basaltos almohadillados y macizos, intrusivos básicos y secuencias sedimentarias asociadas (Astorga, 1997). El área de estudio se presenta dentro de la parte costera oeste de la Península de Nicoya.

- ***Áreas Sedimentarias del Cretácico (Golfo De Nicoya)***

Comprende una depresión tectónica vinculada a la Cuenca Anterarco Tempisque (Astorga et al., 1991). En sus márgenes y su subsuelo presentan rocas del Complejo de Nicoya, recubiertas por la sucesión de rocas sedimentarias del Cretácico Superior – Paleógeno, que presentan un plegamiento importante, algunos de cuyos altos estructurales se manifiestan por medio de las islas del Golfo de Nicoya. Hacia el este, se presentan las serranías de Costa de Pájaros – Chomes y la meseta costera de Puntarenas hasta la desembocadura del Río Tárcoles.

4.1.3.2. Geomorfología Local.

Continuando con este levantamiento geomorfológico para el desarrollo de Índice de Fragilidad Ambiental del Refugio Nacional de Vida Silvestre Ostional, se amplió el detalle del cartografiado descrito por parte de Astorga et al. (2009), con una escala que permite la identificación de geoestructuras a un nivel idóneo para estos análisis territoriales.

Las unidades geomorfológicas locales se pueden describir como morfologías del terreno, relacionadas con aspectos depositacionales (ejemplo: sedimentación, arrastre), estructurales o tectónicos (ejemplo: fallamiento cortical a diferentes escalas, vulcanismo, diastrofismo, fenómenos ígneos), denudacionales (ejemplo: erosión, glaciación), que conforman el paisaje actual, o por lo general, a formas producto de un efecto combinado de todos ellos (Ramírez, 2008).

Las unidades geomorfológicas aquí descritas se encuentran en un marco de terreno comprendido desde la línea de costa pacífica, hasta una extensión de cinco kilómetros tierra adentro. La mayoría de estas unidades, están representadas por unidades geológicas jóvenes, otras están compuestas por productos no solo cuaternarios, sino también, de materiales provenientes de unidades geológicas más antiguas, de diferente edad y ambiente de formación.

En lo que sigue se presenta la descripción general de las diferentes unidades geomorfológicas identificadas para la región de estudio. Dado que algunas de las unidades geomorfológicas locales coinciden con unidades geológicas de formaciones superficiales, la descripción de estas últimas se suprime o bien se integra dentro de una unidad mayor, a fin de no caer en repeticiones innecesarias.

Cerros denudados: Son cerros, lomas, serranías, colinas y otras geoformas similares, que se caracterizan por presentar pendientes generalmente mayores a los 6° y por estar, en cierto grado, disectados

por ríos, los cuales poseen valles de diferente anchura y profundidad (valles intramontañosos). Se han categorizado en tres grupos principales: Cerros denudados de relieve alto o pronunciado, cerros denudados de relieve medio o moderado y cerros denudados de relieve bajo.

Cerros denudados de relieve alto o pronunciado: por lo general, poseen una forma elongada hasta chata, con cimas ligeramente planas y angostas, muchas veces se presentan en lomeríos, con pendientes altas, mayores que 30° , pudiendo terminar abruptamente en un acantilado (hacia la costa), o por otro lado, en un escarpe. Están altamente a moderadamente disectados por valles intramontañosos, que se caracterizan por ser muchas veces angostos y algunas veces bastante profundos, cuyos ríos presentan patrones de drenaje que ocasionalmente se encuentran influenciados por otros rasgos de tipo estructural. En algunas ocasiones, al pie de estos cerros se pueden observar depósitos coluviales. Estas formas pueden ser relacionadas con los cerros cercanos a la Fila Costeña (a unos 7 km de distancia de la costa), a las serranías de las penínsulas de Osa, Burica, Nicoya y Santa Elena, principalmente.

Cerros denudados de relieve medio o moderado: corrientemente, poseen una forma elongada hasta achatada, con cimas ligeramente planas y angostas, muchas veces se presentan en lomeríos, con pendientes moderadas, mayores que 10° y hasta los 30° , pudiendo terminar abruptamente en un escarpe o en un acantilado. Están disectados moderadamente por valles intramontañosos o cauces de ríos, los cuales son en ocasiones angostos y profundos, muchas veces la dirección de los cursos de agua responde a la influencia de otros

rasgos de tipo estructural. En algunas ocasiones, al pie de estos cerros se pueden observar depósitos coluviales. Buenos ejemplos se encuentran en el sector norte y central del área de estudio.

Cerros desnudos de relieve bajo: comúnmente, poseen una forma elongada hasta achatada, muchas veces forman lomas de topografía suave, con pendientes bajas, frecuentemente de más de 6° y menores que 10°, pudiendo terminar de forma transicional en una planicie o forma de relieve menos prominente, o abruptamente en un escarpe o acantilado. Están poco a moderadamente disectados por valles intramontañosos poco pronunciados, muchas veces anchos, o amplios cauces de ríos poco profundos. Por ejemplo, algunos cerros del sector Pacífico central.

Valles intramontañosos

Son el resultado de la erosión fluvial en las montañas (Salazar, 2000). O producto de rasgos de origen estructural.

Humedales: manglares

Estas zonas, son parte de las costas de depositación, pero se ubican en terrenos que fueron o están siendo influenciados por procesos erosivos y actividad tectónica. Así pues, los humedales se distribuyen a lo largo de la costa pacífica y comprenden áreas de terrenos inundados, donde predominan los sedimentos finos. Los humedales costeros son zonas de mal drenaje, originadas por hundimiento tectónico o por inundación producida por el lento ascenso del nivel del mar (Madrigal & Rojas, 1980; Parkinson et al., 1998).

Los manglares: son áreas someras y a veces amplias, con terrenos anegados, que se localizan en zonas costeras, por lo que están sujetos a intrusiones de agua salada y a diversos efectos de las corrientes. Se

caracterizan por el desarrollo de especies de árboles y arbustos que poseen adaptaciones que les permiten colonizar, proteger y estabilizar este tipo de zona inundada, donde, por lo general, los materiales son blandos.

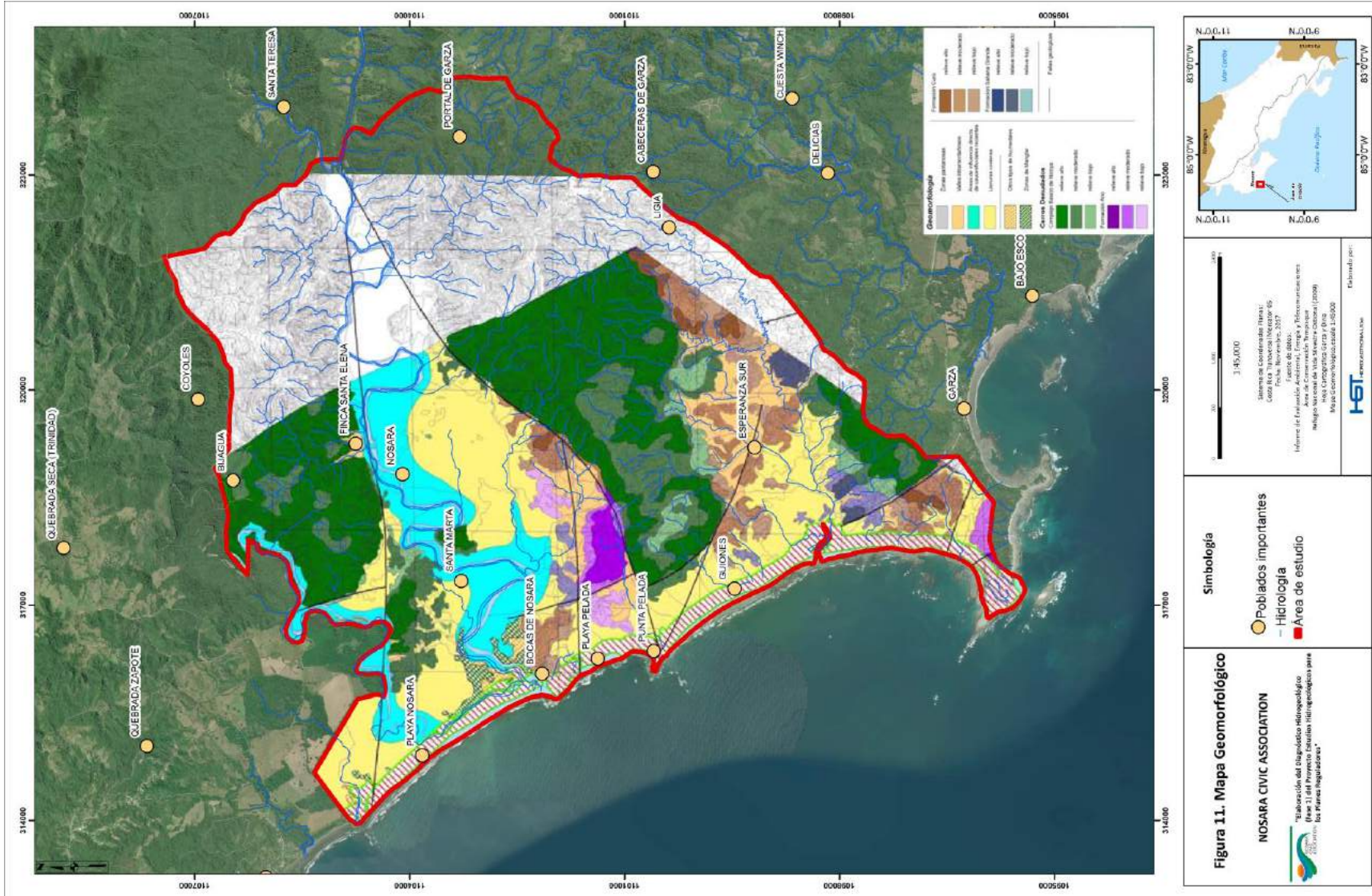


Figura 11. Mapa Geomorfológico RNSV Ostional según (Astorga, 2009) (Fig.10 en el Atlas Cartográfico)

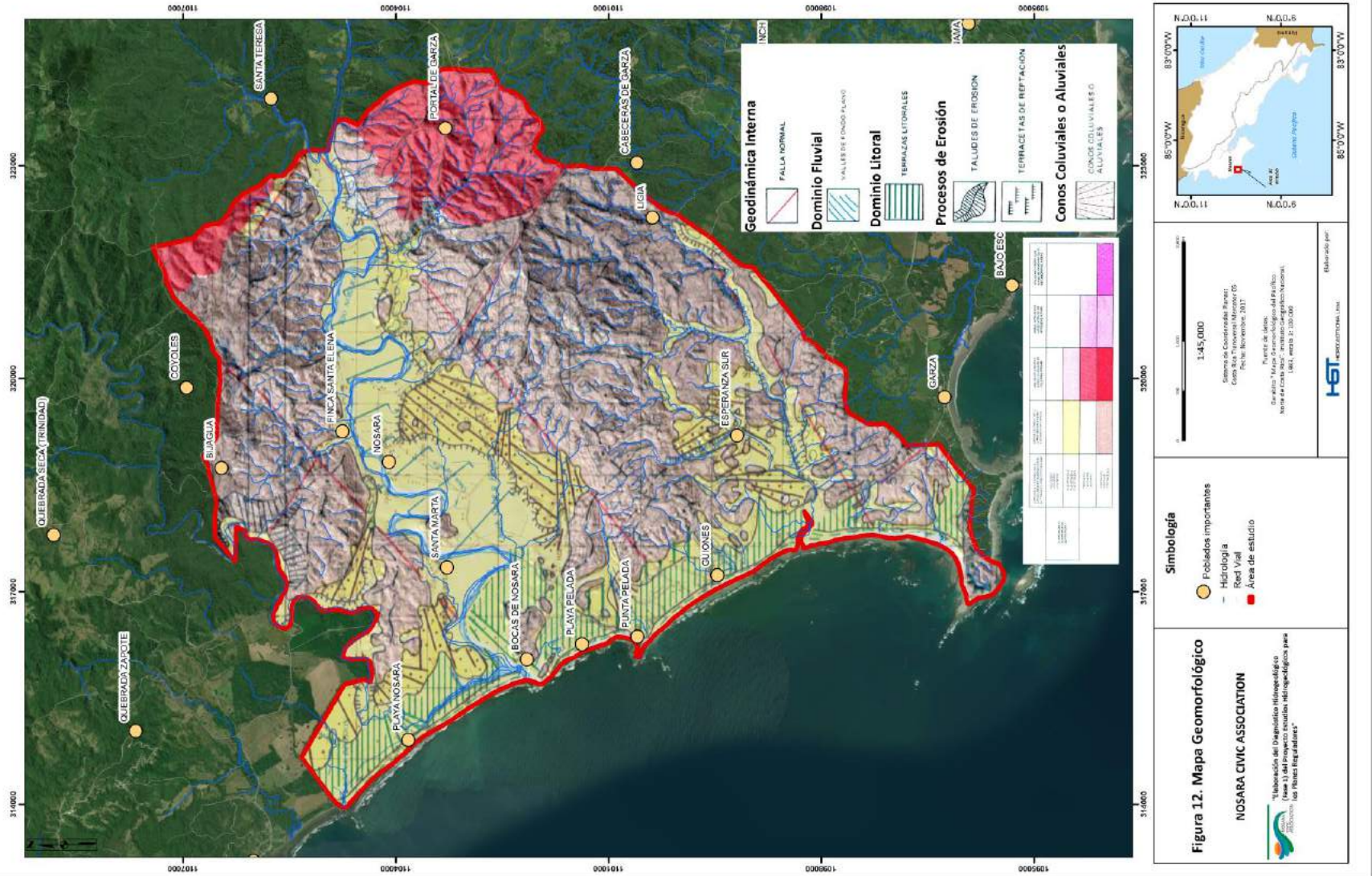


Figura 12. Mapa Geomorfológico (Instituto Geográfico Nacional, 1983) (Fig.11 en el Atlas Cartográfico)

4.1.4. Geología Estructural.

Como referencias sobre estudios previos para la determinación de la geología estructural de la zona de estudio se tiene de forma regional el Atlas Tectónico de Costa Rica (Denyer et al., 2003) y de forma local se tiene el estudio de Astorga (2009) titulado Informe de Evaluación Ambiental Estratégica del Plan de Manejo Ostional, el cual contiene un apartado sobre las estructuras geológicas.

De forma sencilla, es posible afirmar que la geología estructural de la región de estudio está caracterizada por una estructura ordenada de la siguiente manera:

- a) El basamento de regional está comprendido por las rocas del Complejo de Nicoya, tanto en su unidad inferior, como su unidad superior.
- b) A lo interno de este basamento se presenta una estructuración que todavía es debatida y discutida por diversos autores. No obstante, para cuestiones prácticas de ordenamiento territorial, sus consecuencias directas son poco relevantes, razón por lo cual, no es objeto de descripción aquí.
- c) Por encima del basamento, cuyo techo por lo general (y con algunas excepciones) data del Cretácico Superior (posiblemente Santoniano, ver Astorga, 1997), se presentan tres sucesiones de rocas sedimentarias con características estructurales algo diferentes entre sí.
- d) La sucesión más antigua cubre del Campaniano hasta el Eoceno Superior. Tiene un espesor aproximada de 3 a 4 Km y comprende principalmente un relleno de rocas sedimentarias de aguas profundas (abanicos turbidíticos) y rampas o plataformas carbonatadas de diversa edad. Esta sucesión se encuentra deformada estructuralmente formando pliegues y homoclinales de moderado y alto ángulo.
- e) Finalmente, la parte más superior de la sucesión está conformada por la sucesión de relleno volcánico y sedimentario del Cuaternario, con predominio de formaciones superficiales del Holoceno en las zonas costeras. Esta sucesión se encuentra muy poco deformada, salvo algunas pocas excepciones.

- f) En la fase final del relleno volcánico y aluvial y, como consecuencia de la presencia de relieve pronunciado en el territorio en estudio, se desarrollaron procesos de erosión intensos que se traducen en el desarrollo de abanicos aluviales y otros tipos de depósitos asociados.

Es importante señalar que toda la región de estudio tiene una condición emergida de tipo tectónico, dado que se trata de un sistema bajo levantamiento geológico. Este hecho explica la situación geológica de alta actividad de procesos de erosión y sedimentación presentes en la zona.

Desde el punto de vista geológico regional el Atlas Tectónico de Costa Rica (Denyer et al., 2003) indica la existencia de una serie de fallas geológicas, la mayoría de ellas calificadas como fallas del Cuaternario, es decir, para las cuales existen evidencias de que han estado activas durante los últimos dos millones de años. Los autores del atlas referido advierten que en el mismo no se hace diferencia entre las fallas activas y las cuaternarias, por lo que no debe ser utilizado para estudios de amenaza sísmica. También señalan que la escala del atlas no permite que sea utilizado para determinar la ubicación de obras civiles con respecto a las fallas presentadas.

Fallas identificadas en el área de estudio

Se han identificado una serie de fallas geológicas, que se agrupan en dos grandes categorías según Astorga (2009):

Grupo 1: Fallas de orientación E – W hasta SW - NE

Grupo 2: Fallas de orientación NW - SE

En total, se han identificado 12 fallas geológicas locales dentro del área de estudio (ver Mapa Estructural/Neotectónico, para su nomenclatura). Por la orientación de su movimiento, califican como fallas de desplazamiento de rumbo, normales e incluso inversas, Astorga (2009).

Como se ha señalado anteriormente, en la identificación de las fallas geológicas, aparte de la información previa se realizaron estudios de cartografiado geológico, geomorfológico más detallados, que permitieron precisar mejor la localización de la falla o bien identificar nuevas estructuras geológicas de este tipo.

Adicionalmente, el sistema de fallas geológicas identificadas fue cruzado con el registro de sismicidad instrumental de que dispone la Red Sismológica Nacional. A partir de allí fue posible complementar la interpretación para llegar a la identificación y registro del total de fallas geológicas que se presentan en el área de estudio (Astorga, 2009).

La información neotectónica que sustentan estas afirmaciones están dentro de la metodología utilizada en Astorga (2009) ya que se determinan por interpretación geomorfológica y criterio profesional. En primer lugar, se realiza una verificación de la información técnica geológica disponible para la zona, en particular los mapas geológicos publicados previamente, por diversos autores y entre ellos se destaca el mapa de Montero (1994) y más recientemente por datos del Atlas Tectónico de Costa Rica (Denyer et al., 2003), así como de los mapas de amenazas que emite la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y la Atención de Desastres (CNE). En segundo lugar, se analiza la información geológica y geomorfológica del trabajo de campo y de fotointerpretación efectuada como parte del estudio de fragilidad ambiental, en particular, en el componente de Geoaptitud.

Los resultados de ambas líneas de trabajo son comparados y finalmente se deriva un mapa geológico que sintetiza dicho procesado e integración de información.

