

**RESUMEN DEL
ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO
DEL PACÍFICO CENTRAL
DE COSTA RICA**



1

ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN: ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO PACÍFICO CENTRAL, AMÉRICA CENTRAL.

Este estudio de hidrogeológico de tipo regional, fue realizado por la Dirección de Investigación y Gestión Hídrica del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento y finalizó en el 2021.

Los funcionarios involucrados en la elaboración de esta investigación hidrogeológica fueron, Geól. Msc Marita Alvarado Velas, Geól. Licda Magdalena Monge Cordero, Geól. MSc Michelle Arias Fernández, Geól, Msc Jonathan Chinchilla Cortés, Geóg. Lcda. Katherine Briones Cambroner, bajo la coordinación de Geól. Lic Alonso Alfaro Martínez y la supervisión de Geól. MSc Roberto Ramírez Chavarría

El informe completo, ficha técnica, modelaciones numéricas y otras informaciones relacionadas a esta investigación pueden encontrarse en la página oficial de SENARA, o por medio del siguiente QR:



CONTRATACIÓN:
2022CD-00005-001880001

CRÉDITOS:
Aprobado por:
Msc. Roberto Ramírez Chavarría
Director
Dirección de Investigación y Gestión Hídrica

COLABORACIÓN:
Ing. Diana López Casanova
Administración contratación
Dirección de Investigación y Gestión Hídrica

EDICIÓN Y DISEÑO:


ANDALUZ liliam.alvarez@gmail.com
+506 8846-3228

VERSIÓN
Fecha de aprobación: 21 de octubre 2022
Contacto: noti.dig@senara.or.cr



**Para consultas
comunicarse al**

 22579733
 noti.digh@senara.go.cr
 www.senara.or.cr

2

JUSTIFICACIÓN: DE LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO.

La disponibilidad de agua potable constituye un requisito fundamental para el desarrollo e instalación de cualquier actividad económica y social en el país, siendo que la demanda del recurso resulta sumamente alta y es amenazada debido a las actividades antrópicas que se derivan de los sectores agrícolas y turismo principalmente. Aunado a la ausencia de planes de ordenamiento territorial que promuevan un desarrollo planificado acorde a la disponibilidad del recurso hídrico.

En falta de capacidad de los operadores estatales, para atender las necesidades y demandas de los distintos sectores productivos, una parte importante de la población ha optado a tener acceso al agua a través de pozos de extracción de aguas subterráneas de forma privada.

En la región del Pacífico Central de Costa Rica existe una importante demanda hídrica, aumentada año con año por la afluencia y desarrollo inmobiliario turístico en las zonas costeras, actividad que constituye un ingreso económico importante para el sector. Alrededor de 600 pozos de extracción de aguas subterráneas se localizan desde Herradura hasta Uvita, constituyendo una de las principales fuentes de captación de agua potable para consumo humano y para abastecer a todas las actividades que se

desarrollan dentro de esta región. Esta situación contribuye enormemente en el incremento en la demanda por el recurso agua, para cubrir las diferentes necesidades, aspecto que incide directamente en su disponibilidad.

El estudio hidrogeológico de los acuíferos del Pacífico Central nace como una necesidad de generar conocimiento técnico en temas relacionados con disponibilidad, calidad y vulnerabilidad del recurso hídrico subterráneo enfocado en una de las zonas costeras de Costa Rica, para que las instituciones tomadoras de decisiones cuenten con mayor información técnico-científica a la hora de velar por la protección del recurso hídrico, garantizar su adecuada gestión y distribución a los habitantes, satisfaciendo su propia necesidad de consumo y las distintas actividades y procesos generados según el crecimiento económico en la zona.

Esta investigación se generó dentro del marco del Programa de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PROGIRH) – SENARA en atención a la importancia de los acuíferos del Pacífico Central y la necesidad de generar conocimiento técnico y al deber institucional de proteger e investigar el recurso hídrico subterráneo.

3

PROPÓSITO DE LA INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA

El Estudio Hidrogeológico en los Acuíferos del Pacífico Central, abarca aspectos tales como geología, modelación hidrogeológica, flujo del agua subterránea, estimación de la recarga potencial a los acuíferos y vulnerabilidad acuífera. Asimismo, constituye un aporte científico y técnico para el entendimiento de la situación hídrica en la región, con miras a garantizar la protección y gestión adecuada del recurso agua en comunidades que pueden presentar cierta fragilidad ante posibles eventos de sequía o demanda extraordinaria, como puede ser la afluencia turística en épocas vacacionales.



El SENARA mediante la elaboración de investigaciones y estudios hidrogeológicos garantiza la seguridad hídrica de las zonas estudiadas , además de que brinda insumos técnicos que permiten el derecho humano de acceso al agua.

Este conocimiento técnico y científico no solo resulta de interés para las comunidades del área, sino que también representa un insumo importante para las municipalidades de Garabito, Parrita, Quepos y Osa, las cuales pueden tomar este estudio como punto de partida para el desarrollo del componente hidrogeológico en los planes reguladores y de ordenamiento territorial, logrando de esta forma un mejor control y administración adecuada del desarrollo de las actividades que se generan en la cuenca.

A su vez, este estudio puede resultar de interés para diversos grupos ambientalistas u organizaciones no gubernamentales, cuyas operaciones se desarrollan en el área, quienes pueden utilizar la información generada e incorporarla como un insumo importante para el cumplimiento y manejo de sus programas educativos y de protección de especies y ecosistemas



4

OBJETIVO GENERAL

Determinar el potencial hídrico de los acuíferos existentes en las partes bajas de las cuencas Herradura-Jacó, Hermosa-Esterillos, Parrita, Damas-Quepos, Naranjo-Savegre-Matapalo y Dominical-Ballena, para proteger y gestionar sosteniblemente en el uso adecuado de la aguas subterráneas.



5 UBICACIÓN

La zona de estudio se extiende desde el sector de Herradura en el promontorio del sector de Cerro Chiqueros (zona de Villa Caletas) al NW de Herradura (cantón de Garabito); hasta la zona de Punta Mala-Fila Marítima al NE de Ojochal-Tortuga (cantón de Osa) en la zona sur de la costa Pacífica de Costa Rica; abarcando segmentos de las partes medias y bajas de las sub-cuencas de la gran cuenca costera del Pacífico Central, esto entre los cantones de Garabito, Parrita, Aguirre y Osa en la provincia de Puntarenas y los cantones de Turrubares, Puriscal y Pérez Zeledón en la provincia San José.

El área de estudio corresponde a 1749,5 km², con una longitud de 135 km de NW a SE y la elevación máxima de la zona de estudio es de 2116 m.s.n.m. en el Cerro San Jerónimo y la elevación mínima es de 0 m.s.n.m. en la costa de toda el área. Geográficamente se sitúa entre las coordenadas 1000740-1078350 latitud Norte y 425300-545950 latitud Este, cuadrícula CRTM05 de las hojas cartográficas Herradura, Tárcoles, Candelaria, Parrita, Dota, Quepos, Savegre, Dominical, Repunta y Coronado, escala 1:50000, los cuales son editadas por el Instituto Geográfico Nacional (Figura 1).