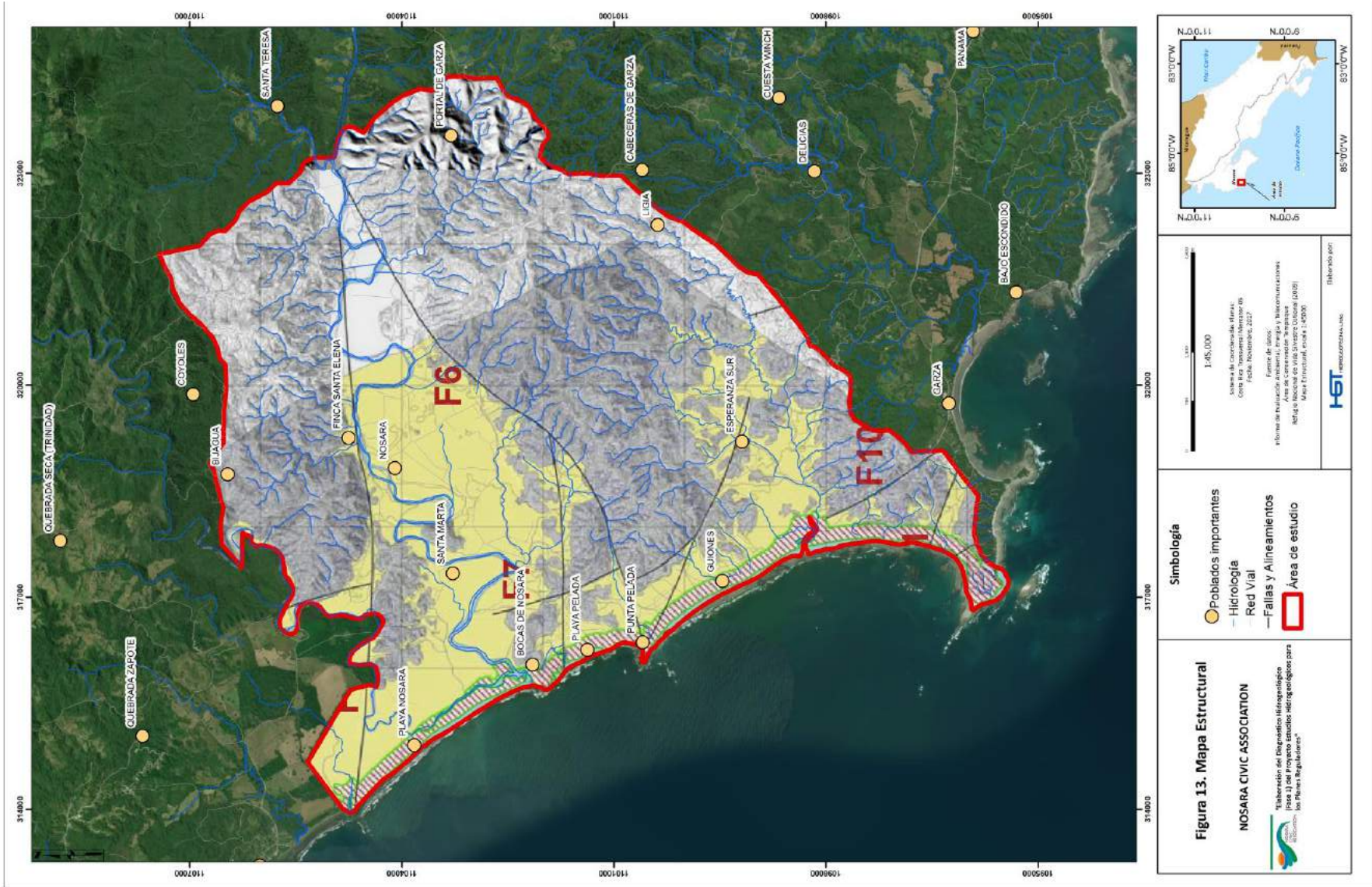


Figura 13. Mapa Tectónico RNVS Ostional según (Astorga, 2009) (Fig.12 en el Atlas Cartográfico)

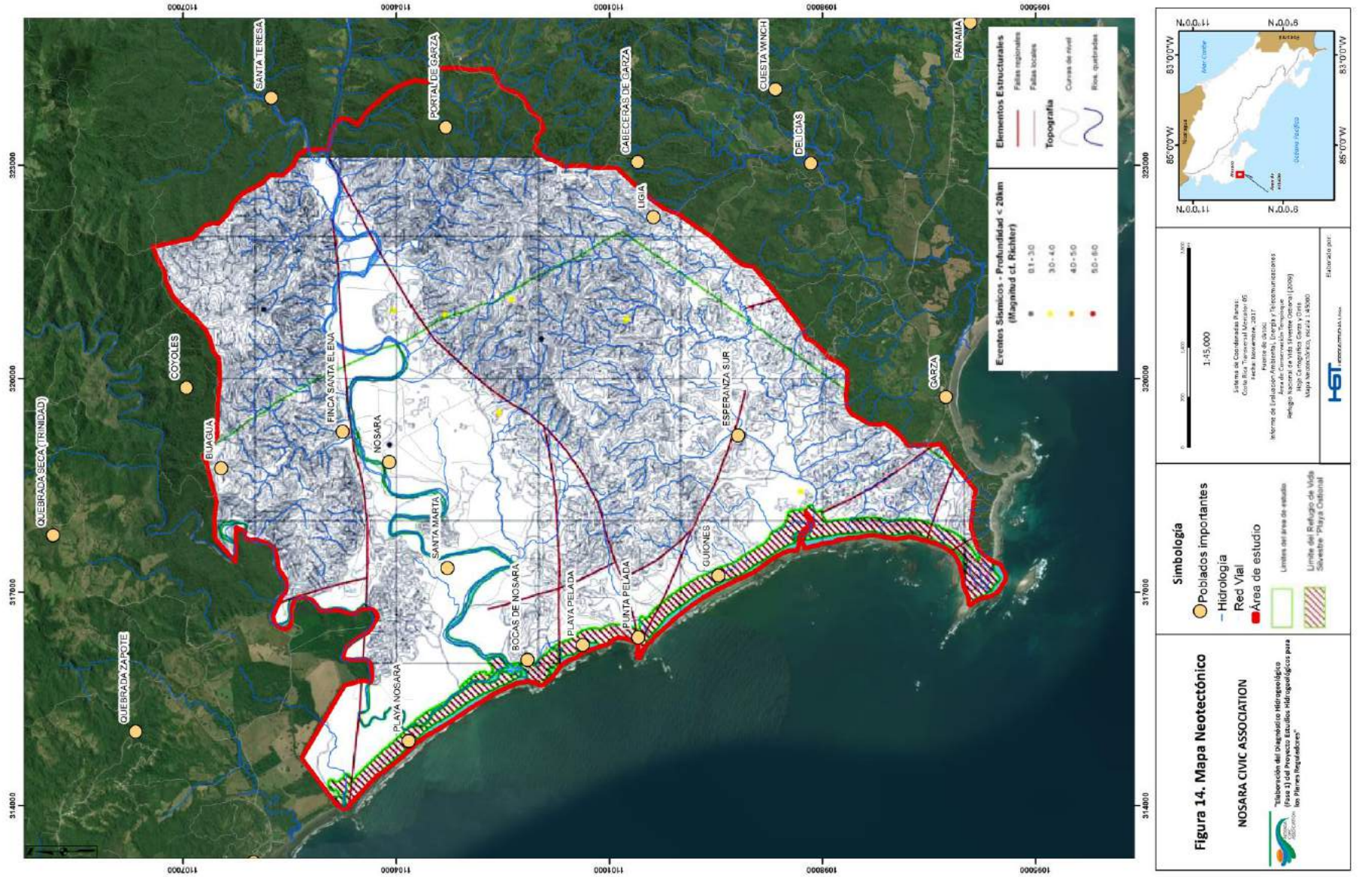


Figura 14. Mapa Neotectónico Continental según (Astorga, 2009) (Fig.13 en el Atlas Cartográfico)

4.2. Hidrogeología

Hidrogeología regional.

De acuerdo con el estudio Hidrogeológico (SENARA, 2006), en la zona de estudio se pueden identificar dos unidades hidrogeológicas:

Unidad de Acuíferos Prácticamente Ausentes.

Consiste en rocas efusivas, en el área de estudio corresponde a las Unidades geológicas de los basaltos y a los conglomerados basálticos, regionalmente en condiciones especiales de porosidad secundaria (fracturamiento), pueden rendir pozos con caudales máximos de 3 litros por segundo.

A pesar de que la denominación de la unidad hace referencia a la ausencia de acuíferos, posteriormente en las unidades locales se denota un aprovechamiento de estas unidades que en realidad se clasifican como muy bajo potencial.

Unidad de bajo a muy bajo potencial acuífero.

Se trata de acuíferos locales de extensión variable restringidos a zonas fracturadas, son libres principalmente. Están constituidos por las secuencias sedimentarias locales de lutitas y areniscas de la Formación Sabana Grande, Curú y Punta Pelada.

En este documento oficial de SENARA (2006) se omite en su redacción la presencia de una Unidad denominada Depósitos Cuaternarios Medianos a muy alto potencial acuífero. Aun así, en el mapa hidrogeológico local se incluye la distribución espacial de dicha unidad y por lo tanto es considerada en este documento, ya que además es de los principales puntos a ampliar en una siguiente fase.

Hidrogeología Local

Descripción de Unidades Hidrogeológicas

El mapa hidrogeológico del área de estudio (figura 15), ha sido elaborado tomando en consideración las unidades de litología presentes, así como el potencial acuífero de cada una de ellas.

Así pues, tenemos:

- Acuíferos de mediano a muy alto potencial (Depósitos Cuaternarios).
- Acuíferos de bajo a muy bajo potencial (Rocas Sedimentarias)
- Acuíferos prácticamente ausentes (Rocas volcánicas, Complejo de Nicoya)

En general, los acuíferos son costeros; estos se caracterizan por estar formados por depósitos aluvionales que contienen gravas y arenas muy permeables, con espesores de 10-50 metros, con caudales que varían de 1-50 l/s y cubiertos o intercalados con capas de arcilla de baja conductividad hidráulica.

Modelo Hidrogeológico conceptual - Acuíferos en la zona de Garza y Nosara.

Según SENARA (2006), Los acuíferos en la zona se albergan en las rocas sedimentarias de la Formación Sabana Grande, son acuíferos freáticos (libres), cuyo nivel estático del agua subterránea oscila entre los 2 y 8 metros. Se caracterizan por ser acuíferos fracturados en rocas sedimentarias, tiene un espesor que oscila entre los 10 y 20 metros; con una permeabilidad aparente baja.

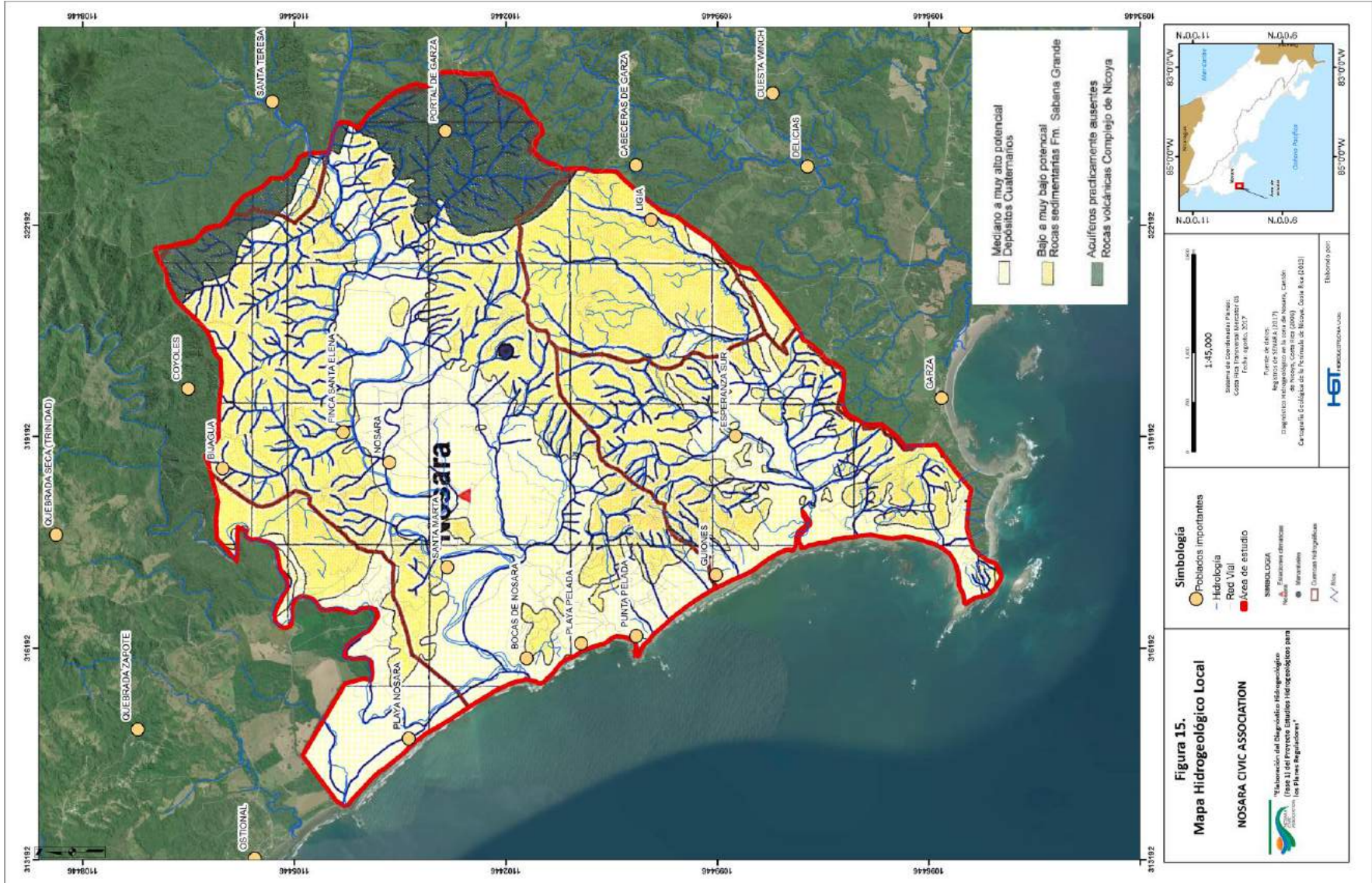


Figura 15. Mapa Hidrogeológico según (SENARA, 2006) (Fig.14 en el Atlas Cartográfico)

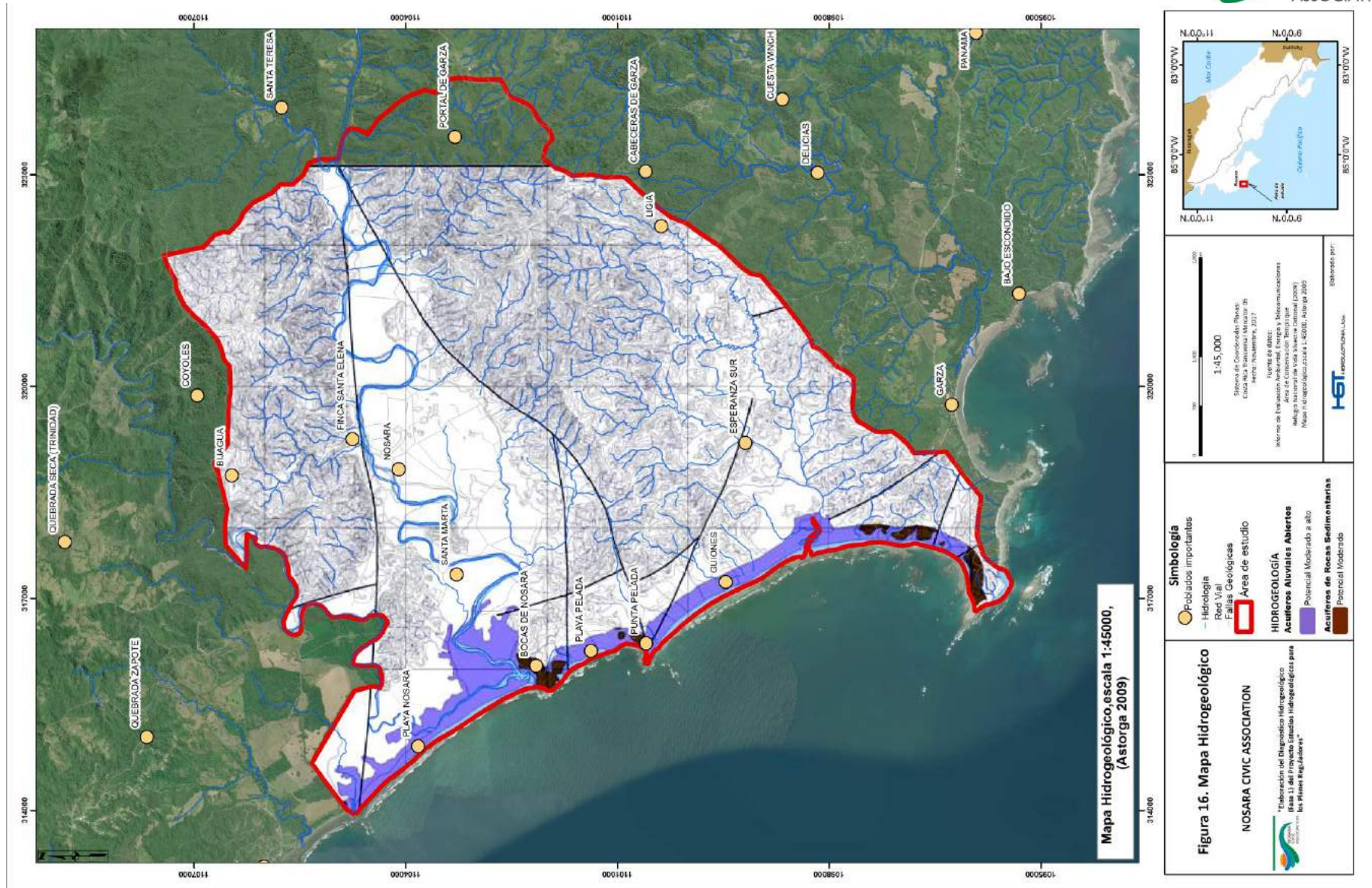


Figura 16. Mapa Hidrogeológico RNVS Ostional según (Astorga, 2009) (Fig.15 en el Atlas Cartográfico)

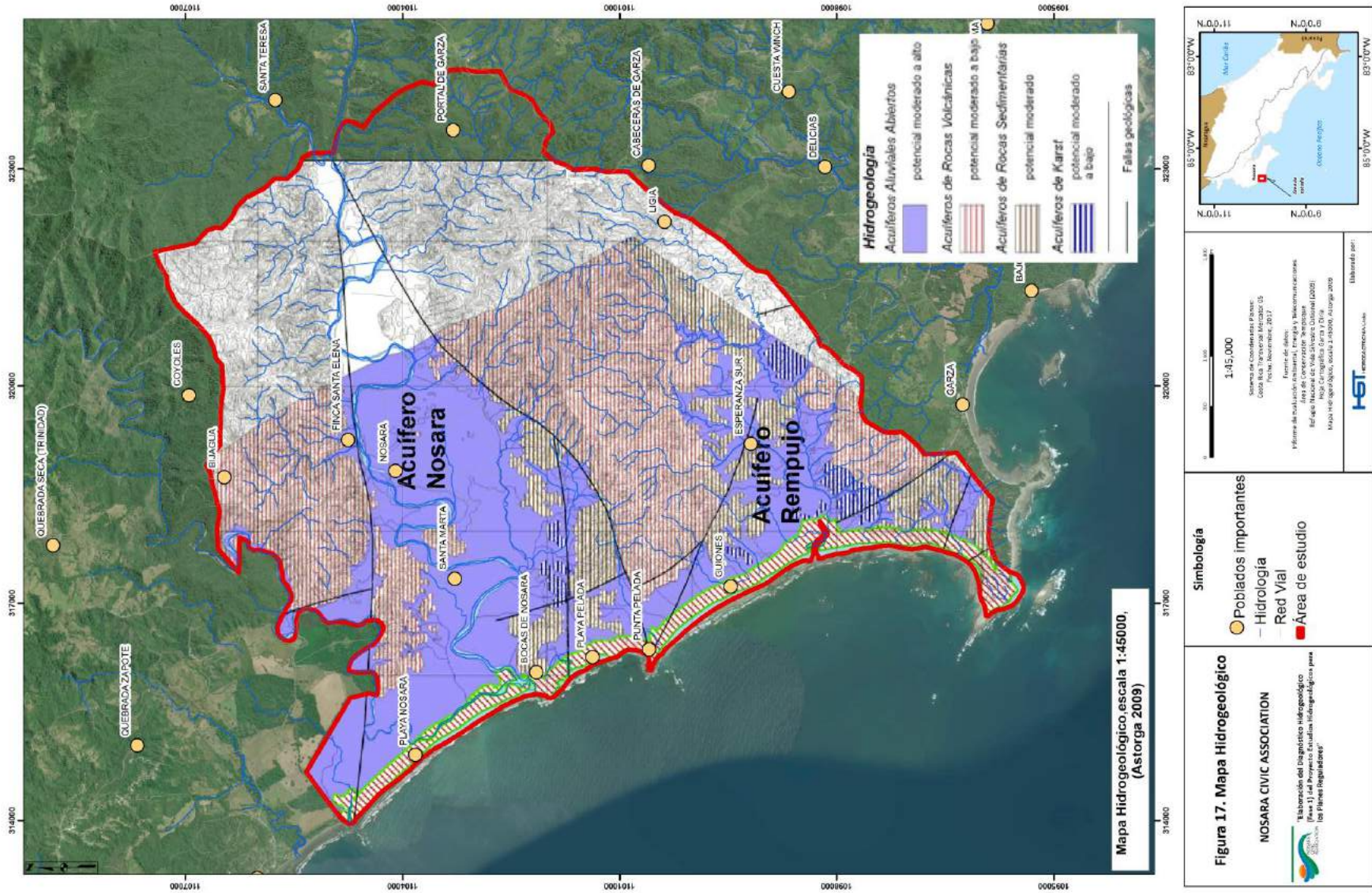


Figura 17. Mapa Hidrogeológico Continental según (Astorga, 2009) (Fig.16 en el Atlas Cartográfico)

4.2.1. Acuíferos

Las referencias bibliográficas del estado actual de la cuestión y que podrán ser utilizadas para la construcción de la hidrogeología de la zona son:

- Astorga, A. (2009). Informe de Evaluación Ambiental Estratégica del Plan de Manejo Ostional.
- Denyer, P., Aguilar, T., & Montero, W. (2013). Cartografía Geológica de la Península de Nicoya, Costa Rica. San José: Editorial UCR.
- Dirección de Aguas. (2017). Reporte de Concesiones. Retrieved from <http://www.da.go.cr/rp/login.action?userName=publico&password=publico>
- Flores, K. (2003). Propuesta tectonoestratigráfica de la región septentrional del Golfo de Nicoya. Universidad de Costa Rica.
- SENARA. (2006). Diagnostico hidrogeológico en la zona de Nosara, cantón de Nicoya, Costa Rica. San José.
- SENARA. (2017). Reporte de Pozos. Retrieved from <http://base-digh.senara.or.cr/>
- Nosara Civic Association- Corredor Biológico del Río Nosara. (2017). Uso del Suelo.