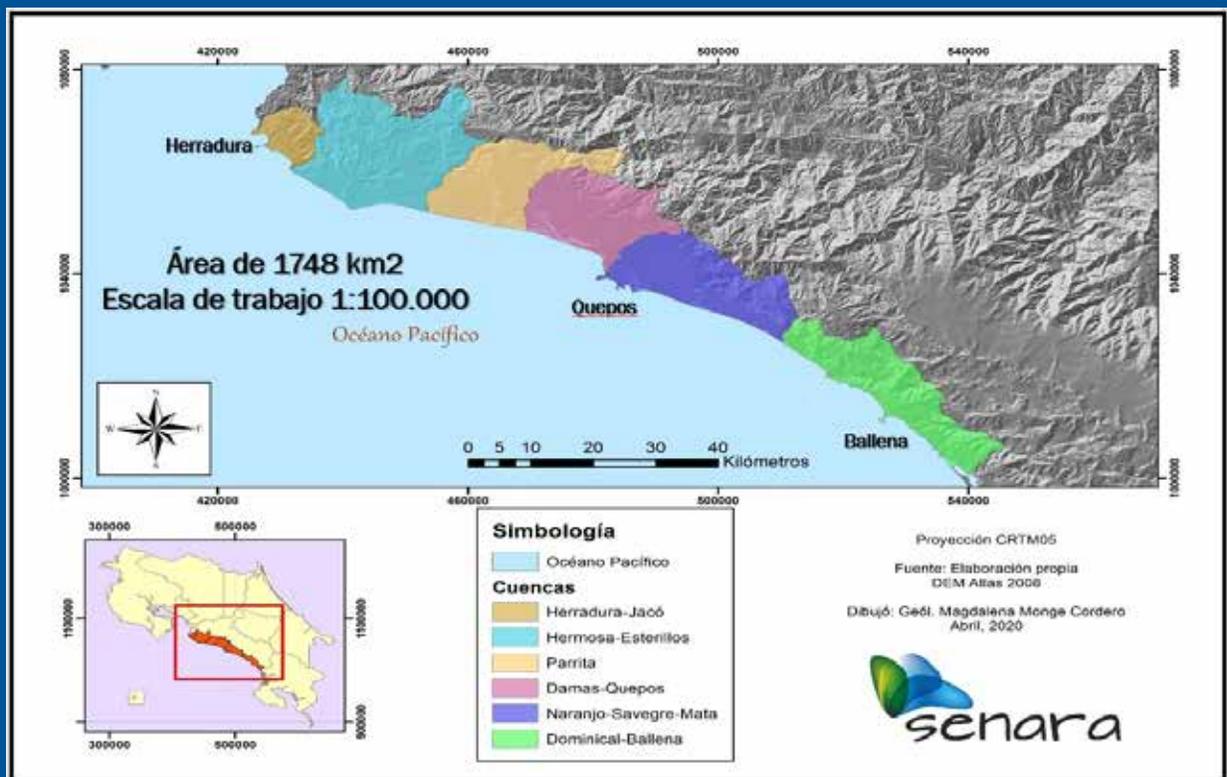


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

6

CUENCAS HIDROGRÁFICAS

La zona del Pacífico Central se encuentra en la gran cuenca Costera Pacífico Central (Figura 2), para efectos de este estudio se divide el área en 6 sectores, los cuales se enumeran en la tabla 1.

Sectores	Área (km ²)	Cantones que abarca
Herradura-Jacó	77,9	Garabito
Hermosa-Esterillos	467,4	Garabito, Turrubares, Puriscal, Parrita
Parrita	281,3	Parrita, parte de Acosta
Damas-Quepos	225,8	Parrita, Aguirre
Naranjo-Savegre Matapalo	376,3	Aguirre
Dominical -Ballena	320,8	Aguirre, Pérez Zeledón, Osa
TOTAL	1749,5	

Tabla 1. Distribución de la zona de estudio

Además, se caracteriza por la presencia de áreas silvestres protegidas, localizándose los parques nacionales de Manuel Antonio y Marino Ballena, así como los refugios de vida silvestre de Portalón, Transilvania, Rancho La Merced, entre otros (Figura 2).

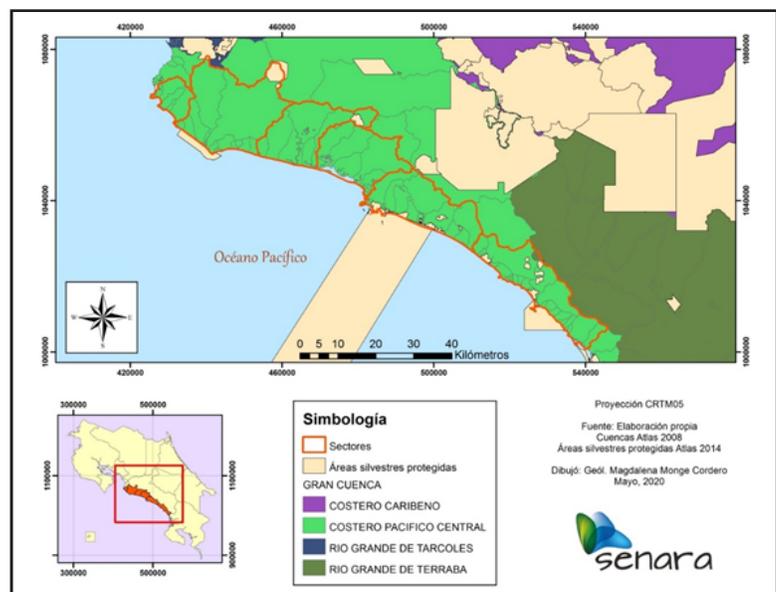


Figura 2. Cuencas principales y áreas silvestres protegidas

7

MARCO GEOLÓGICO

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



Complejo de Nicoya (Basamento Regional)

Para el sector del Pacífico Central de Costa Rica, coladas masivas, en almohadillas y brechas afloran desde el nivel del mar (Herradura) hasta alturas de unos 1500 metros (Cerro Turrubares). El espesor de este conjunto basáltico es entonces considerable pero no se conoce con precisión por falta de datos estructurales. Es conocida, desde hace tiempo, la importancia de este volcanismo submarino.

Formación Golfito

Obando (1986) indica que esta formación corresponde con calizas silíceas y alternancias rítmicas de areniscas y lutitas silíceas, que se encuentran expuestas en la zona de Golfito.

Formación Tulín

Está constituida por brechas hialoclásticas, sedimentos epiclásticos, basaltos, piroclastos, gabros y cumulitas de olivino (Arias, 2003).

Formación Punta Serrucho

Consiste de inter-estratificaciones de paquetes con espesor centimétrico y esporádicos decímetros de areniscas de grano fino a grueso, con clastos guijarrosos. Predomina la granulometría fina, la cual a veces contiene materia orgánica diseminada.

Formación Caótica Punta Quepos

Está compuesta por clastos del Complejo básico, brechas y conglomerados de la Formación Brecha Puerto Carrillo, lutitas y areniscas silíceas (turbiditas distales de la Formación Lutita–Areniscas Cabo Blanco), areniscas y lutitas calcáreas y calcarenitas someras, las cuales se encuentran mezcladas y deformadas sinsedimentariamente con las “calizas de Quepos”.

Formación Fila de Cal

Constituida principalmente por calizas con macroforaminíferos, cuya depositación ocurrió durante el Eoceno Medio – Superior en condiciones ambientales estables, con aguas turbulentas pero sin turbidez, cálidas y oxigenadas debidas a una disminución en la actividad volcánica durante la época.

Formación Térraba

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

Unidad Zapote:

Compuesta por rocas turbidíticas de areniscas, limolitas y arcillolitas con intercalaciones de productos de vulcanismo submarino, como aglomerados y brechas. Presenta estructuras sedimentológicas como ondulitas, flute cast, huellas de impacto y escasos fósiles.

Unidad Lagarto:

Es la facies proximal de la secuencia turbidítica, con abundantes conglomerados y areniscas y depósitos de canales. Tiene un espesor variable de 1200 a 1500 m.

Formación Puerto Nuevo

Se compone de diques y stocks de pequeño tamaño, en los alrededores de Puerto Nuevo y Punta Uvita, los cuales agrupa dentro de un grupo toleítico, el cual comprende basaltos, andesitas basálticas y andesitas, así como gabros. Además, indica que en muestras de mano, las rocas presentan texturas afíricas a porfiríticas, de color gris a gris oscuro, con poca alteración.

Formación Punta Judas

Se refiere a una secuencia con un espesor cercano a los 300 metros, que aflora en una plataforma de abrasión en Punta Judas, Esterillos Oeste. Está constituida principalmente por areniscas finas, muy fosilíferas, especialmente con moluscos, equinodermos e incofósiles y en menor proporción lodolitas, lutitas, brechas y conglomerados, depositadas en ambientes marinos de sublitorales a litorales, desarrollados durante el Mioceno.

Formación Punta Carballo

Esta formación está compuesta principalmente por rocas siliciclásticas (areniscas finas, medias y gruesas, lutitas, conglomerados y brechas). Con base en los moluscos y foraminíferos se ha determinado una edad Mioceno (Inferior-Medio y Superior).

Formación Curré

Esta formación se compone de areniscas pardas de granulometría media, estratificadas en capas de mediano espesor, con intercalaciones menores de conglomerados y lutitas; toda la secuencia presenta materiales tobáceos o detritos derivados de rocas volcánicas.

Formación Paso Real

Descrita originalmente por Dengo (1953, 1962a) como un conjunto de estratos depositados en un ambiente subacuático, asociados con aglomerados y con lavas.

Mora (1979) le asigna una edad Plioceno – Pleistoceno Inferior y la divide en las unidades El Brujo (materiales predominantemente sedimentarios) y Mano de Tigre (productos volcánicos). En Linkimer & Aguilar (2000) se describe además la unidad Río Boquilla.

Unidad El Brujo:

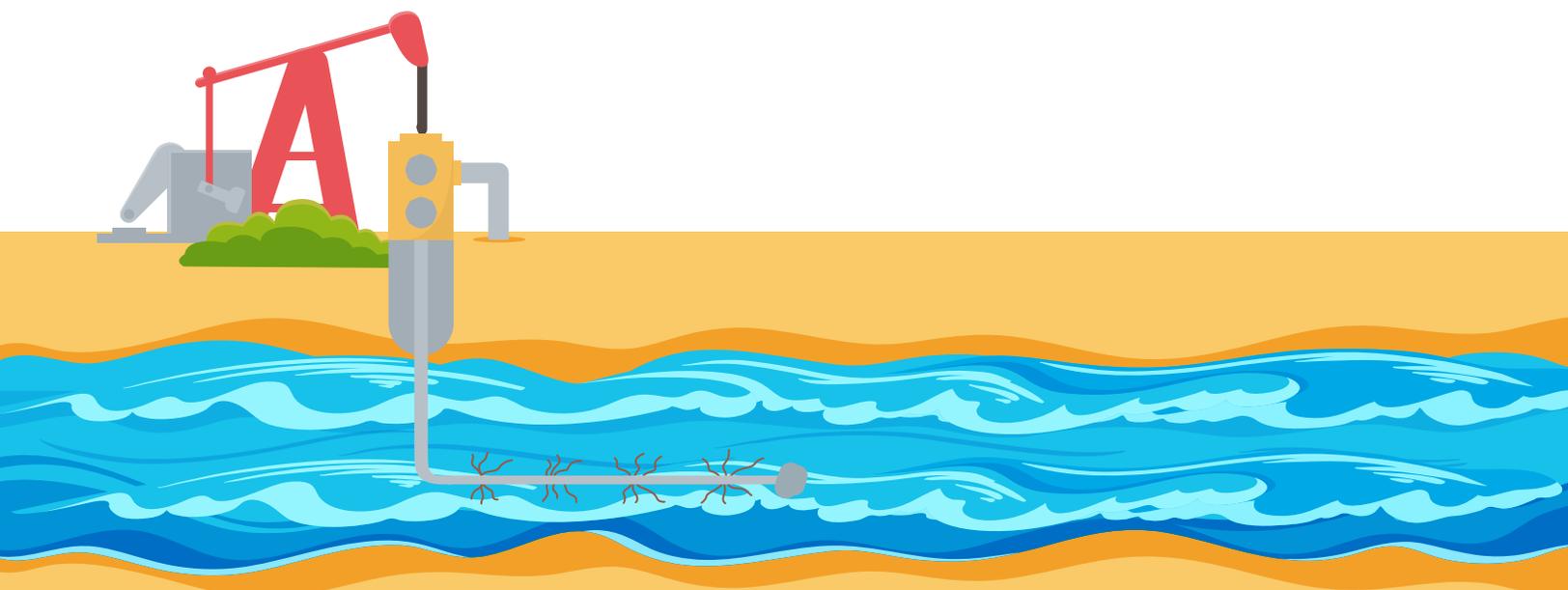
Conglomerados, fanglomerados y areniscas de composición variable, depositadas en ambiente continental fluvio-lacustre. Su fuente de sedimentos fue la cordillera de Tamanca, presenta un espesor de 300 a 500 m y su edad se infiere Pliocénica. Sobreyace concordantemente a la Fm. Curré. (Mora, 1979)

Unidad Mano de Tigre:

Conglomerados con indicios de estratificación y a veces imbricación, de composición ígnea intrusiva y extrusiva, redondeados e incluidos en una matriz arenosa. Se ha interpretado como relictos erosionados de un antiguo cráter.

Unidad Río Boquilla:

Alternancias de areniscas, lodolitas y conglomerados con un espesor de 800 metros, depositados en un ambiente continental de tipo fluvial, debido a la presencia de canales rellenos y materia orgánica vegetal. Se le ha asignado una edad Plio-Pleistocénica.



Formación Valle de El General

Mora (1979), describe esta formación como abanicos aluviales producto de la destrucción erosiva de la Cordillera de Talamanca y le asigna una edad Pleistocénica. Describe la presencia de bloques de hasta 3 a 4 m en una matriz areno limosa, con espesores de hasta 400 m y un alto grado de laterización bauxítica en algunos sectores.

Depósitos Recientes del Cuaternario

Constituidos principalmente por aluviones, coluvios y arenas de playa. En general se localizan en zonas deprimidas y planas, de disminución de gradiente y de baja elevación cerca de la costa Pacífica. Son materiales inconsolidados con presencia de gravas, arenas o arcillas que han sido generadas a partir de la erosión de materiales preexistentes. Los aluviones acarreados por ríos o quebradas progresivamente van rellenando diversos sectores del área, y a su vez, las corrientes marinas se encargan de transportar y depositar en las playas los materiales que logran llegar al mar. Al pie de los acantilados costeros o cerros del área, es posible localizar coluvios generados a partir de la caída y acumulación de materiales erosionados. Destacan por su mayor extensión las planicies aluviales de Jacó, Quebrada Amarilla-Hermosa, Parrita, Damas, Naranjito-Marítima y el sector de Portalón-Matapalo en el sur-este de Quepos.

En las cinco zonas que integran el presente estudio del Pacífico Central, se llevaron a cabo 16 perfiles geológicos-geoeléctricos, que además contienen la información de los piezómetros y pozos registrados en la base de datos del SENARA con la descripción más confiable. Se muestran dos perfiles para la zona de Hermosa Esterillos y el sector de Parrita – Quepos (Figuras 3 y 4). Mientras que en las figuras 5, 6 y 7 se muestra el contexto geológico descrito párrafos atrás.