Según Astorga (2009) y SENARA (2006) consideran y coinciden en la existencia de tres acuíferos, respectivamente aluvial, sedimentario consolidado y rocas del Complejo de Nicoya, sin embargo, Astorga (2009) describe un acuífero adicional asociado a rocas kársticas, el cual por las características litológicas y de potencial acuífero se puede agrupar dentro de las demás formaciones sedimentarias..

Acuífero en rocas volcánicas del Complejo de Nicoya

Las rocas asociadas al Complejo de Nicoya carecen de porosidad primaria, la circulación y almacenamiento de agua sucede mediante zonas fracturadas y meteorizadas (Naciones Unidas, 1975). Según SENARA (2006) corresponden a Acuíferos prácticamente ausentes.

Los pozos que la captan se caracterizan por un caudal medio a bajo. Constituyen acuíferos (laterales y de base) o barreras geológicas de los acuíferos con los cuales tiene contacto (Yoshida & Pérez, 2000). Los materiales del Complejo de Nicoya han sido considerados de bajo potencial hidrogeológico, este potencial ha sido restringido única y exclusivamente a las fracturas que presenten (Jiménez, 2000; Vargas, 2002).

Por otro lado, dentro de áreas con un alto grado de fraccionamiento se ha generado una permeabilidad secundaria relacionada con los sistemas de diaclasas y microfallas. Especialmente en la cercanía de fallas geológicas importantes, la permeabilidad de roca se aumenta moderadamente, por lo cual existe cierta posibilidad de encontrar recursos de aguas subterráneas considerables.

Por lo general (basado en la experiencia de los autores del informe presente), caudales de pozos dentro de esta unidad hidrogeológica alcanzan un valor promedio de 0,5 l/s. No obstante, de forma más bien excepcional, pueden encontrarse pozos que mantienen caudales por encima de 2 l/s, un hecho que muestra un potencial elevado de este acuífero dentro de distintas áreas.

Acuíferos en rocas sedimentarias (litificadas)

En el área de estudio se presentan rocas sedimentarias clásticas y carbonatadas en las que se desarrollan acuíferos de potencial moderado a bajo, debido a que están litificadas y solo albergan agua por la presencia de fracturación. Según Astorga (2009) corresponden a Acuíferos de Rocas Sedimentarias y Acuíferos de Karst. Para SENARA (2006) corresponden a rocas sedimentarias Fm. Sabana Grande Bajo a muy Bajo potencial.

Al igual que los acuíferos que se desarrollan en el Complejo de Nicoya, son de potencial limitado, debido a la dureza de las rocas y su baja porosidad efectiva. Los caudales del orden de 0,5 a 2 l/s. Al igual que en el caso del Complejo de Nicoya, localmente su potencial se puede incrementar debido a la presencia de fracturas por fallas u otras estructuras geológicas.

Por su parte, las rocas de composición carbonatada (formaciones Sabana Grande y Arío), forman acuíferos en rocas sedimentarias, pero vinculadas más bien a fenómenos de Karst. En este caso, el potencial acuífero se ve limitado por la extensión de la formación. No obstante, localmente se pueden presentar acuíferos con potencial moderado.

Acuíferos Aluviales Abiertos (Cuaternarios)

Este tipo de acuífero es el de mayor potencial en el área de estudio (ver Imagen 3), en donde se han podido identificar al menos tres acuíferos de este tipo: Ostional, Nosara y Rempujo.

Los Acuíferos Aluviales Abiertos: Esta nomenclatura la otorga Astorga (2009), y se relaciona los acuíferos de Mediano a Muy Alto potencial de Depósitos Cuaternarios mencionados por SENARA (2006) con influencia marina se refieren a las diferentes unidades de sedimentos no litificados del Cuaternario Barras Arenosas de Playa, Barras Arenosas de Desembocaduras.

Zonas de Manglar, Barreras Arenosas, así como Depósitos de Planicies Costeras y Depósitos de Piedemonte. Dada a la permeabilidad intermedia (intercalaciones de sedimentos permeables como arena y grava y sedimentos impermeables como limos y arcillas) y su espesor relativamente reducido de aproximadamente 10-45 m, el potencial de extracción de agua se puede evaluar como intermedio. Además, su potencial de extracción de agua para el uso humano está limitado debido a la cercanía del mar: una sobreexplotación podría resultar rápidamente en una infiltración de aguas saladas del mar.

Caudales dentro de esta unidad hidrogeológica en su mayoría varían entre 0,5 a 8,0 l/s, por otro lado, pueden llegar a valores de más que 20 l/s en el caso de una presencia de capas espesas con aluviones gruesos (arenas gruesas, gravas).

El espesor de los materiales aluviales varía desde pocos metros en la zona costera, hasta varias decenas de metros en la parte "tierra adentro" de la llanura aluvial costera. El nivel freático se presenta a profundidades bajas del orden de los 2,5 a los 3,0 metros por debajo de la superficie. Se trata de acuíferos

granulares y abiertos, es decir freáticos, conectados con la superficie del suelo y por tanto muy vulnerables a la contaminación.

Es importante hacer notar la importancia de administrar muy bien el uso del suelo en toda el área de recarga de estos acuíferos ya que su contaminación representaría también la contaminación del manglar que aporta nutrientes a las playas de anidación de tortugas de Ostional.

4.2.2. Perfiles

Con base en la información litológica de los pozos. SENARA, 2006; se hicieron tres perfiles hidrogeológicos; el perfil hidrogeológico N°1 abarca la zona de Nosara, principalmente la planicie en la que se ubica el poblado; el espesor máximo modelado para el acuífero es de 18 metros, cabe destacar que no existe un aluvión desarrollado en las zonas planas del área de estudio.

El perfil hidrogeológico N°2 cruza la zona comprendida entre los poblados de La Esperanza Sura y Garza, el espesor máximo del acuífero en esta área es de 13 metros. El perfil hidrogeológico N°3 es el que muestra mayor espesor del acuífero sedimentario fracturado en la zona con un espesor máximo de 20 metros; sin embargo, según se ha comentado con algunos profesionales de geología que trabajan con empresas perforadoras también se aprovecha para captar la zona fracturada y meteorizada de las rocas del Complejo de Nicoya en los pozos perforados (los basaltos).

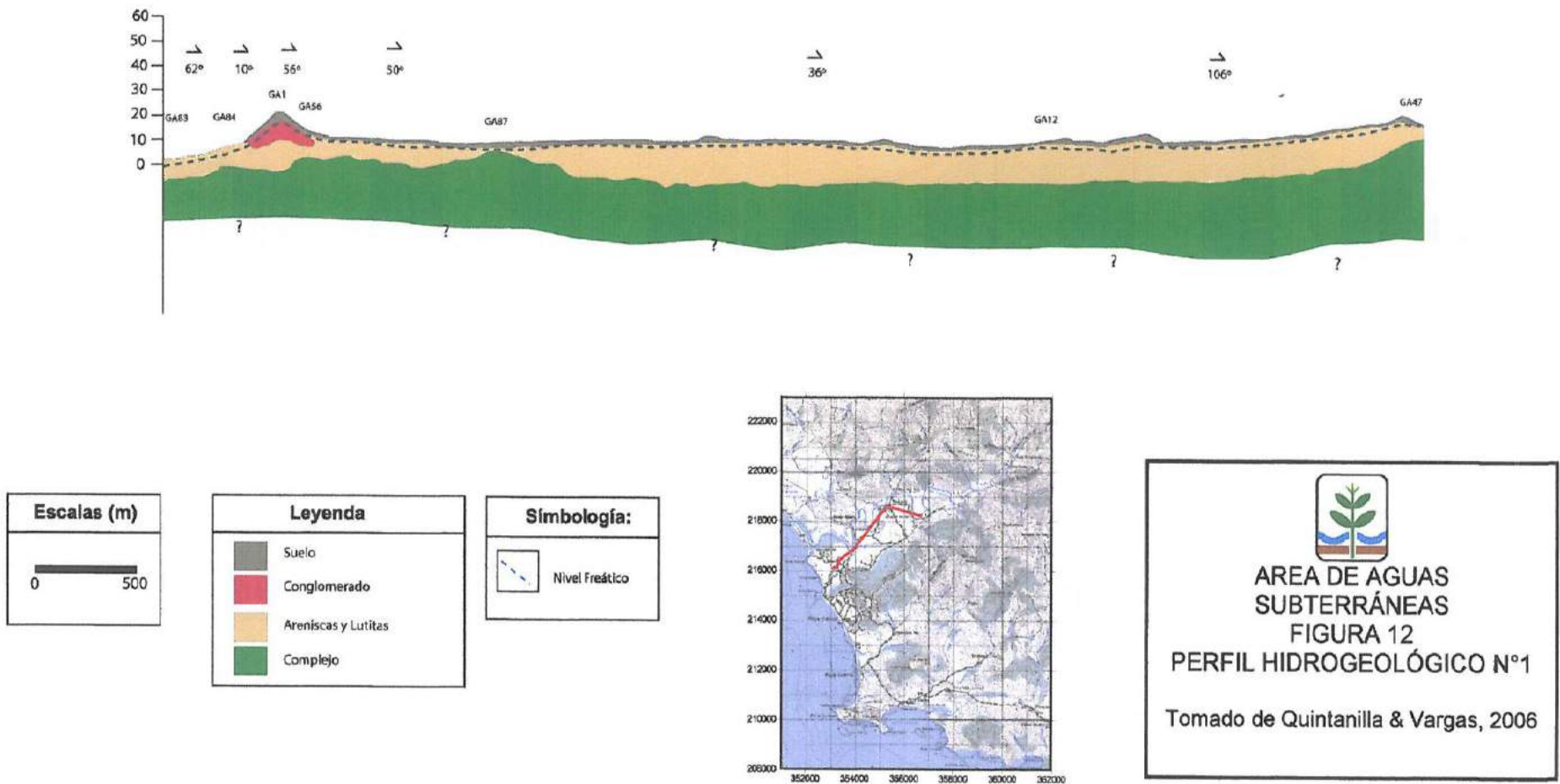
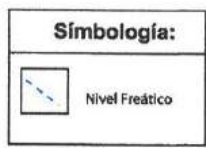
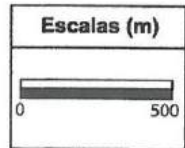
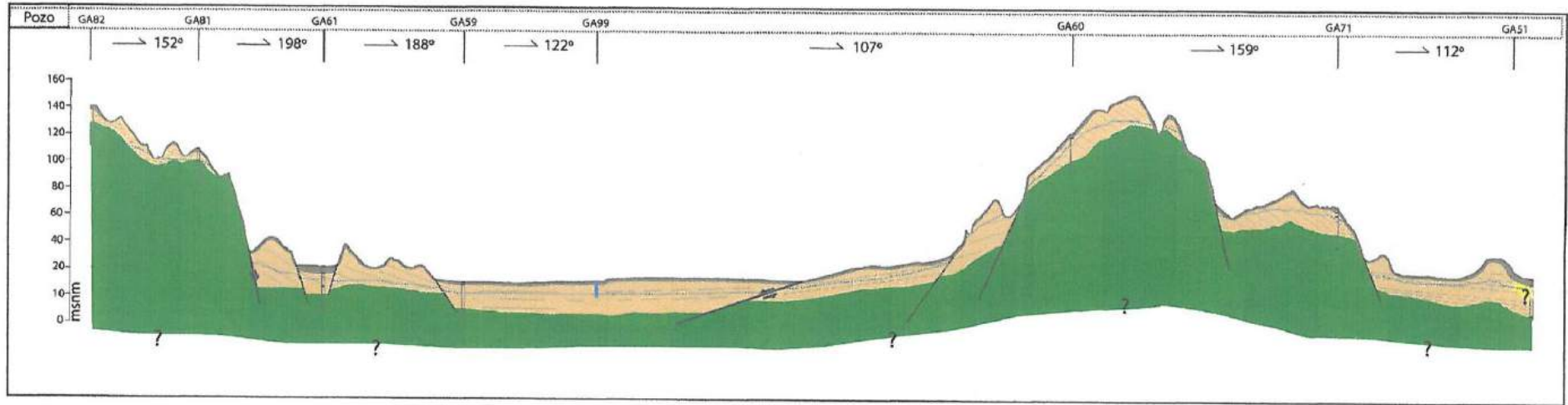


Figura 18. Perfil Hidrogeológico N°1. SENARA, 2006 (Fig.9 en el Atlas Cartográfico)



AREA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
FIGURA 13
PERFIL HIDROGEOLOGICO N° 2
Tomado de Quintanilla & Vargas, 2006

Figura 19. Perfil Hidrogeológico N°2. SENARA (2006) (Fig.9 en el Atlas Cartográfico)

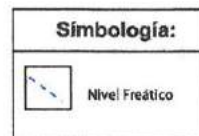
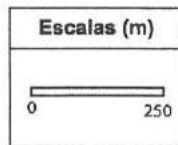
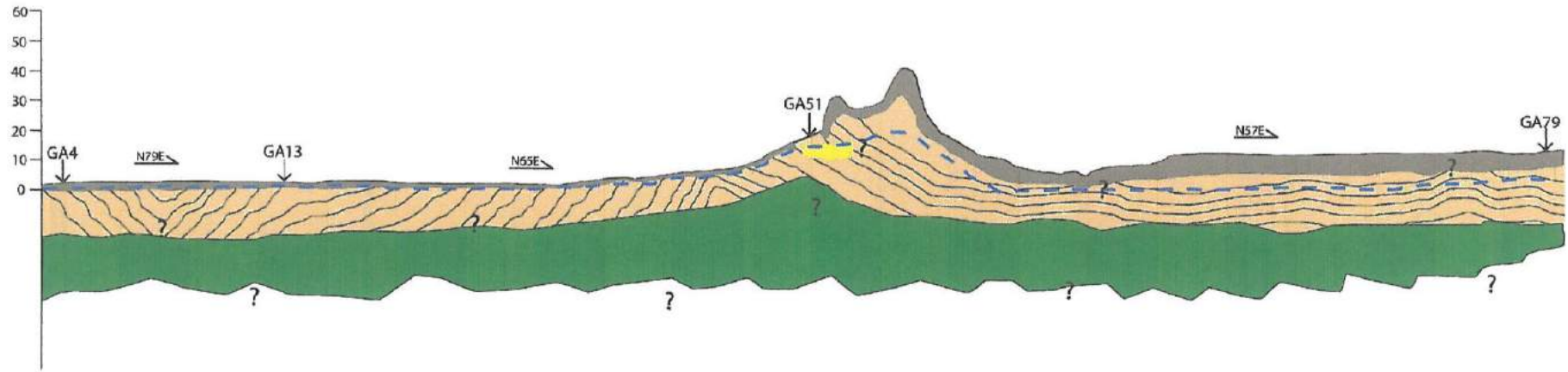


Figura 20. Perfil Hidrogeológico N°3.

SENARA, 2006. (Fig.9 en el Atlas Cartográfico)

4.2.3. Recarga AcuÍfera.

Para realizar el balance hÍdrico, (SENARA, 2006) en su diagnÓstico hidrogeolÓgico utilizÓ el MÓtodo de Balance HÍdrico de suelos propuesto por Losilla y Schosinsky en el 2002 (los valores se localizan en la Figura 21) el valor de recarga potencial para la zona de estudio es de 517,97 mm/año, en el Cuadro 6 tenemos los valores de los caudales de la recarga en litros por segundo por cuenca. Se indica que no existe mapa de recarga potencial acuÍfera para la zona de estudio validado por SENARA.

Cuadro 6. Recarga Potencial Anual en litros por segundo para las partes bajas de las microcuencas en la zona de estudio.

MICROCUENCA	AREA (km²)	RECARGA POTENCIAL ANUAL EN L/S
Río Garza	17	279,22
Río Rempujo	13	213,52
Río Nosara	36	591,29

Fuente: (SENARA, 2006)

Esta recarga potencial de la zona de estudios (517,97 mm/año) equivale aproximadamente a un 21% del promedio anual de lluvias caídas en el sector de Nosara, el cual según los registros de las estaciones y el modelo hidrogeolÓgico elaborado por SENARA equivale a 2760 mm.