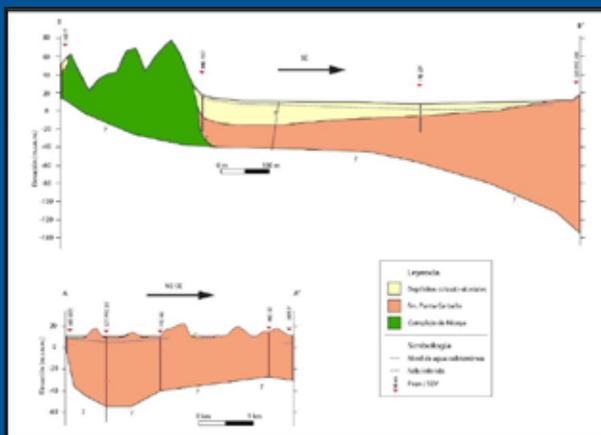


Figura 3. Perfil A-A' y B-B' en la zona de Hermosa y Esterillos

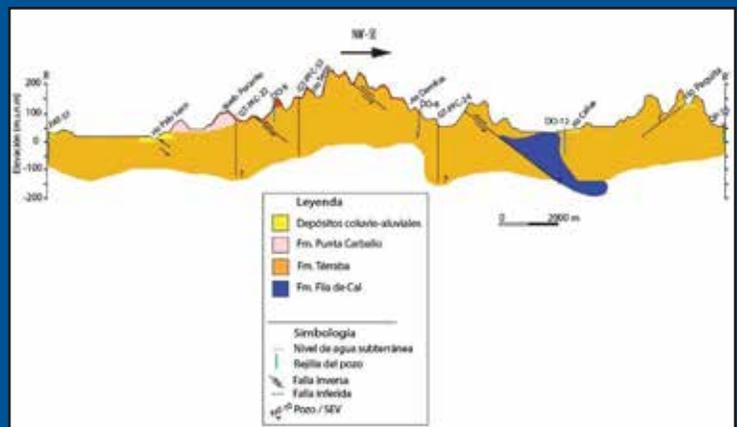


Figura 4. Perfil transversal B-B', sector parte Parrita - Quepos

8

ASPECTOS HIDROLÓGICOS

Precipitación

Dentro del área de estudio se encuentran 16 estaciones meteorológicas y en los alrededores cercanos se ubican 11 estaciones (Tabla 1). Estas pertenecen al Instituto Meteorológico Nacional (IMN), Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) y a la Compañía Bananera de Costa Rica (CBCR).

Estación	Número	Institución	Años	Precipitación	Temperatura
Damas	90009	IMN	1984-2018	Sí	Sí
La Ligia	88031	IMN	1988-2018	Sí	Sí
Tinamaste	96001	IMN	1986-2006	Sí	Sí
Hda. Barú	96002	IMN	1981 -2015	Sí	Sí
Punta Leona	86007	IMN	1990-2018	Sí	No
Jacó	86009	IMN	1997-2018	Sí	No
Monterrey, Aserri	88043	IMN	2004-2018	Sí	No
San Ignacio	88045	IMN	1995-2018	Sí	Sí
Finca Damas	90013	IMN	2009-2018	Sí	Sí
Quepos	90003	CBCR	1941 -2010	Sí	No
Pocares	90001	CBCR	1950-2015	Sí	No
Finca Palo Seco	88004	CBCR	1941 -2015	Sí	No
Finca Ángeles	88008	CBCR	1941 -1994	Sí	No
Anita	90008	CBCR	1977-2015	Sí	No
Bartolo	92001	CBCR	1945-2015	Sí	No
Llorona	92002	CBCR	1957-2015	Sí	No
Marítima	94002	CBCR	1949-2015	Sí	No
Finca Nicoya	88008	CBCR	1941 -2015	Sí	No
Playón	88015	IMN	1975-1990	Sí	No
Piedra Bruja	250103	AyA	2015-2019	Sí	Sí

Tabla 1. Estaciones Meteorológicas consultadas en el estudio

En esta zona del país en general se tiene una época seca de diciembre a abril y dos épocas lluviosas separadas por un veranillo en julio, característico de la vertiente del Pacífico. Sin embargo, hacia el sector central y sureste, se presenta mayor precipitación (Figuras 8 y 9).

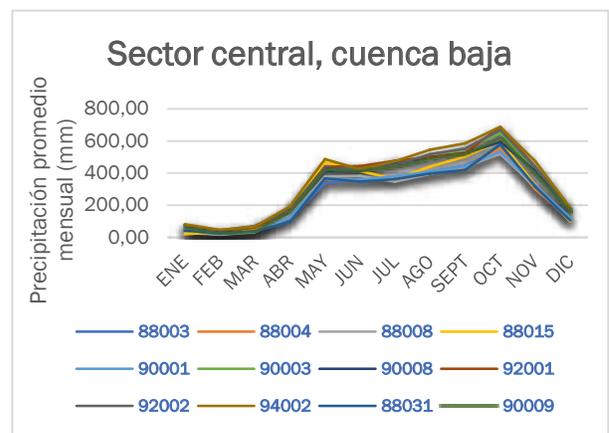
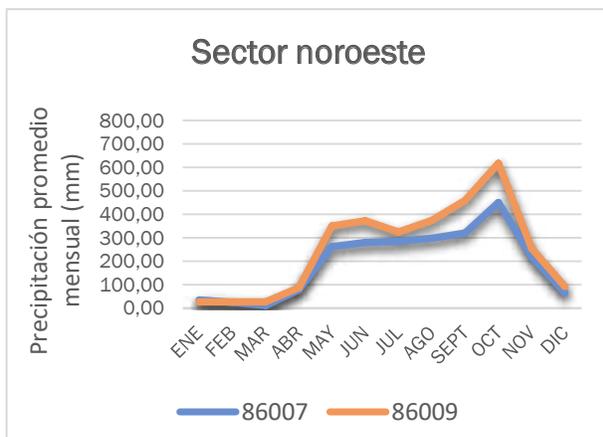


Figura 8. Comportamiento de la precipitación en los sectores noroeste y central (cuenca baja) del área de estudio

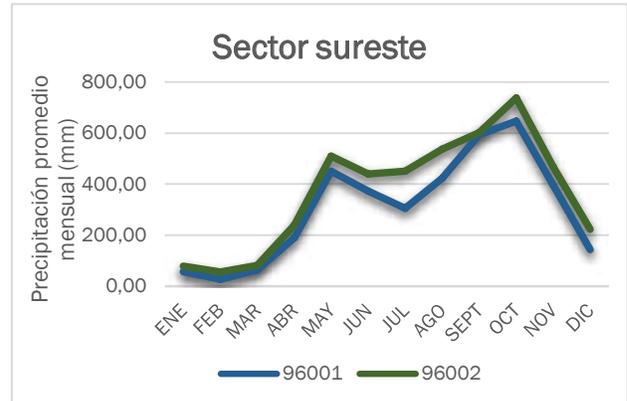
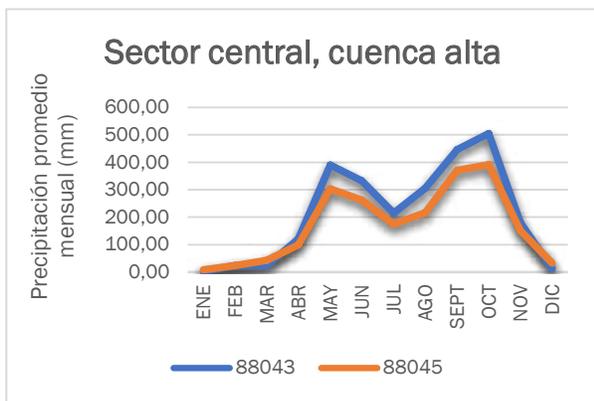


Figura 9. Comportamiento de la precipitación en los sectores central (cuenca alta) y sureste del área de estudio

Temperatura

La temperatura máxima alcanza hasta 32,9°C en el mes de abril, en la zona de Parrita. La temperatura mínima baja hasta 18,6°C en el mes de enero, en la parte alta de Dominical, en Tinamaste. En los siguientes gráficos (Figura 10), se muestran las temperaturas representativas para la parte sureste (Tinamaste) y la parte central (La Ligia)

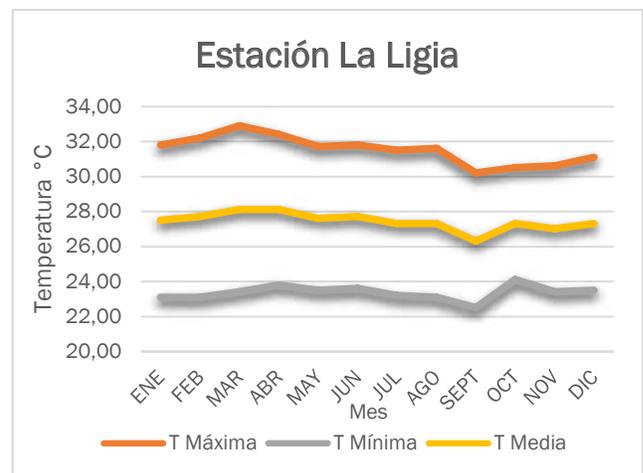
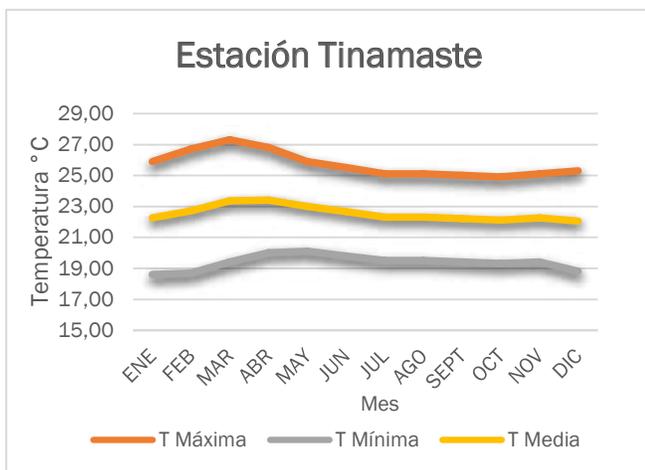