BALANCE HIDRICO DE SUELOS Gunther Schosinsky

Zona de Estudio: Garza, Guiones yNosara
Fecha: Agosto, 2006

Textura de Suelo: Franco arcillosa

Simbología

fc: Capacidad de infiltración.
I: Infiltración.
CC: Capacidad de Campo.
PM: Punto de Marchitez.
PR: Profundidad de Raíces.
(CC-PM): Rango de Agua Disponible.
DS: Densidad de Suelo.
C1: Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR
C2: Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR
Kp: Factor por pendiente (ver léame)
Kv: Factor por vegetación (ver léame)
Kfc: Factor estimado con base a la prueba de infiltración

P: Precipitación Media Mensual.
Pi: Precipitación que infiltra.
ESC: Ecorrentía Superficial
ETP: Evapotranspiración Potencial.
ETR: Evapotranspiración Real.
HSi: Humedad de Suelo Inicial.
HD: Humedad Disponible
HSf: Humedad de Suelo Final.
DCC: Déficit de Capacidad de Campo.
Rp: Recarga Potencial
NR: Necesidad de Riego.
Ret: Retención de Iluvia

fc [mm/d]	259,63
Kp [0.01%]	0,10
Kv [0.01%]	0,15
Kfc [0.01%]	0,72134
I [0.01%]	0,97134
DS (g/cm ³):	1,18
PR (mm)	500,00
HSi (mm)	436,03
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	5
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0,12

	por peso (%)	(mm)
CC	41,33	243,85
PM	23,63	139,42
(CC-PM)	17,70	104,43

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)	7,44	2,95	20,15	58,25	298,55	381,30	314,15	390,50	579,00	452,70	256,45	19,15	2760,59
Ret [mm]	5,00	2,95	5,00	6,99	35,83	43,36	37,70	46,86	69,48	54,32	30,77	5,00	343,26
Pi (mm)	2,37	0,00	14,72	49,79	255,19	308,83	268,53	333,79	494,92	386,96	219,21	13,74	2348,05
ESC (mm)	0,07	0,00	0,43	1,47	7,53	9,11	7,82	9,85	14,60	11,42	6,47	0,41	69,29
ETP (mm)	255,87	248,60	298,42	308,64	317,48	362,62	312,00	310,74	299,72	290,32	264,61	257,06	3526,08
HSi (mm)	139,42	139,42	139,42	139,42	436,03	243,85	243,85	243,85	243,85	243,85	243,85	243,85	
C1	0,02	0,00	0,14	0,48	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
C2	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,48	0,58	1,00	1,00	1,00	0,57	0,00	
HD (mm)	2,37	0,00	14,72	49,79	551,81	413,26	372,96	438,22	599,35	491,39	323,64	118,17	
ETR (mm)	2,37	0,00	14,72	49,79	317,48	289,23	247,06	310,74	299,72	290,32	207,09	118,17	2126,69
HSf (mm)	139,42	139,42	139,42	139,42	243,85	243,85	243,85	243,85	243,85	243,85	243,85	139,42	
DCC (mm)	104,43	104,43	104,43	104,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	104,43	
Rp (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	129,90	39,60	21,47	23,05	195,20	96,64	12,12	0,00	517,97
NR (mm)	357,93	353,03	388,13	363,28	0,00	93,39	64,94	0,00	0,00	0,00	57,52	243,32	1921,54

Figura 21. Datos utilizados para el balance hídrico (SENARA, 2006)

4.2.4. Tipos de suelo

Dado las condiciones geológicas y geomorfológicas dentro del área de estudio (Astorga, 2004) se encuentran cuatro tipos principales de suelos basados en el Atlas de Costa Rica (2008):

El terreno con la mejor aptitud para los diferentes tipos de uso agropecuario se encuentra dentro de la unidad geomorfológica Planicies Costeras. En su gran mayoría se encuentra suelos del grupo Inceptisoles. Son suelos relativamente jóvenes con un Horizonte B cámbico, lo cual se refiere a un horizonte de meteorización abajo de la capa de suelo orgánico donde los minerales silicáticos primarios se han convertido en minerales arcillosos secundarios. Dada la predominancia de un relieve llano a bajo no existe ningún riesgo de la pérdida de la capa del suelo por procesos de erosión.

Suelos pantanosos con un alto contenido de minerales arcillosos, así como material orgánico dominan dentro de terrenos de las dos unidades geomorfológicas Zonas de Manglar. En la mayoría de los casos se trata de Alfisoles, los cuales están caracterizados por alto contenido de material orgánico, eso debido a un nivel freático muy cercano a la superficie, un hecho que obstaculiza la descomposición de materia orgánica. Debido al alto nivel freático, el alto grado de salinidad y el potencial muy bajo de drenaje. Los suelos arenosos se encuentran dentro de las unidades geomorfológicas Barras Arenosas de Playa y Barras Arenosas de Desembocaduras. Dado la alta importancia de procesos de erosión marítima/fluvial dentro de estos terrenos, no se puede desarrollar ningún suelo orgánico que resulta en una fertilidad muy reducida (Capacidad de Uso: VI).

Por su parte, el atlas cartográfico del Laboratorio de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica describe dos tipos de suelo en el área de estudio, a saber, Alfisoles e Inceptisoles. En este caso, se tienen Alfisoles (Ah-e y Ah-mo) con un horizonte argílico con más de 35% de saturación de bases. Este tipo de suelo se caracteriza por su alta fertilidad potencial. Este tipo de suelo se presenta en las partes altas alejados de los cauces de los ríos.

Por otro lado, se tienen Inceptisoles (Iw-p y Iw-so) que son suelos con horizonte B cambico (apenas se forma un B), sin otro horizonte diagnóstico. Estos se ubican cerca de los márgenes de los ríos y en las partes bajas costeras, esta referencia es la utilizada para realizar el mapa de suelos (figura 22).

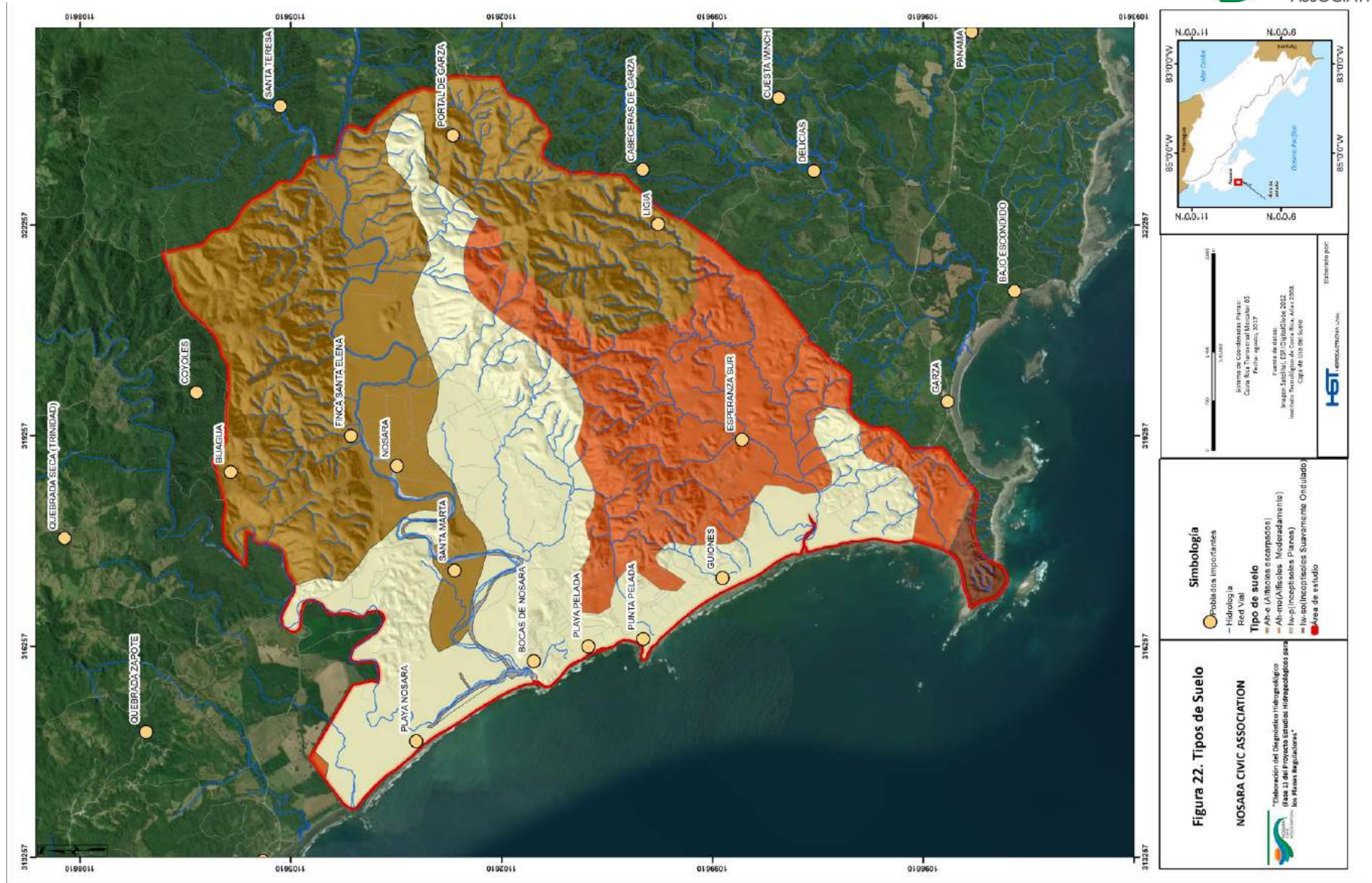


Figura 22. Tipos de suelo en el área de estudio. (Fig.17 en el Atlas Cartográfico)

4.2.5. Otros

En la zona de estudio no se encontró información referente a investigaciones que indiquen líneas equipotenciales, vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos, amenazas de los acuíferos, riesgo de los acuíferos, zonas de protección y zonas de captura, zonas de restricción y área de reserva acuífera.

5. INFORMACIÓN DE MAPAS DE SUELO

A continuación, se presenta la información pertinente encontrada en el “Diagnóstico Hidrogeológico en la zona de Nosara, Cantón de Nicoya, Costa Rica” de (SENARA, 2006)

5.1. Pruebas de Infiltración y capacidad de infiltración.

El SENARA realizó 20 pruebas de infiltración en toda la zona de Nosara mediante el método del doble anillo y Porchet, en ocho puntos se realizaron ambas pruebas para poder tener una comparación entre métodos. Estas se realizaron principalmente en arenas cerca de cuerpos de agua superficial, con valores que rondan entre los 81,19 y 762,77 mm/día para los resultados obtenidos con doble anillo, y 25,78 y 792,00 mm/día para los resultados obtenidos con Porchet. La totalidad de las pruebas se presentan en el Cuadro 7, el documento original de SENARA contiene las memorias de cálculo y las gráficas de las pruebas de infiltración.

Como se observa en el mapa de la Figura 23, del total de las 8 pruebas de doble anillo reportadas por SENARA se realizaron únicamente 4 pruebas de doble anillo en el área de estudio, las cuales son relevantes para este estudio. Adicionalmente es de consideración mencionar que se realizaron 12 de Porchet dentro del área de estudio (no se muestran en el mapa). Por lo que la información existente no cubre de manera completa el área de estudio. Además, se puede observar que existe un faltante de información considerable en las partes montañosas, donde la densidad de pruebas es menor a 2/km².

Cuadro 7. Infiltraciones realizadas en el área de estudio

ID	X	Y	Z	METODO DOBLE ANILLO	METODO DE PORCHET	Profundidad (cm)	Diámetro (cm)	Clasificación del suelo ¹	Clasificación del suelo ²	
				k	k					
				(mml/dla)	(mm/dla)					
PI-1	359545	212705	15	762,77	792	50	13	Arena, arena fina	Arena limpia	
PI-2	357725	211875	15	119,13	79,2	70	13	Arena limosa	Arena fina y limo	
PI-3	354325	212200	4	497,83	102,24	70	13	Arena limosa	Arena fina y limo	
PI-4	355975	210800	3	81,19	216	80	13	Arena limosa	Arena fina y limo	
PI-5	357940	211100	5	558,29	316,8	100	13	Arena limosa	Arena fina y limo	
PI-6	355095	212850	10	NSR	25,78	80	13	Arena limosa	Arena fina y limo	
PI-7	356095	214275	20	NSR	403,2	40	13	Arena limosa	Arena fina y limo	
PI-8	358900	210900	5	NSR	28,8	100	13	Arena limosa	Arena fina y limo	
PI-9	357425	218465	15	NSR	8122	100	13	Arena limosa	Arena fina y limo	
PI-10	356400	218045	10	NSR	57,6	100	13	Arena limosa	Arena fina y limo	
PI-11	355475	218865	5	NSR	32,4	105	13	Arena limosa	Arena fina y limo	
PI-14	355000	218350	5	NSR	182,88	70	13	Arena limosa	Arena fina y limo	
PI-15	353750	217950	5	NSR	26,93	100	13	Arena limosa	Arena fina y limo	
PI-16	353775	216575	5	NSR	32,4	100	13	Arena limosa	Arena fina y limo	
PI-17	356765	217150	155	La prueba falló ya que no se tuvo agua cerca y se secó a la hora.						
PI-18	353366	218178	15	3155,26	NSR			Arena, arena fina	Arena limpia	
PI-19	353382	216540	5	8838,79	NSR			Arena, arena fina	Arena limpia	
PI-20	354708	210511	15	795,91	NSR			Arena limosa	Arena fina y limo	

Fuente: (SENARA, 2006)

¹ Con base en la velocidad de infiltración según Terzaghi y Peck, en Sowers & Sowers, 1972

² Con base en la velocidad de infiltración según Tschebotarioff, en Jiménez, 1954

NSR = No se realizó

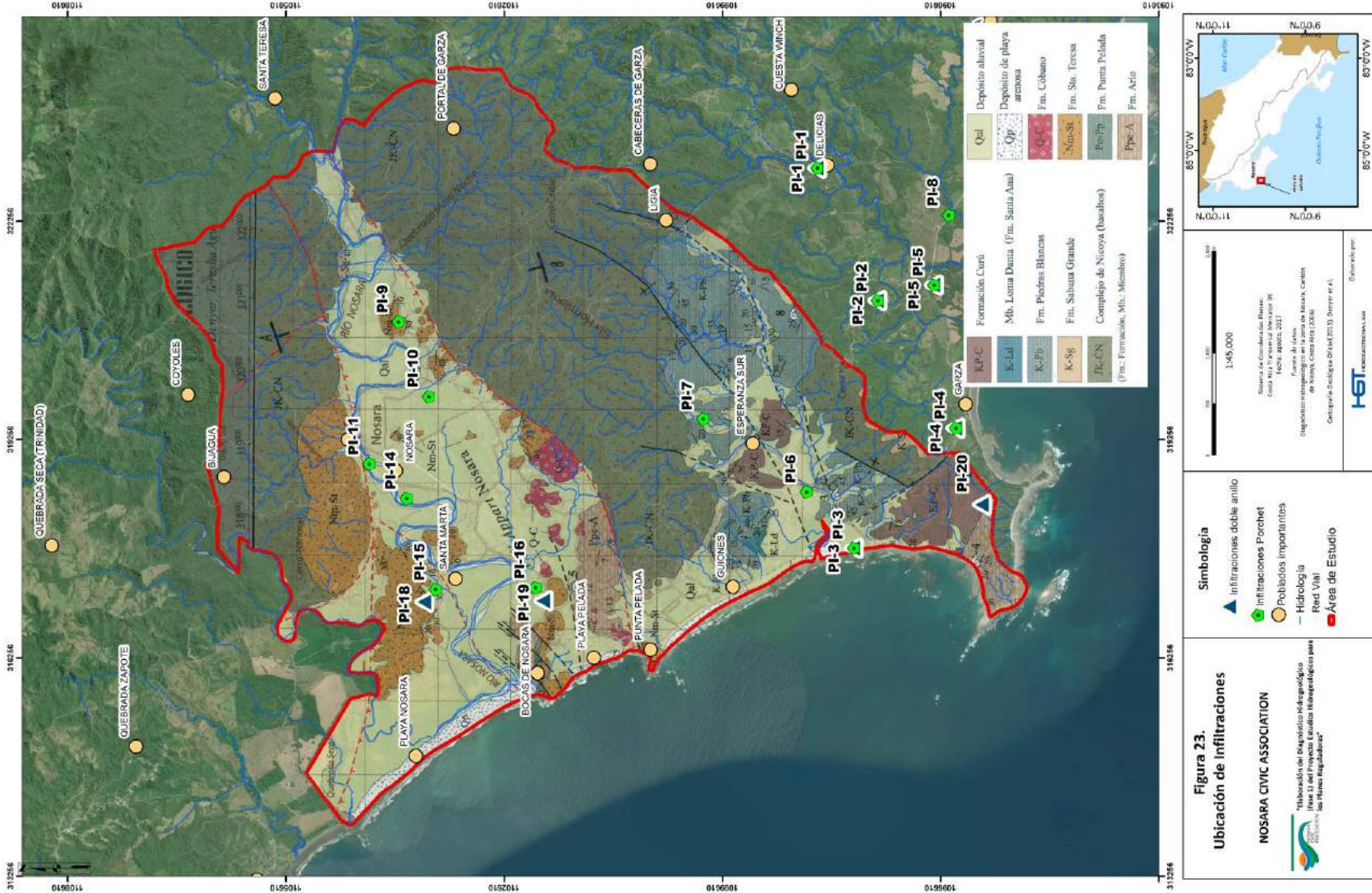


Figura 23. Mapa de infiltraciones en el área de estudio. (Fig.18 en el Atlas Cartográfico)

5.2. Parámetros del suelo.

5.2.1.1. Punto de marchitez

En este caso, las muestras se recolectaron en los mismos puntos donde se realizaron las pruebas de infiltración de SENARA (2006). Estas se muestran en el Cuadro 8. Estos rondan valores de capacidad de campo entre 38,75 y 43,45% y valores de punto de marchitez entre 21,77 y 24,85 %. Aun así, se considera necesario realizar la misma cantidad de pruebas de suelos que de infiltración para caracterizar idóneamente la zona no saturada.

Cuadro 8. Resultados de pruebas de suelo (Capacidad de campo, punto de marchitez y agua útil).

ID	PROF.	Clasificación del suelo ³	Clasificación del suelo ⁴	% ARENA	% ARCILLA	% LIMO	TEXTURA	CAPACIDAD	PUNTO DE	%AGUA
	cm)							CAMPO	MARCHITEZ	UTIL
PI-1	26-38	Arena, arena fina	Arena limpia	28	28	44	F	38,75	23,18	15,57
PI-2	25-38	Arena limosa	Arena fina y limo	38	26	36	FA	41,06	24,85	16,21
PI-3	24-32	Arena limosa	Arena fina y limo	34	26	40	A	40,79	23,9	16,89
PI-4	25-38	Arena limosa	Arena fina y limo	24	8	68	FA	42,81	21,77	21,04
PI-5	27-48	Arena limosa	Arena fina y limo	40	34	26	FA	39,94	24,86	15,08
PI-6	23-34	Arena limosa	Arena fina y limo	30	40	30	A	40,64	23,75	16,89
PI-7	24-30	Arena limosa	Arena fina y limo	28	42	30	A	42,07	22,94	19,13
PI-8	28-36	Arena limosa	Arena fina y limo	30	40	30	A	41,74	24,55	17,19
PI-9	23-31	Arena limosa	Arena fina y limo	26	40	34	A	39,81	23,94	15,87
PI-10	24-43	Arena limosa	Arena fina y limo	26	42	32	A	42,07	22,95	19,12
PI-11	27-39	Arena limosa	Arena fina y limo	30	42	28	A	43,45	24,67	18,78
PI-12	24-34	NO	NO	30	40	30	FA	40,67	22,84	17,83
PI-13	30-40	NO	NO	32	36	32	FA	42,94	23,91	19,03
PI-14	25-40	Arena limosa	Arena fina y limo	40	36	24	FA	41,86	22,77	19,09
PI-15	30-40	Arena limosa	Arena fina y limo	38	28	34	FA	39,99	23,65	16,34
PI-16	30-40	Arena limosa	Arena fina y limo	34	30	36	FA	42,64	23,5	19,14

³ Con base en la velocidad de infiltración según Terzaghi y Peck, en Sowers & Sowers, 1972

⁴ Con base en la velocidad de infiltración según Tschebotarioff, en Jiménez, 1954

PROMEDIO:	41,33	23,63	17,7
------------------	--------------	--------------	-------------

Fuente: (SENARA, 2006)

Capacidad de campo a 0,37 atmósferas

Punto de Marchitez Permanente a 15,0 atmósferas

Textura A= Arcilloso; FA= Franco arcilloso

Como se observa en la figura 25 de las 20 muestras realizadas por SENARA (2006) solo 9 muestras del cuadro 6 están dentro del área de estudio. Estas muestras se concentran cerca de dos cuerpos de agua principales, a saber, el Río Nosara y el Río Rempujo. Por lo tanto, existe un faltante de información en las partes altas ubicadas al norte y al sureste del área de estudio.

5.2.1.2. Densidad aparente

En este caso, SENARA (2006) realizó 20 análisis de porosidad y densidad aparente de las cuales 12 se encuentran dentro del área de estudio y que se mencionan en el cuadro 7. Estas densidades rondan valores propios de suelos arenosos, entre 0,86 y 1,37.

Cuadro 9. Densidades y porosidades en el área de estudio.

<u>ID</u>	<u>PSH</u> (g)	<u>PSS</u> (g)	<u>LECTURA</u>	<u>DEN.</u> <u>APARENTE</u> g cm ³	<u>DENS.</u> <u>REAL</u> g cm ³	<u>%</u> <u>POROS</u>	<u>VOL.</u> <u>SOLIDOS</u> cm ³	<u>VOL.</u> <u>AIRE</u> cm ³	<u>VOL.</u> <u>LIQUIDO</u> cm ³
PI-1	131,8	119,2	68,35	1,19	2,14	44,25	55,75	31,65	12,6
PI-2	126,2	113,4	68,7	1,13	2,03	44,1	55,9	31,3	12,8
PI-3	147,7	136,7	75,5	1,37	2,12	35,5	64,5	24,5	11
PI-4	149,9	135,4	75	1,35	2,24	39,5	60,5	25	14,5
PI-5	141,8	122,9	76	1,23	2,15	42,9	57,1	24	18,9
PI-6	133,9	106,7	79	1,07	2,06	48,2	51,8	21	27,2
PI-7	119,9	109,1	63,3	1,09	2,08	47,5	52,5	36,7	10,8
PI-8	152,6	133,1	81	1,33	2,16	38,5	61,5	19	19,5

PI-9	144,7	133,5	71	1,34	2,23	40,2	59,8	29	11,2
ID	PSH	PSS	LECTURA	DEN.	DENS.	%	VOL.	VOL.	VOL.
	(g)	(g)		APARENTE	REAL g cm3	POROS	SOLIDOS	AIRE	LIQUIDO
				g cm3			cm3	cm3	cm3
PI-10	125,4	110,4	68,8	1,1	2,05	46,2	53,8	31,2	15
PI-11	147,6	134,4	73	1,34	2,25	40,2	59,8	27	13,2
PI-12	132,7	122,1	66,7	1,22	2,18	43,9	56,1	33,3	10,6
PI-14	134,7	118,7	70,5	1,19	2,18	45,5	54,5	29,5	16
PI-15	131,7	118,2	67,8	1,18	2,18	45,7	54,3	32,2	13,5
PI-16	131,7	109	74,5	1,09	2,1	48,2	51,8	25,5	22,7
PI-18	97	86	56	0,86	1,91	55	45	44	11
PI-19	156,5	128,3	91,3	1,28	2,03	36,9	63,1	8,7	28,2
PI-20	109,7	93	65,8	0,93	1,89	50,9	49,1	34,2	16,7

Fuente: (SENARA, 2006)

Como se observa en la figura 25, estas muestras se concentran cerca de dos cuerpos de agua principales, a saber, el Río Nosara y el Río Rempujo. Por lo tanto, existe un faltante de información en las partes altas ubicadas al norte y al sureste del área de estudio.

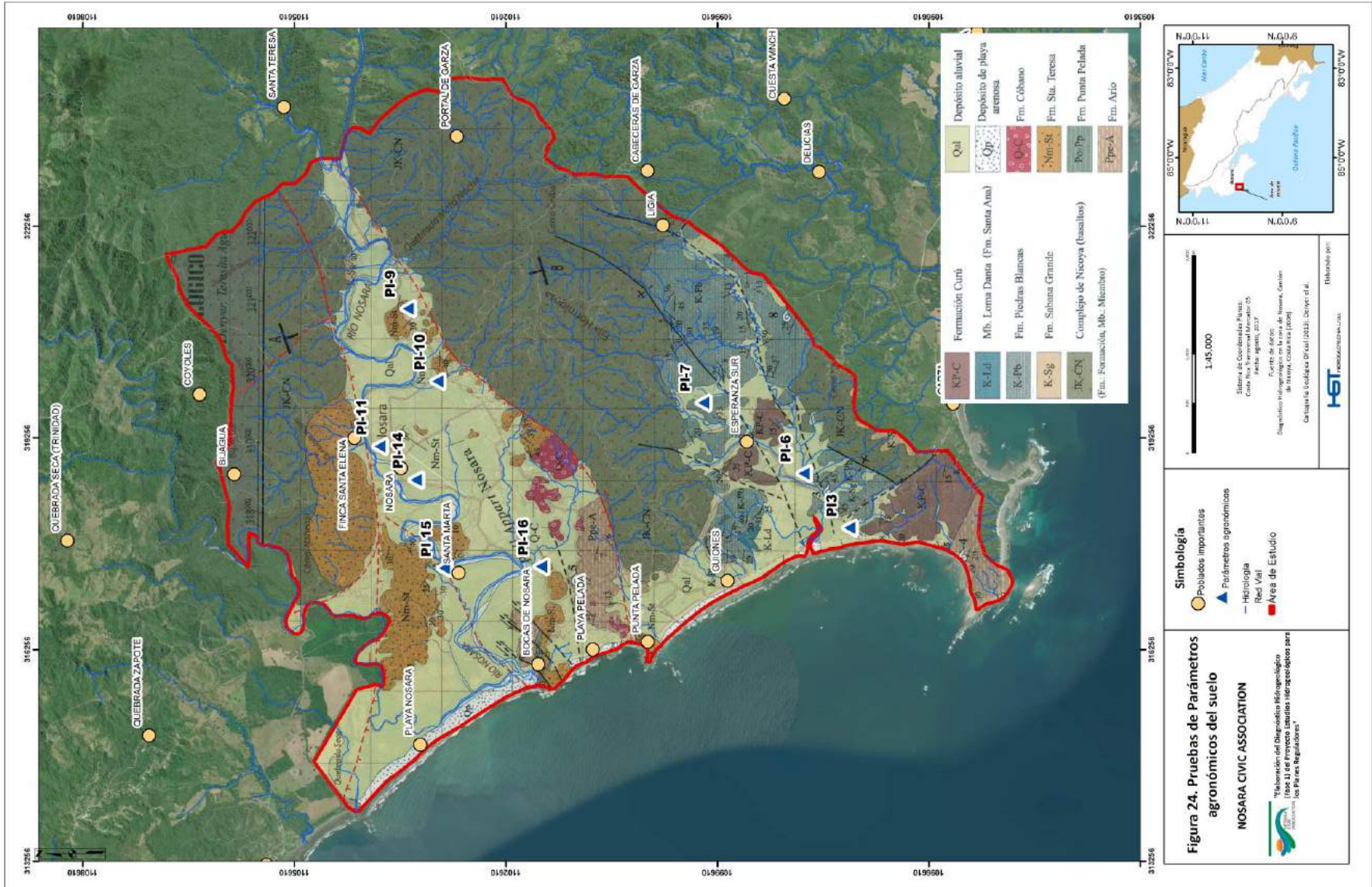


Figura 24. Mapa de parámetros agronómicos del suelo en el área de estudio. (Fig.19 en el Atlas Cartográfico)

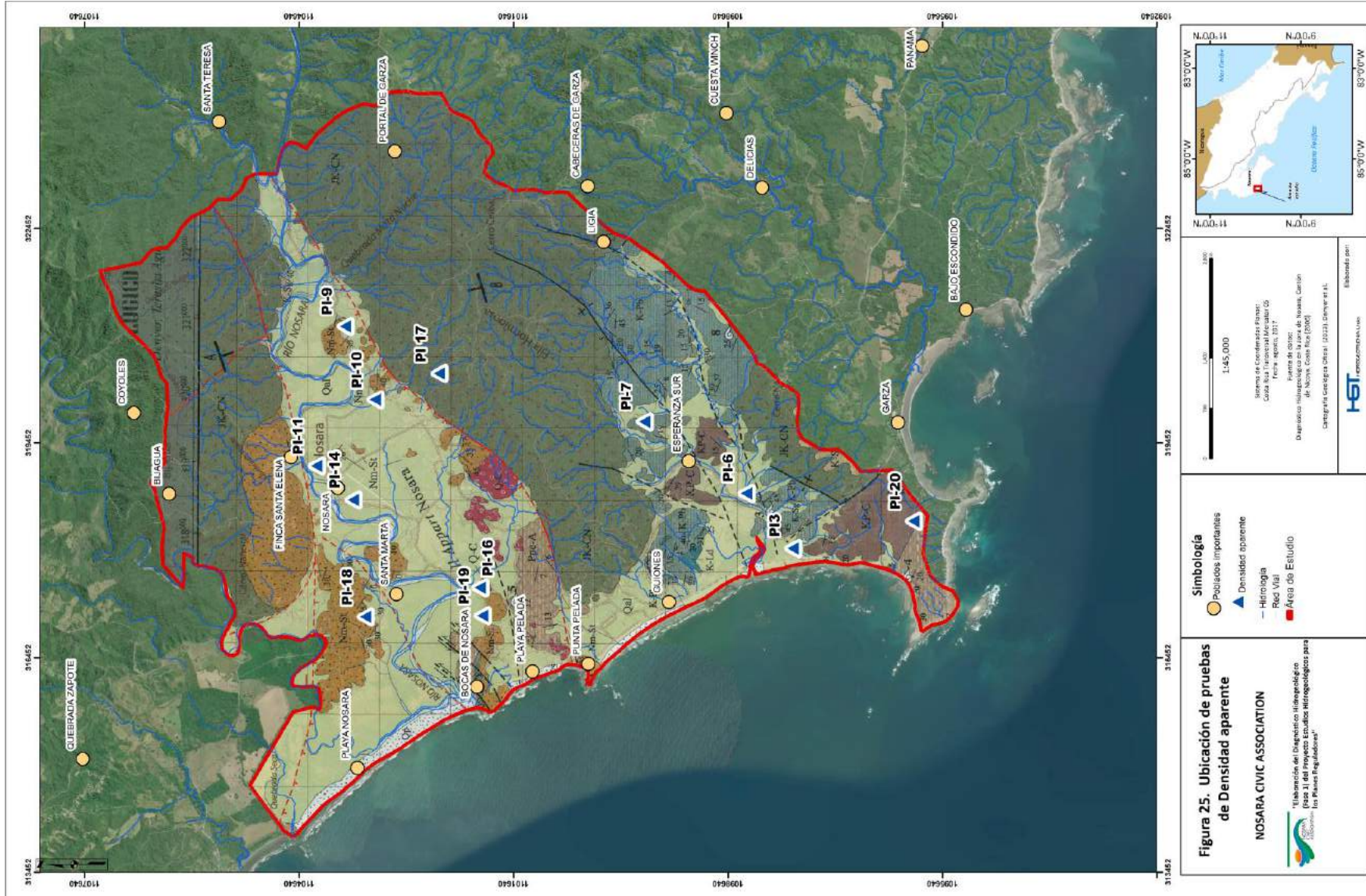


Figura 25. Mapa de valores de densidad y porosidad en el área de estudio. (Fig.20 en el Atlas Cartográfico)

5.2.1.3. Clasificación del uso suelo

En el área de estudio se tiene muy bien estudiado el uso del suelo, en primera instancia se tiene de Astorga (2009) para una parte del área de estudio, y también del año 2017 realizado por Nosara Civic Association y el Corredor Biológico del Río Nosara. A continuación, se presenta un pequeño resumen de las áreas y porcentajes de uso de suelo:

En la figura 26, se presenta el mapa de uso actual del suelo de un sector del área de estudio correspondiente a los IFAs. Este mapa se sintetizó a partir de fotografías aéreas recientes (particularmente CARTA 2005, así como datos de fotos del Programa de Regularización y Catastro) y datos de campo. (Astorga, 2009). Dentro del mapa de uso actual del suelo se han separado una serie de unidades de uso del suelo, que van desde las zonas de pastos hasta bosques primarios y secundarios.

El uso del suelo del año 2017 realizado por Nosara Civic Association y el Corredor Biológico (Figura 27) se presenta en el Cuadro 10 e indica la estadística básica de los tipos de uso actual del suelo obtenido para el área de estudio. Como puede observarse, las zonas urbanizadas corresponden con un 4.12 % del total del área. Las áreas con cobertura boscosa y manglares corresponden con 75 % y las áreas de playas y charral representan el restante 4.01 %.

Cuadro 10. Porcentajes de ocupación del uso de suelo actual

Tipos de Uso Actual	Área (ha)	Área (%)
Zonas Urbanizadas (Asentamientos Humanos)	251.49	4.12
Bosque	4420.05	72.48
Charral/ Tacotal	138.17	2.26
Cultivos	138.58	2.27
Espejo de Agua	66.26	1.08
Manglar	154.49	2.52
Pastos	278.16	4.56
Pastos con árboles dispersos	477.96	7.83
Playa	53.57	1.75
Roca	12.3	0.86
Suelo desnudo	107.01	0.27
	6098.04	100.0

Fuente: (Nosara Civic Association-Corredor Biológico del Río Nosara, 2017)

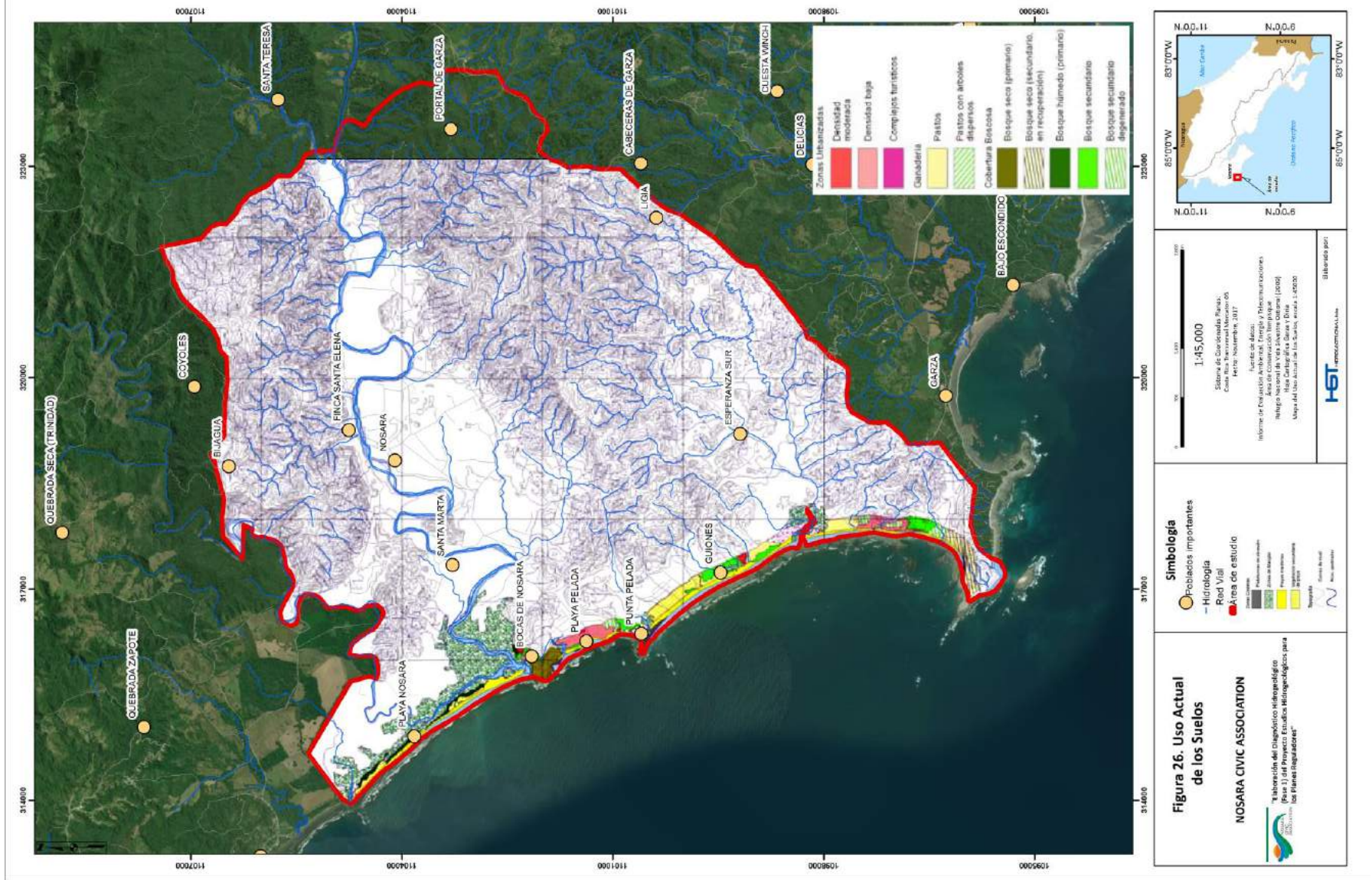
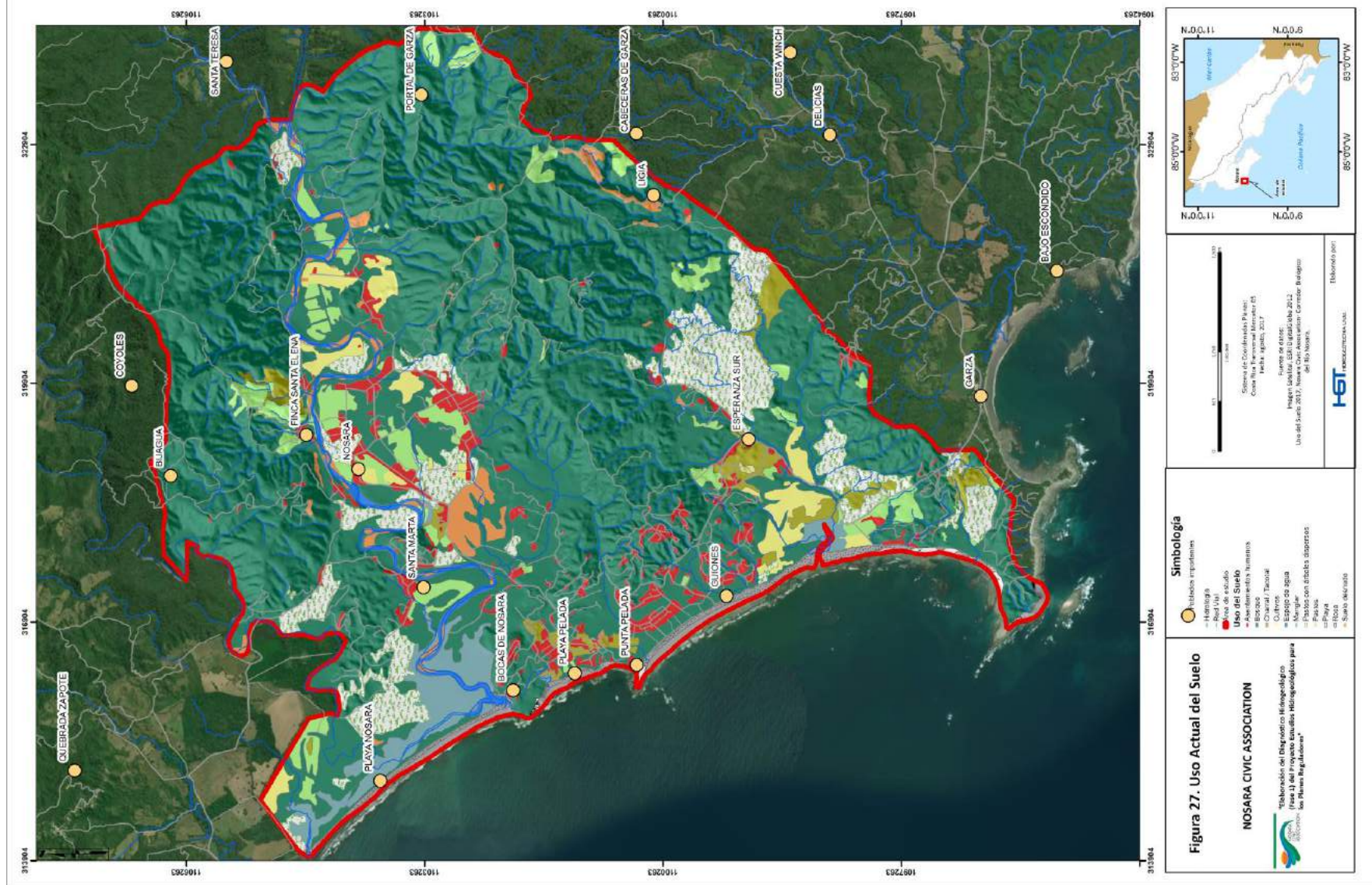


Figura 26. Uso del suelo en el área continental según (Astorga, 2009) (Fig.21 en el Atlas Cartográfico)



INFORMACIÓN METEOROLÓGICA Y HIDROLÓGICA

5.3. Información Meteorológica del Instituto Meteorológico Nacional

Como se muestra en la figura 28, a pesar de que existen únicamente dos estaciones dentro del área de estudio (Nosara), existe otra estación al este, permitiendo conocer e interpolar los valores meteorológicos y de precipitación en la parte alta del sitio. Por su parte, la ubicada más al este, presenta 2 estaciones que permiten modelar de mejor manera las condiciones en el área faltante del área de estudio. A pesar de que las estaciones se encuentran a distancias alejadas al sitio, el mapa de la

Figura 23 muestra que todas se ubican dentro de la misma zona de vida (bosque tropical húmedo), de modo que es de esperar que tengan condiciones climáticas similares, obedeciendo a los patrones de la zona de vida en cuestión. De este modo, se podría realizar un modelo de precipitación cuyos valores corresponden a valores promedio de precipitación, bastante preciso con las estaciones contabilizadas, ya que existe una buena distribución de estas con respecto a la extensión del área de estudio. Esto se puede observar en el Gráfico 8.

5.3.1. Estación meteorológica Nosara

Del SENARA, se cuenta información de la Estación de Precipitación de Nosara con un registro de precipitación cuyos valores corresponden a valores promedio de precipitación y temperatura entre 1976 y 1993. Esta es la única estación del IMN que se encuentra dentro del área de estudio.

5.3.2. Estación de precipitación Garza Fenco

Del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) se cuenta información de la Estación de Meteorológica Garza Fenco con un registro desde 1997 a la fecha y se encuentra a 1800 m de la zona de estudio, dentro de la misma zona de vida. Contiene información de precipitación cuyos valores corresponden a valores promedio de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima, brillo solar, viento predominante y humedad. Esta se colocó para sustituir a la estación NOSARA después de que se dejara de usar.

5.3.3. Estación Bobbi Jhonson

Esta estación pertenece a la ASADA de Playa Guiones, registra únicamente información de precipitación cuyos valores corresponden a valores promedio de precipitación desde 1995 a la fecha. Se encuentra al norte del área de estudio.

5.3.4. Estación Belén

Del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) se cuenta información de la Estación de Meteorológica Belén con un registro desde 1976 a 1990 y se encuentra a 13 km de la zona de estudio. A pesar de que se encuentra distanciada del área de interés, esta se encuentra dentro de la misma zona de vida, definida como bosque tropical húmedo, por lo que es de esperar que las condiciones climatológicas presenten los mismos patrones. Contiene información de precipitación cuyos valores corresponden a valores promedio de precipitación.

5.3.5. Estación Nicoya Extensión Agrícola

Del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) se cuenta información de la Estación de Meteorológica Nicoya con un registro desde 1949 a 2013 en precipitación y 1938 a 1987 en temperatura cuyos valores corresponden a valores promedio de precipitación, brillo solar y humedad. Se encuentra a 22 km de la zona de estudio. A pesar de que se encuentra distanciada del área de interés, esta se encuentra dentro de la misma zona de vida, definida como bosque tropical húmedo, por lo que es de esperar que las condiciones climatológicas presenten los mismos patrones. Esto para interpolar de mejor manera los parámetros de temperatura y brillo solar. Los datos otorgados se muestran a continuación:

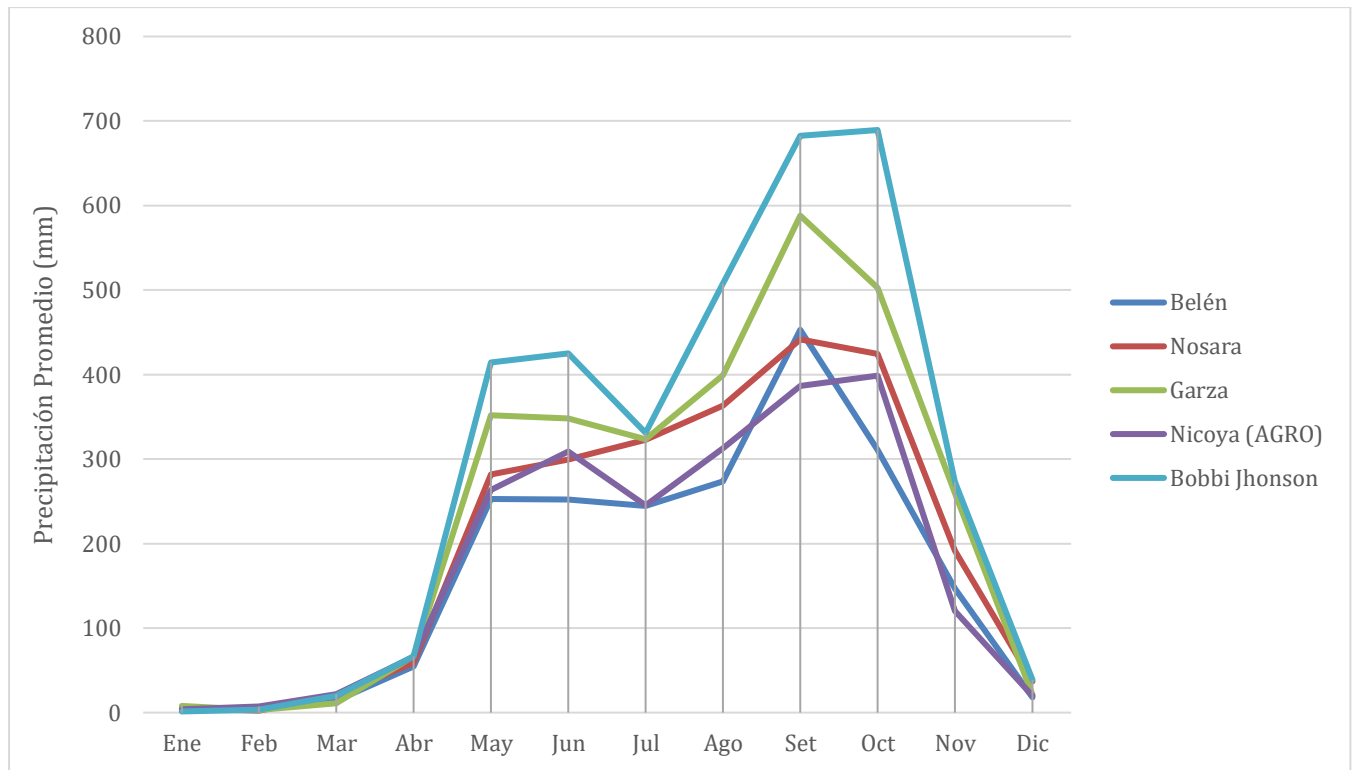


Gráfico 8. Gráfico de tendencia de los datos de precipitación promedio de las estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio.

Se recomienda utilizar las estaciones meteorológicas indicadas en el estudio para el cálculo del balance hídrico. Para la utilización de los datos se debe realizar una discretización y selección específica de los parámetros óptimos.

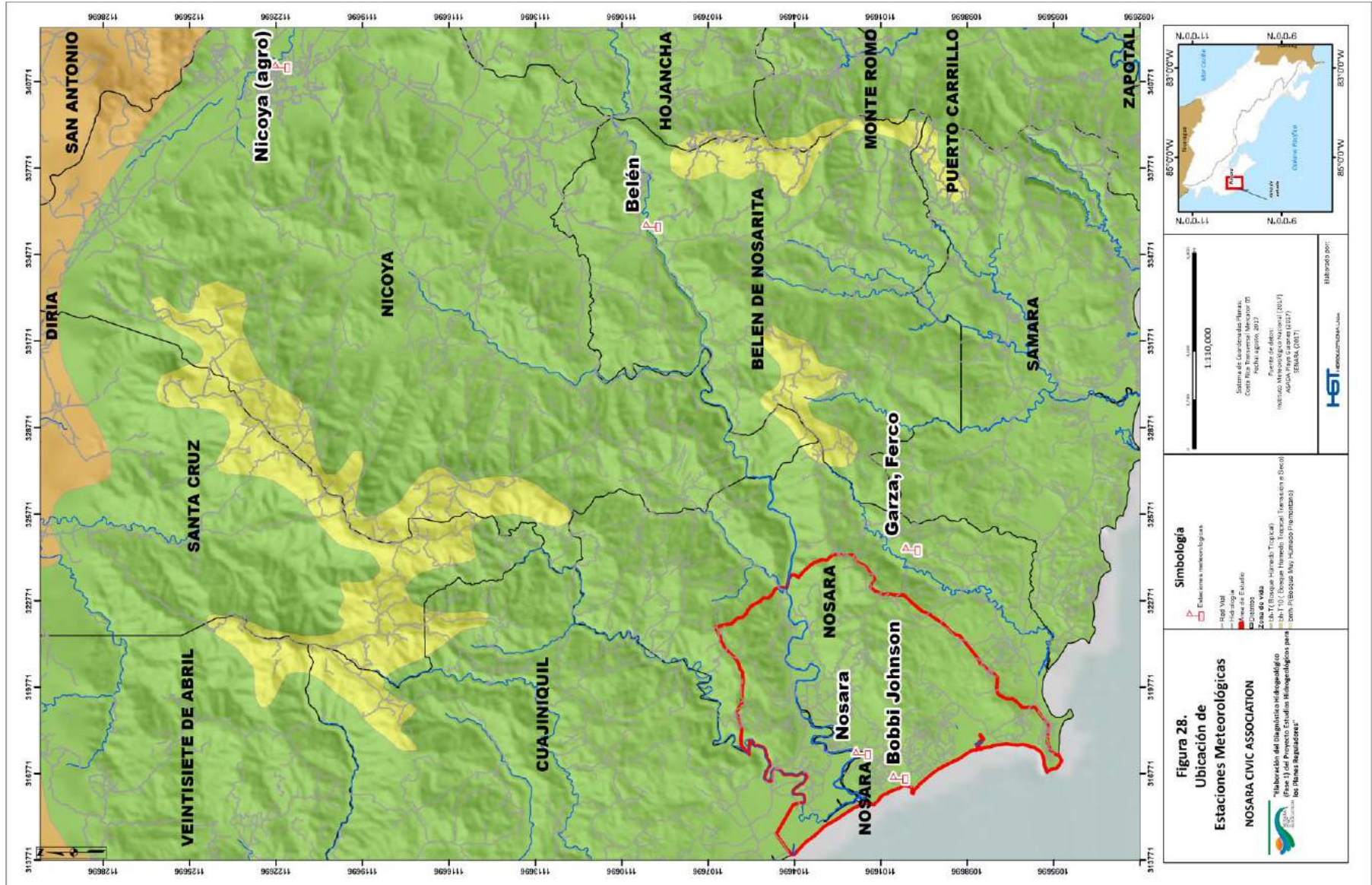


Figura 28. Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas y de precipitación cercanas al área de estudio. (Fig.23 en el Atlas Cartográfico)

Cuadro 11. Registro de información meteorológicas cercanas a la zona de estudio.

Estación	72117		Belén		Latitud	10°02'	Longitud	85°30'	Altitud (m.s.n.m)	153				
	Período		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	1976	1990	2	5,4	14,3	54,6	252,8	252,2	244,7	273,5	452,9	311	146,5	18,1

Estación	72120		Nosara		Latitud	9°58'	Longitud	85°40'	Altitud (m.s.n.m)	15				
	Período		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	1976	1993	4,5	2,3	20,8	59	281,9	299,4	322,5	363,1	441,6	424,2	191,3	37

Estación	72135		Garza		Latitud	9°54'	Longitud	85°36'	Altitud (m.s.n.m)	10				
	Período		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	1997	2013	7,9	3,1	11	66,7	351,6	348,3	323,7	399,1	588	502,6	259,6	20,9
TEM MAX (°C)	1997	2013	32,4	33,4	34,1	34,1	32,3	31,1	31,3	31,3	30,6	30,3	30,7	31,5
TEM MIN (°C)	1997	2013	20,7	20,3	21,1	22	23	22,5	22,1	22,1	22,7	22,6	22	21,2
TEM MED (°C)	1997	2013	26,6	26,8	27,6	28	27,7	26,8	26,7	26,7	26,7	26,5	26,3	26,4
Brillo Solar (h)	1997	2013	9	9,2	8,8	6,6	5,9	4,8	4,8	4,9	4,9	4,3	5,2	6,1

Estación	72101		Nicoya (AGRO)		Latitud	10°08'	Longitud	85°27'	Altitud (m.s.n.m)	120				
	Período		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	1949	2013	3,9	7,2	22	65,7	263,4	308,8	245,3	312,8	386,7	398,7	120,1	20,1
TEM MAX (°C)	1938	1987	32,6	33,8	35,3	35,5	33,7	32,3	32,1	32,5	32,2	31,5	31,4	31,9
TEM MIN (°C)	1938	1987	20,3	21,1	21,7	22,1	22	21,7	21,9	21,5	21,6	21,4	20,8	20,1
TEM MED (°C)	1938	1987	26,5	27,5	28,5	28,8	27,9	27	27	27	26,9	26,4	26,1	26
Brillo Solar (h)	1970	1984	8,7	9,1	8,4	7,9	6	4,8	5,8	5,8	4,7	4,9	6	7,9

Estación	PRIV		Bobbi Jhonson		Latitud	10°08'	Longitud	85°27'	Altitud (m.s.n.m)	120				
	Período		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	1995	2015	1,4	3,4	19,7	66,9	414,2	425,3	331,3	507,6	682,6	689,3	272,7	38,9

Fuente: (Instituto Meteorológico Nacional, 2017). Precipitación promedio.

5.4. Información Hidrológica

Para SENARA (2016), la zona de estudio incluye los acuíferos de las partes bajas de las microcuencas de los ríos Nosara, Rempujo y Garza. En el Cuadro 12 se incluyen los datos de las áreas de las partes bajas de las microcuencas seleccionadas.

Cuadro 12. Áreas de las partes bajas de las microcuencas en la zona de estudio.

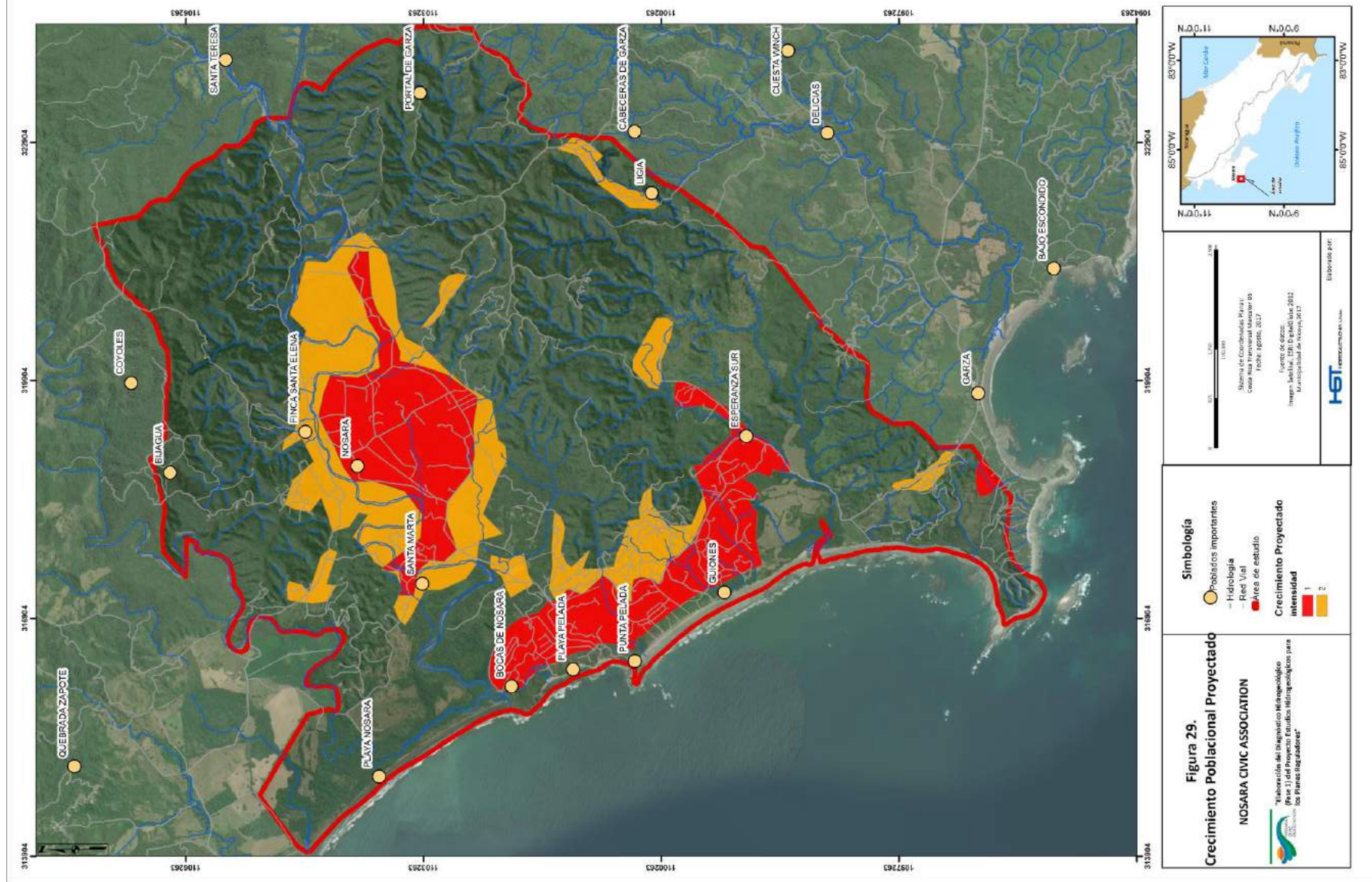
MICROCUENCA	ÁREA (km²)
Río Garza	17
Río Rempujo	13
Río Nosara	36

Fuente: (SENARA, 2006)

No existe registro de estaciones medidoras de caudal en la zona de estudio o de campañas de aforos realizados, por lo que no se incluye, tampoco se encontraron delimitaciones de la subcuenca. Deben realizarse aforos en toda la cuenca pertinente al parrea de estudio con el fin de conocer el caudal superficial en el área de interés.

6. ÁREA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL.

La Municipalidad de Nicoya ha suministrado las áreas de expansión de crecimiento urbano para la zona de estudio. Como podemos observar en la figura 29, se encuentran las áreas Potenciales de Crecimiento Poblacional, de las cuales se diferencian dos categorías de Intensidad Proyectada: La intensidad 1 hace referencia al mayor crecimiento poblacional de nuestra área de estudio con una superficie total de 6 967 546 m². La intensidad 2, que se refiere a una zona con menor densidad poblacional tiene un área estimada de 6 688 861 m².



7. RECOPIACIÓN DE PROPUESTAS DE LINEAMIENTOS ESPECÍFICOS PARA EL MANEJO Y PROTECCIÓN DE LOS ACUÍFEROS EN EL ÁREA.

7.1. Recomendaciones sobre recarga acuífera

SENARA en el Diagnóstico Hidrogeológico en la zona de Nosara en el 2006 recomendó hacer estudios hidrogeológicos exhaustivos para generar mapas de recarga y vulnerabilidad a una escala 1:25 000 como mínimo. Con la entrada en vigor de la nueva matriz de vulnerabilidad de acuíferos de SENARA (en el año 2017) se debe ampliar esta recomendación en el sentido de que cualquier propuesta o implementación para generar esta información debe estar alineada con los requerimientos y términos de referencia establecidos por esta nueva matriz. Según las recomendaciones hechas en el informe final de la Evaluación Ambiental Estratégica del Plan de Manejo Ostional, se dan varias propuestas sobre el recurso hídrico.

Mencionan que es importante hacer notar la importancia de administrar muy bien el uso del suelo en toda el área de recarga de estos acuíferos ya que su contaminación representaría también la contaminación del manglar que aporta nutrientes a las playas de anidación de tortugas de Ostional, esto en relación con el objetivo principal de ese estudio. Sin embargo, ante la innegable realidad de la importancia de desarrollar la zona, estos mismos autores indican que los desarrolladores y municipalidades, deben trabajar en conjunto, contemplar dentro de sus gastos las mejoras necesarias para mitigar los efectos negativos que tienen en su entorno, natural y social.

Deben comprometerse a colaborar con la construcción de acueductos, alcantarillado sanitario y el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas negras. Además, deben preocuparse por invertir en áreas de recarga para los acuíferos que abastecen de agua sus proyectos, por el desarrollo de parques para esparcimiento de sus habitantes (que a su vez sirven como corredores biológicos para algunas especies) y en general deben de contar con políticas de responsabilidad social.

Se agrega que se deben crear más veredas arboladas en los centros poblados en las playas, áreas verdes comunes, que sean multi-funcionales, que cumplan su papel como parques, para disfrute de sus habitantes y a su vez sirvan como corredores biológicos, zonas protectoras de ríos y zonas de recarga acuífera. Para mitigar los efectos de la impermeabilización resulta necesario establecer áreas estratégicas para implementar técnicas disminuyan la velocidad del agua superficial y favorezcan la infiltración; para así, disminuir la erosión y asegurar la recarga de los acuíferos.

7.2. Recomendaciones sobre la vulnerabilidad del acuífero y para zonas de protección y zonas de captura.

Según SENARA (2016), en el Diagnostico Hidrogeológico en la zona de Nosara recomendó hacer estudios hidrogeológicos exhaustivos para generar mapas de recarga y vulnerabilidad a una escala 1.25 000 como mínimo. Con la entrada en vigor de la nueva matriz de vulnerabilidad de acuíferos de SENARA (en el año 2017) se debe ampliar esta recomendación en el sentido de que cualquier propuesta o implementación para generar esta información debe estar alineada con los requerimientos y términos de referencia establecidos por esta nueva matriz. Además, se deberá tomar en cuenta para la definición de zonas de protección y zonas de captura lo que establezca la nueva Ley de Agua y sus reglamentos, los cuales están pendientes de creación. Así como el resto de legislación atinente a este tema.

En la figura 30 se observa las fuentes que deben tener una zona de protección de 40m, debido a la escala del mapa de la figura 30 no se logran apreciar ver las zonas de protección para los pozos (40m), sin embargo, se adjunta la información en un Sistema de Información Geográfica digital para que se pueda visualizar según sea requerido.

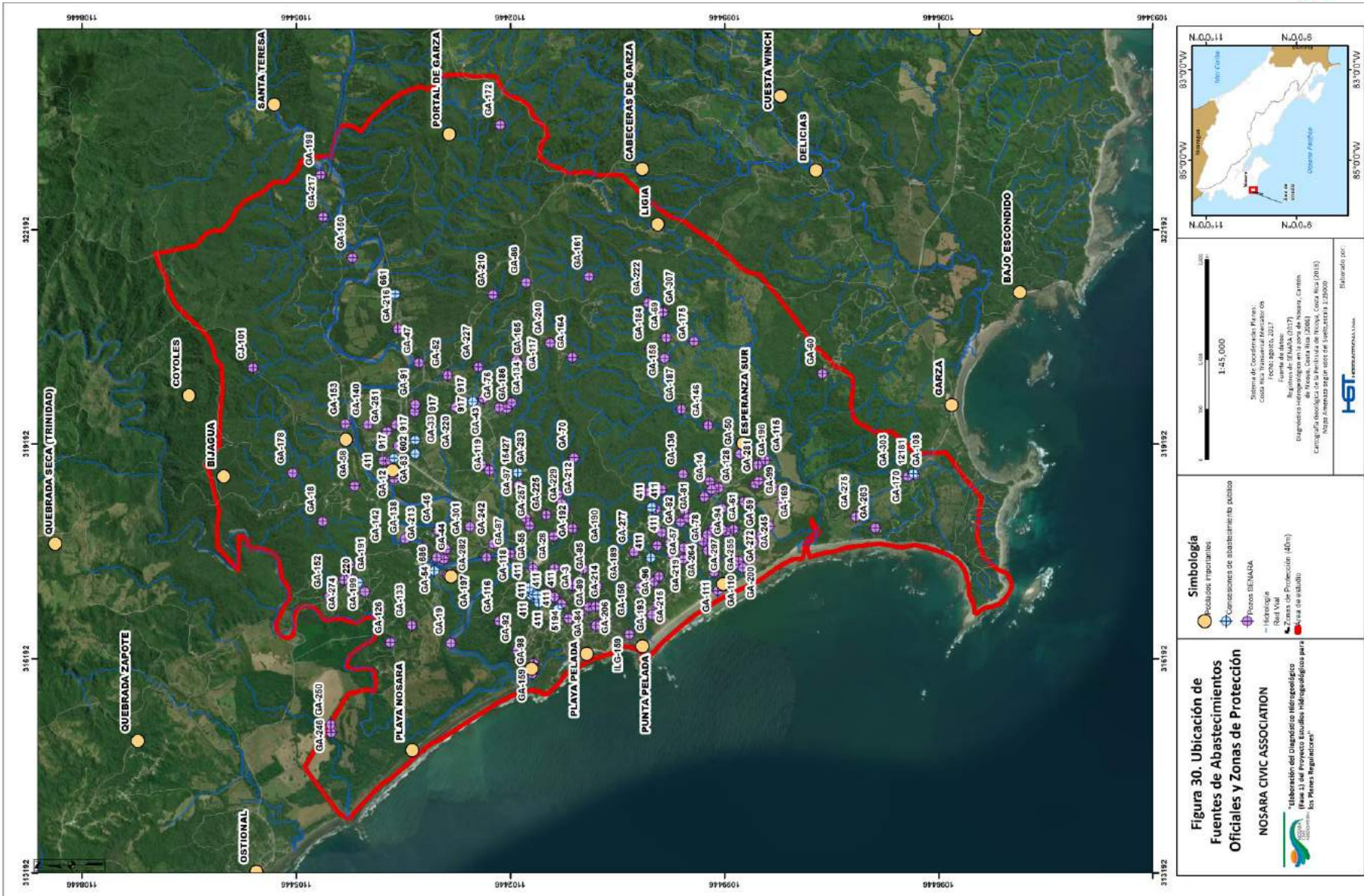


Figura 30. Fuentes con zona de protección por ley (40 m) (Fig.25 en el Atlas Cartográfico)

8. VALORACIÓN DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA

8.1. Escala de trabajo

En el Cuadro 13 se detalla la escala de los estudios realizados que poseen información geográfica.

Cuadro 13. Escala de trabajo

Mapa	Escala	Cumplimiento
Geología regional según (Denyer, Aguilar, & Montero, 2013)	1: 50 000	Si Cumple
Geología Local según (SENARA, 2006)	1: 38 460	Si cumple
Geomorfología según (Astorga, 2009)	1: 40 000	Si cumple
Geomorfológico continental según (Astorga, 2009)	1: 40 000	Si cumple
Geomorfológico continental según (Astorga, 2009)	1: 40 000	Si cumple
Geología Estructural según (Astorga, 2009)	1: 40 000	Si cumple
Hidrogeología según (Astorga, 2009)	1: 40 000	Si cumple
Hidrogeología según (SENARA, 2006)	1: 38 460	Si cumple

Tipos de suelo según el (Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2014)	1: 200 000	No cumple
(Nosara Civic Association y el Corredor Biológico, 2017)	1: 50 000	Si Cumple
(Borgoeing et al., 1983)	1: 1 00 000	No cumple

8.2. Cantidad y Distribución Espacial

Según los registros recopilados, se considera que la cantidad y distribución de pozos con litología según las formaciones geológicas de la zona permiten obtener los insumos suficientes para desarrollar la Fase 2 de los estudios hidrogeológicos para estudios reguladores.

Como ya se aclaró anteriormente en este documento en el sitio de estudio solo hay 4 pruebas de infiltración con la metodología de doble anillo, por lo que para desarrollar la Fase 2 se deberán realizar 26 pruebas de infiltración distribuidas uniformemente alrededor de la zona. Para evitar confusiones se considera necesario realizar la misma cantidad de pruebas de suelos que de infiltración (26) para caracterizar idóneamente la zona no saturada. Estas se deben de desarrollar con la metodología de doble anillo y obteniendo profundidad de raíces en el campo, granulometría, capacidad de campo, punto de marchitez, densidad aparente, porosidad, contenido de humedad, pesos específicos, límites y clasificación del suelo o porcentaje de arcillas, arenas y limos para obtener la clasificación: franco, arcilloso, limo y evidencias de niveles de saturación y aguas subterráneas.

Con respecto a la información meteorológica, se considera adecuada utilizando las estaciones de Nosara, Bobbi Johnson, Nicoya (extensión agrícola), Garza Ferco y Belén. Para la información de otras estaciones se puede completar los registros mediante un análisis estadístico habiendo varias metodologías como el análisis de doble masa, o cualquier otro que se justifique técnicamente. Esto dará más integridad a la serie de datos a utilizar en el análisis.

Cabe mencionar que a pesar de que las estaciones se encuentran a distancias alejadas al sitio, el mapa de la figura 23 se muestra que todas se ubican dentro de la misma zona de vida (bosque tropical húmedo) lo que las hace representativas del medio climático y relacionables entre sí.

8.3. Calidad

Todos los estudios recopilados y las bases de datos consultadas se considera que poseen una alta confiabilidad y calidad de la información. Sin embargo, algunos documentos no se consideran para la fase de diagnóstico y la siguiente fase del estudio hidrogeológico. La razón principal por la que no se tomarán en cuenta es por la escala a la que fueron desarrollados.

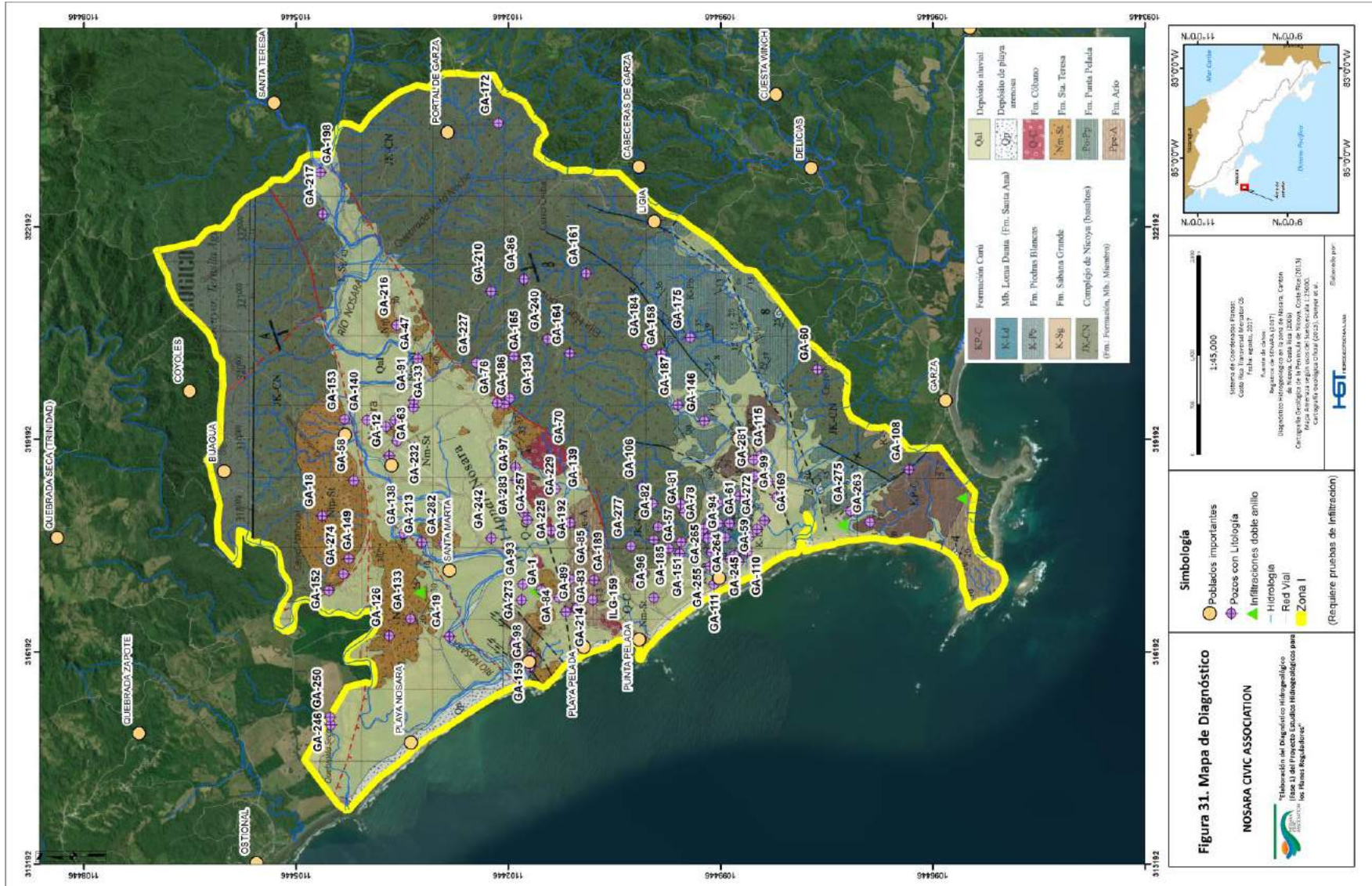
En el cuadro 11 se especifican los documentos que cumplen y cuáles no, para ser considerados como base para el estudio hidrogeológico. Se consultaron fuentes oficiales de instituciones tales como: Universidad de Costa Rica, SENARA, Instituto Meteorológico Nacional y Dirección de Aguas. Se trató de confirmar de manera oficial la inexistencia de una base de datos del SINAC, pese a los esfuerzos realizados no se tuvo respuesta, por lo que se adjunta la nota presentada a SINAC sobre este tema, a la cual no ha habido respuesta.

9. MAPA DE DIAGNÓSTICO DE LA INFORMACIÓN

Se determinó que el área de estudio (equivalente a 61 km²) posee la suficiente información para proseguir con la fase 2 de los estudios hidrogeológicos para planes reguladores.

El único faltante de información son pruebas de infiltración en la zona y los estudios de suelos respectivos, sin embargo; debido a que solo se requieren las pruebas de infiltración para desarrollar la fase 2, y dado a la facilidad de la toma de las mismas, se considera que en toda la zona de estudio se puede desarrollar la siguiente fase de los estudios hidrogeológicos.

En la figura 31, se visualiza el área clasificada como Zona I (área con suficiente información).



10. PROPUESTA DE ESTUDIOS HIDROGEOLÓGICOS

Para la fase 2 del estudio se debe de guiar por el acuerdo N° 4975 de SENARA, "Metodología General para la Elaboración de los Estudios Hidrogeológicos para los Planes Reguladores", utilizando como insumos la información recopilada en este estudio.

Los términos de referencia especificados en el acuerdo son los siguientes:

Basado en la definición de áreas potenciales de crecimiento del cantón y los resultados del diagnóstico de la información recopilada, se tiene que elaborar la propuesta de los estudios hidrogeológicos para realizar el modelo hidrogeológico, la vulnerabilidad y recarga acuífera, de las zonas con suficiente información hidrogeológica y de las zonas de crecimiento proyectado, todo con base en la definición de los requerimientos técnicos (levantamiento geológico, análisis de suelos, pruebas de infiltración, perforaciones exploratorias, etc.) necesarios para valorar dichas zonas de acuerdo a los términos de referencia establecidos en la Fase 2.

Escala de trabajo, sistema de referenciación geográfica.

La escala de trabajo, para todos los productos a generar, tendrán una escala definida en el diagnóstico de la información (las escalas estarán de 1:5000 a 1: 50 000) como mínimo.

El sistema de referenciación corresponde a la cuadrícula Lambert Costa Rica Norte y/o el sistema de CRTM05; la base geográfica es con las curvas de nivel y elevaciones cada 10 metros del programa de Regularización y Catastro y con intervalos cada 5 metros cuando exista la disponibilidad de la información.

Productos por entregar

El documento del estudio hidrogeológico y anexos se tiene que aportar en forma física, y un Atlas con los mapas impresos tanto a la escala de trabajo, como en formato doble carta y en forma digital el estudio y anexos en formato "PDF", los mapas en formato JPG, PDF y formato

tipo "shape" con sus respectivos metadatos; las cuales tienen que ser totalmente compatible con los programas cómputo de sistemas de información geográfica.

1- Geología de la zona de estudio: Para la Geología de la zona de estudio se tiene la información completa en el Apartado 4.1, ya que es solo se usará la geología desarrollada por Denyer et al (2013). La cual es bastante detallada para la zona.

Para la Fase 2 se deberá realizar un mapa geológico escala 1:50. 000 con base en la referencia anteriormente mencionada y un levantamiento de campo. Como complemento para se deberá realizar una comprobación de campo y un mapa de afloramientos a una escala 1:25.000, donde también se incluyan estructuras geológicas locales (fallas, alineamientos, pliegues, etc.) que deberá introducirse en la sección del mapa geológico.

Finalmente, en la sección de geología se podrá realizar opcionalmente el análisis de secciones delgadas de roca, estudios de geofísica, los perfiles geológicos y las fuentes (estudios) utilizadas para generar el mapa geológico local del área de estudio, el cual debe mostrar las unidades de roca definidas, caracterizadas y correlacionadas con las formaciones geológicas regionales, según los términos de referencia de SENARA para estudios hidrogeológicos (dos secciones por cada litología identificada).

Estudios de geofísica: Son opcionales dado el nivel de detalle de la geología de plasmada el mapa de Denyer et al. Se recomienda aplicar 2 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV) con una profundidad de 50 metros como mínimo con el arreglo necesario en la Fase 2, opcional a los SEVs, se puede aplicar una tomografía eléctrica, dependiendo de las condiciones y el área disponible para la auscultación geofísica. En cada uno de los sitios correspondientes con las coordenadas:

- Punto 1: 319427 E-1101474 N (Cerca de Fila Tigre)
- Punto 2: 320633 E-1106185 N (Cerca de Quebrada Yeguas)
- Punto 3: 323574E-1103292 N (Cerca de Portal de Garza)

Se indican los dos perfiles adicionales X-X' y Y-Y' que se deben de realizar en la Fase 2, con base en la información geológica existente y que se va a desarrollar paralelamente en la Fase 2. Los pozos indicados preferencialmente para generar los perfiles son: GA-172 y GA-274 para uno, para el otro perfil serían se podrá realizar con los pozos GA-161 y el GA-153.

Las características hidráulicas de los suelos con base en las unidades de roca definidas en el mapa geológico; se detallan en la Figura 23 la ubicación aproximada, se deben realizar 26 pruebas adicionales distribuidas uniformemente en el espacio a partir de las siguientes especificaciones en la Fase 2: Se considera necesario realizar 26 pruebas de infiltración en el cantón, para completar una densidad de una prueba de infiltración cada 2 Km², según la metodología (doble anillo), se debe presentar la memoria de cálculo y la gráfica del análisis de la pruebas.

Se considera necesario realizar 26 muestreos de suelo en el área de estudio, a manera de simplificar la cantidad de pruebas a realizar para cada parámetro del suelo para caracterizar idóneamente la zona no saturada. En figura 23 del documento se proponen la ubicación aproximada para completar una densidad de un análisis del suelo cada 2 Km², se deberán obtener los siguientes parámetros: Profundidad de raíces en el campo, Granulometría, Capacidad de campo, Punto de marchitez, densidad aparente, Porosidad, Contenido de humedad, Pesos específicos y Límites y clasificación del suelo o porcentaje de arcillas, arenas y limos. La profundidad mínima para toma de muestras es de 30 centímetros y está en función de la profundidad de raíces. Se deberá además realizar una verificación de los tipos de cobertura de vegetación para determinar adecuadamente la profundidad de raíces.

Con respecto a las pruebas de infiltración la duración final de cada prueba (doble anillo) es de dos 2 horas (120 minutos), en caso de que a las dos horas no se alcance la velocidad de infiltración básica, se debe proseguir la prueba hasta que se dé la proporción de cambio entre dos valores continuos es igual o menor del 10 %. Las pruebas se tienen que realizar en la superficie y los datos serán entregados tanto en formato digital en hojas electrónicas e impresos (memorias de cálculo y gráficas de análisis).

Las pruebas de infiltración y de características de suelo mencionadas como referencia, están disponibles al público mediante la biblioteca de la Escuela Centroamérica de Geología, bajo el informe de SENARA titulado: Diagnostico hidrogeológico en la zona de Nosara, cantón de Nicoya, Costa Rica. San José. Del año 2006.

2- Pozos, manantiales e información climática: Debido a que en la Fase 1 se obtuvo información suficiente y de calidad de las bases de datos de las instituciones requeridas para esa fase, la mayoría de la información está plasmada en este informe (apartado 3).

En caso de localizar nuevos o verificación de los ya existentes, tanto para pozos o manantiales y para fuentes de abastecimiento público se debe realizar levantamiento de campo con un sistema de posicionamiento global, se debe realizar en la proyección CRTM-05, diferenciado a que institución pertenecen (apartado 3). Aportar información para los pozos según los términos de referencia de SENARA: Longitud, latitud, altura, propietario, caudal, profundidad total, litología, nivel estático, nivel dinámico, armado, minuta de prueba de bombeo, parámetros hidráulicos, análisis de calidad de agua y caudal otorgado. Y para los manantiales aportar: Longitud, latitud, altura, propietario, caudal, análisis de calidad de agua, caudal de producción y caudal otorgado. Se incluye la información recopilada del cuadro 2, como como base ya que contiene todas las características que señala el SENARA en sus términos de referencia.

Los datos por utilizar en el apartado meteorológico tienen como origen el IMN, los registros deben ser representativos (con registro de fenómenos del niño). Solo que se ampliara el rango temporal para contar con mayor registro de datos y se deberán obtener de la fuente primaria (apartado 5). La información meteorológica para valorar deberá contener los datos por estación de cantidad de series, precipitación, temperatura, brillo solar. En casos muy calificados; se podrán utilizar métodos estadísticos para rellenar los faltantes de información, siempre y cuando se especifique la metodología (por ejemplo, análisis de doble masa) y que las series de datos son correlacionables entre sí. Las estaciones meteorológicas por utilizar son Nosara, Garza Fenco, Bobbi Jhonson, Belén y Nicoya Extensión Agrícola.

3- Hidrogeología del área de estudio: Se elaborará el modelo hidrogeológico conceptual del área de estudio y la determinación las características de los acuíferos presentes. Para tales efectos se debe considerar o construir a partir de información existente, al menos lo siguiente: Tipo de roca o material en la zona no saturada y saturada, clasificación hidrogeológica y potencial acuífero de las unidades litológicas, extensión y espesor de

acuíferos, transmisividad, conductividad hidráulica y coeficiente de almacenamiento, niveles freáticos o piezométricos, gradiente hidráulico, dirección de flujo de aguas subterráneas, cálculo de gradiente hidráulica. La gradiente hidráulica se deberá calcular a partir de las isofreáticas que se desarrollen en la zona y que se reflejen en los perfiles hidrogeológicos, preferiblemente tomando como referencia las direcciones de flujo desde la parte alta hasta una baja para cada sector o acuífero identificado. Las direcciones de flujo se deben elaborar de manera perpendicular a las curvas de las isofreáticas para cada acuífero identificado.

Se podrán utilizar los perfiles hidrogeológicos generados por SENARA (2006) y que se presentan en este estudio diagnóstico. Además, la realización de dos perfiles hidrogeológicos los cuales se tendrán que ejecutar con una correlación entre pozos perforados mínima de 1000 metros entre sí. La densidad de pozos perforados o número de perfiles hidrogeológicos adicionales a los ya expresados para lograr una buena caracterización de los acuíferos quedará a criterio del profesional en geología encargado.

El mapa hidrogeológico tiene que acompañarse con un informe detallado de la metodología de cómo se generó y clasificó las unidades hidrogeológicas. Debe contener al menos la distribución y extensión de los acuíferos y las clasificaciones hidrogeológicas de las formaciones geológicas, ubicación de pozos y nacientes, red de isofreáticas y líneas de flujo del o los acuíferos(s) modelado(s).

Las transmisividades reportadas van desde 0.23 m²/día a 1581 m²/día. (Cuadro 2. Registro de Pozos de SENARA).(SENARA, 2017). Se debe valorar los datos de transmisividad, siguiendo los parámetros mencionados por la DIGH de SENARA. Sin embargo, los registros sobre transmisividad son elaborados por terceros y no se cuenta siempre con las memorias de cálculos y gráficas para analizar la certeza de los datos; para la fase dos se deberán utilizar las transmisividades de los pozos que cuenten con la memoria de cálculos y la gráfica respectiva. Entre ellos los pozos GA-1, GA-12, GA-131, GA-210, GA-225, o cualquiera que se indica en el cuadro 2 con reporte de bombeo.

Se deberá realizar al menos 2 nuevos perfiles hidrogeológicos tomando en cuenta la nueva información geológica e hidrogeológica. Toda la información necesaria se encuentra en el Apartado 3 y 4 de este informe y deberá ser utilizado para la Fase 2, ya que se cuenta con información de calidad y bien distribuida para el área de estudio.

No se realizarán perforaciones exploratorias ya que densidad de pozos en el área de estudio es apta para la caracterización hidrogeológica de las diferentes unidades geológicas.

4- Recarga potencial y mapa de recarga potencial: Consiste en el análisis de las características de unidades litológicas que recubren los acuíferos definidos en el modelo hidrogeológico conceptual, para determinar las zonas de muy baja, baja, media, alta y muy alta recarga acuífera. Para ello se tiene que construir el mapa de recarga potencial anual utilizando la metodología del Balance de Humedad de Suelos a nivel mensual, basado en las características hidráulicas de las unidades litológica definidas en el punto 1, se tiene que utilizar la metodología de Balance de Humedad de Suelos; (Schosinsky; 2006).

La clasificación de las zonas de recarga potencial se definirá por medio de 5 clases y 3 clases, con el fin de contar con mapas de recarga potencial acordes con la matriz de protección de acuíferos vigente; utilizando la metodología del rango en donde el cálculo de los intervalos de la Recarga Potencial se hará con la operación de la suma del valor máximo y mínimo dividido entre el número de clases; por lo que la clasificación de los rangos de la recarga potencial queda de la siguiente manera:

Clase	Recarga potencial
1	Muy alta
2	Alta
3	Media
4	Baja
5	Muy baja

Clasificación de recarga potencial para estudio hidrogeológico Fase 2. Tomado de SENARA, 2015.

Se tiene que construir el mapa de recarga potencial anual utilizando la metodología del Balance de Humedad de Suelos a nivel mensual, basado en las características hidráulicas de las unidades litológica definidas en el punto 1, se tiene que utilizar la metodología de Balance de Humedad de Suelos; (Schosinsky; 2006).

Para obtener los parámetros del balance hídrico que utilizan el uso de la tierra deberá ser a la misma escala de trabajo definida para el estudio y elaborada con fotos o imágenes no mayor a 5 de años de antigüedad.

Confeccionar la propuesta de manejo para garantizar la cantidad del recurso hídrico subterráneo en las zonas de recarga definidas. Se deben revisar las regulaciones existentes e incluirse. Esta sección se deberá realizar con los demás insumos que están presentes en la Fase 1, apartado 3, 4 y apartado 5.

5- Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación y mapa de vulnerabilidad:

Consistirá en el análisis de las características de vulnerabilidad del o los acuíferos existentes, definidos en el modelo hidrogeológico conceptual y plasmado en el mapa hidrogeológico.

Se realizará el análisis de vulnerabilidad a la contaminación del acuífero por el método GOD (Foster e Hirata, 2002) u otro método de vulnerabilidad el cual se justificará según las características del acuífero, debe incluir al menos la evaluación de cada variable con su tabla de respaldo y mapa, los valores asignados según la metodología empleada y el mapa resultante; se debe aportar la metodología y los datos utilizados. Además, utilizar la información de pozos existentes, sondeos eléctricos verticales, estudios existentes y expedientes aprobados en SENARA.

En caso de existir información de las características de influencia y efluencia de los cursos de agua de la red de drenaje superficial en el cantón o la zona de estudio, se debe considerar este aspecto dentro del análisis de vulnerabilidad de los acuíferos en la zona. Se deberá plantear un análisis de riesgo de contaminación por intrusión salina, de acuerdo con la metodología establecida por SENARA, este procedimiento se deberá desarrollar en la sección de vulnerabilidad como un insumo separado del GOD o la metodología utilizada para determinar la vulnerabilidad

Para cada unidad de vulnerabilidad definida se tiene que realizar la propuesta de manejo del uso del suelo para garantizar la calidad del recurso hídrico subterráneo, con base en los resultados del mapa de vulnerabilidad. Se tiene que revisar las regulaciones existentes y ser considerada en la propuesta de manejo respectiva.

6- Zonas de protección de fuentes de agua:

Para este apartado se utilizará la información reportada en las bases de datos institucionales del Senara, Dirección de Agua del MINAE, AyA, ASADAS y Municipalidades; para lo cual se hace la siguiente división:

6.1 Zonas de protección de manantiales permanentes no captados, ríos, quebradas, arroyos, lagos y embalses

Se tienen que delimitar las zonas de protección para los siguientes cuerpos de agua, con base en lo establecido en el artículo 33 de la Ley Forestal, (Ley 7575):

Áreas de protección:

Se declaran áreas de protección las siguientes:

- a) Las áreas que bordeen nacientes permanentes, definidas en un radio de cien metros medidos de modo horizontal.

- b) Una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana, medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano, y de cincuenta metros horizontales, si el terreno es quebrado.

- c) Una zona de cincuenta metros medida horizontalmente en las riberas de los lagos y embalses naturales y en los lagos o embalses artificiales construidos por el Estado y sus instituciones. Se exceptúan los lagos y embalses artificiales privados.

- d) Las áreas de recarga y los acuíferos de los manantiales, cuyos límites serán determinados por los órganos competentes establecidos en el reglamento de esta ley.

6.2 Zonas de protección de pozos para uso privado

Se tienen que delimitar en el mapa las zonas de protección para los pozos privados con base en lo establecido en el artículo 8 de la Ley de Aguas, (Ley 276):

Artículo 8º Las labores de que trata el artículo anterior para alumbramientos, no podrán ejecutarse a menor distancia de cuarenta metros de edificios ajenos, de un ferrocarril o carretera, ni a menos de cien de otro alumbramiento o fuente, río, canal, acequia o abrevadero público, sin la licencia correspondiente del Ministerio del Ambiente y Energía. Tampoco podrán

ejecutarse estas labores dentro de una pertenencia minera, sin previa estipulación para el resarcimiento de perjuicios. (Así reformado por el Transitorio V de la Ley N° 7593, del 9 de agosto de 1996). Se deberá actualizar el mapa de este estudio si fuera necesario y si existieran nuevos pozos durante la elaboración de la Fase 2.

6.3 Zonas de protección de fuentes utilizadas para abastecimiento público (pozos, manantiales y tomas superficiales en ríos y quebradas)

Se debe realizar el mapa de zonas de protección de fuentes de abastecimiento público de acuerdo con lo establecido por la legislación vigente o bien a los establecidos mediante estudios técnicos hidrogeológicos específicos para cada toma. Sin embargo, como mínimo se tiene que aplicar lo establecido en el artículo 31 de la Ley de Aguas, (Ley 276):

Artículo 31.- Se declaran reserva de dominio a favor de la Nación:

- a) Las tierras que circunden los sitios de captación o tomas surtidoras de agua potable, en un perímetro no menor de doscientos metros de radio;
- b) La zona forestal que protege o debe proteger el conjunto de terrenos en que se produce la infiltración de aguas potables, así como el de los que dan asiento a cuencas hidrográficas y márgenes de depósito, fuentes surtidoras o curso permanente de las mismas aguas.

Artículo 32.- Cuando en un área mayor de la anteriormente señalada exista peligro de contaminación ya sea en las aguas superficiales o en las subterráneas, el Poder Ejecutivo, por medio de la Sección de Aguas Potables a que alude el artículo siguiente, dispondrá en el área dicha las medidas que juzgue oportunas para evitar el peligro de contaminación.

Debe realizarse el levantamiento de las fuentes de abastecimiento público en el campo y tiene que llenarse el formulario de SENARA-SINAC para tales efectos.

También se tiene que hacer una caracterización geológica in situ del afloramiento (en caso de nacientes o manantiales).

7- ZONIFICACIÓN HIDROGEOLÓGICA: Consiste en consumir los resultados de los apartados anteriores en un Mapa de Zonificación Hidrogeológica; este mapa es el resultado del análisis e integración de al menos los siguientes mapas:

- Mapa Hidrogeológico.
- Mapa de Zonas de Recarga.
- Mapa de Vulnerabilidad Intrínseca a la Contaminación.
- Mapa de Zonas de Protección y de captura de las fuentes de agua.

También se deberá realizar las propuestas de manejo del uso del suelo en relación con la recarga, vulnerabilidad y zonas de protección y de captura de fuentes de agua, que incorporará la variable hidrogeológica en el proceso de los Planes Reguladores para el cantón investigado, tanto para las zonas donde se realizó el estudio hidrogeológico como para las otras zonas del cantón.

Se deberá considerar las regulaciones existentes e incluirlas en la propuesta de manejo junto con las propuestas del modelo de recarga, vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos y zonas de protección y de captura de fuentes de agua.

11. CONCLUSIONES

- Existe información geológica y distribución adecuada de los pozos con litología según la formación geológica adecuada para desarrollar la fase 2 del estudio hidrogeológico. Existen 166 pozos registrados de los cuales 113 poseen litología reportada en los archivos de SENARA.

- En la geología regional, se destacan complejo de Nicoya, Formación Loma Chumico, Formación Sabana Grande, Formación Puerto Carrillo, Formación Piedras Blancas, Formación Curú, Formación Arío, Formación Punta Pelada, Formación Santa Teresa, Formación Cóbano y depósitos no consolidados del cuaternario.
- Sobre la geomorfología regional, destacan las unidades: Meseta Ignimbrítica de Guanacaste, Valle del Tempisque, Península de Santa Elena y Nicoya, Golfo de Nicoya,
- Sobre la hidrogeología regional, destacan la Unidad de Acuíferos Prácticamente Ausentes y Unidad de bajo a muy bajo potencial acuífero
- En la zona de estudio se identificaron 3 acuíferos: un acuífero en rocas volcánicas, un acuífero en rocas sedimentarias (litificadas) y un acuífero aluvial abierto.
- SENARA, 2006, posee 3 perfiles hidrogeológicos de la zona de estudio.
- La recarga potencial anual reportada para la cuenca del río rempujo es de 213,52 l/s y para la cuenca del río Nosara la recarga potencial anual reportada es de 591.29. Ambas microcuencas se encuentran en el área de estudio.
- No hay estudio donde se especifique líneas equipotenciales, vulnerabilidad de los acuíferos, amenazas de los acuíferos, riesgo de los acuíferos, zonas de protección y zonas de captura, zonas de restricción y área de reserva acuífera.
- Posterior a realizar el análisis respectivo se concluyó que toda el área de influencia del proyecto puede desarrollar la fase 2 de los Estudios Hidrogeológicos para planes reguladores, siempre y cuando se desarrollen al menos 26 pruebas de infiltración con la metodología de doble anillo, 21 pruebas de capacidad de campo y punto de marchitez y 19 pruebas de densidad aparente y porosidad y contenido de humedad.
- Se considera que las calidades de la información recopilada poseen un alta confiabilidad y calidad de la información. Se consultaron fuentes oficiales de instituciones tales como: Universidad de Costa Rica, SENARA, Instituto meteorológico Nacional y Dirección de aguas.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Astorga, A. (2009). *Informe de Evaluación Ambiental Estratégica del Plan de Manejo Ostional*.
- Bergoeing, J., Brenes, L.G., Malavassi, E., (1983). *Mapa Geomorfológico del Pacífico Norte de Costa Rica*. San José: IGN-UCR.
- Denyer, P., Aguilar, T., & Montero, W. (2013). *Cartografía Geológica de la Península de Nicoya, Costa Rica*. San José: Editorial UCR.
- Dirección de Aguas. (2017). Reporte de Concesiones. Retrieved from <http://www.da.go.cr/rp/login.action?userName=publico&password=publico>
- Flores, K. (2003). *Propuesta tectonoestratigráfica de la región septentrional del Golfo de Nicoya*. Universidad de Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2017). *Datos de estaciones meteorológicas*.
- Instituto Tecnológico de Costa Rica. (2014). *Atlas 2014*.
- SENARA. (2006). *Diagnostico hidrogeológico en la zona de Nosara, cantón de Nicoya, Costa Rica*. San José.
- SENARA. (2017). Reporte de Pozos. Retrieved from <http://base-digh.senara.or.cr/>
- Nosara Civic Association- Corredor Biológico del Río Nosara. (2017). *Uso del Suelo*.
- Instituto Geográfico Nacional (1983). *Garabito " Mapa Geomorfológico del Pacífico Norte de Costa Rica"*.

13. Anexos

13.1. Matriz de vulnerabilidad de SENARA.

VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO Y DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO PÚBLICO

ACTIVD. PRODUCTIVAS

Desarrollo	EXTREMA	ALTA	MEDIA
Sistemas urbanísticos y condominales sin acantarillado y sin planta de tratamiento	No se debe permitir	Se puede permitir sujeto a diseño apropiado de sistema de eliminación de excretas y aguas servidas. La densidad de población debe ser inferior a 25 hab/ha o lotes de 2000 metros cuadrados. El área de impermeabilización por hectárea no debe sobrepasar el 20%. En todos los casos, la SETENA solicitara el estudio hidrogeológico detallado, vulnerabilidad y riesgo y análisis de SETENA	Se puede permitir sujeto a diseño apropiado de sistema de eliminación de excretas y aguas servidas. La densidad de población debe ser inferior a 75 hab/ha o lotes de 650 metros cuadrados. El área de impermeabilización por hectárea no debe sobrepasar el 30%. En todos los casos, la SETENA solicitara el estudio hidrogeológico detallado, vulnerabilidad y riesgo y análisis de SETENA
Sistemas urbanísticos y condominales con acantarillado y planta de tratamiento	No se debe permitir	Se puede permitir con densidades inferiores a 50 hab/ha o lotes de 1000 metros cuadrados. El área de impermeabilización por hectárea no debe sobrepasar el 20%.	Se puede permitir con densidades inferiores a 150 hab/ha o lotes de 330 metros cuadrados. El área de impermeabilización por hectárea no debe sobrepasar el 30%.
Actividad Agrícola	EXTREMA	ALTA	MEDIA
Sistemas convencionales de producción agrícola (Café, caña azúcar, tomate, fresas, etc)	No se debe permitir	Se puede permitir siempre y cuando se utilicen agroquímicos de muy baja toxicidad, persistencia y movilidad. Debe contar con un plan de manejo de suelos de acuerdo al decreto 23214-MAG-MIRENEM. Se debe dar un manejo y tratamiento de los efluentes. La actividad debe contar con una certificación de buenas practicas agrícolas.	Se puede permitir siempre y cuando se utilicen agroquímicos de muy baja toxicidad, persistencia y movilidad. Debe contar con un plan de manejo de suelos de acuerdo al decreto 23214-MAG-MIRENEM. Se debe dar un manejo y tratamiento de los efluentes. La actividad debe contar con una certificación de buenas practicas agrícolas.
Otras actividades	EXTREMA	ALTA	MEDIA
De acuerdo al reglamento del Ministerio de Salud. Decreto 30465 S y el reglamento de vertidos y rehúso de aguas residuales. N. 26041-S MINAE. <i>No se incluyen las actividades urbanísticas, ganaderas y agrícolas antes mencionadas .</i>	No se debe permitir	No se permiten las actividades industriales de clase A por el alto riesgo a la contaminación. Se permiten otras actividades sujeto al tratamiento de efluentes y al almacenaje adecuado de sustancias peligrosas, con la impermeabilización de las áreas de almacenamiento y de manipulación de las sustancias.	Se pueden permitir sujeto a tratamiento de efluentes y al almacenaje adecuado de sustancias peligrosas, con la impermeabilización de las áreas de almacenamiento y de manipulación de las sustancias. Las actividades o industrias clasificadas como A deben realizar el estudio hidrogeológico detallado.