Figura 10. Registros de temperaturas para las estaciones de Tinamaste y La Ligia (Parrita)

9

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

Registro de pozos y piezómetros

Al año 2020 se registra un total de 601 pozos en la base de datos del SENARA para la zona del Pacífico Central, de estos 566 corresponden con pozos de producción y 35 con pozos exploratorios (piezómetros) que ha realizado el SENARA entre los años 2015 y 2016 (Tabla 2). Los 35 piezómetros están armados y se encuentran distribuidos a lo largo de las cuencas que conforman el presente estudio, estos proveen rica información de los niveles de agua subterránea, espesores de las distintas unidades geológicas con potencial acuífero, parámetros hidráulicos como conductividad hidráulica (k).

Zona del Pacífico	Pozos de producción	Piezómetros SENARA	Total de pozos registrados en BD-SENARA
Herradura-Jacó	68	5	73
Hermosa - Esterillos	130	6	136
Parrita	54	2	56
Damas Quiapos	39	3	42
Naranjo-Savegre-Matapalo	72	8	80
Dominical-Ballena	203	11	214
TOTAL	566	35	601

Tabla 2. Distribución de los pozos por zona

Hidrogeología

Los principales acuíferos de la zona de estudio se han desarrollado en los Depósitos Aluviales Recientes, desde Herradura hasta Ballena, con transmisividades que van desde 1588,40 m²/día (Acuífero Jacó) hasta 99 m²/día (acuífero aluvial sector Quepos), con conductividades variables en el rango de 1,42-251,72 m/día, aspecto que pone en evidencia la heterogeneidad de las granulometrías captadas. Las rocas acuíferas del Complejo de Nicoya, las Formaciones Tulín y Térraba, se caracterizan por su bajo potencial asociado a una porosidad secundaria desarrollada a través de fracturas, donde las transmisividades no superan los 42,37 m²/día y las conductividades hidráulicas son del orden de 1,54x10⁻⁶ m/día a 3,55 m/día. Los acuíferos descritos tienen una recarga directa a partir del agua de lluvia de acuerdo con los cambios estacionales observados en los pozos de monitoreo, así como el aporte lateral de algunos cursos superficiales. Las figuras 11,12 y 13 muestran los mapas hidrogeológicos de la zona de estudio, así como el modelo conceptual.

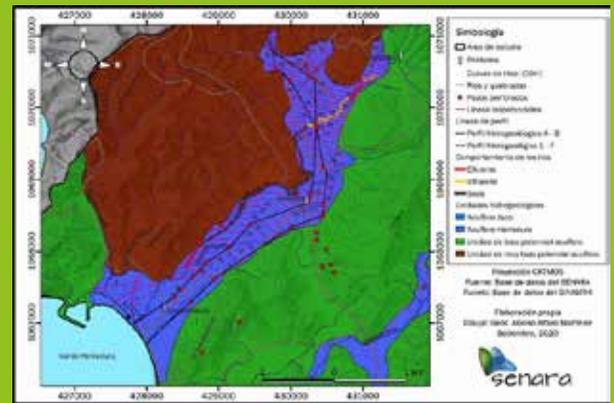


Figura 11. Mapa hidrogeológico local, sector de Herradura

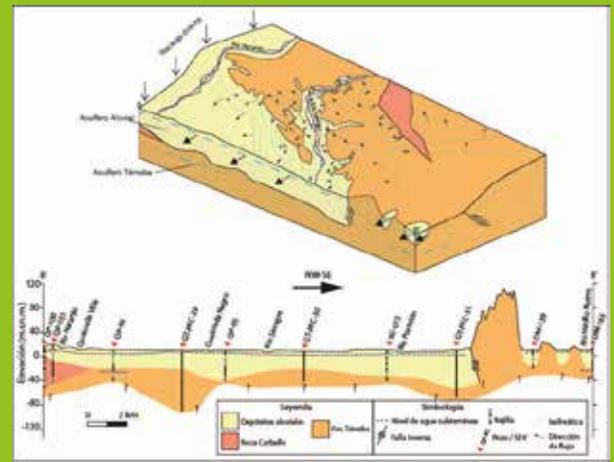


Figura 12. Modelo Hidrogeológico Conceptual, cuenca Naranjo – Savegre – Matapalo

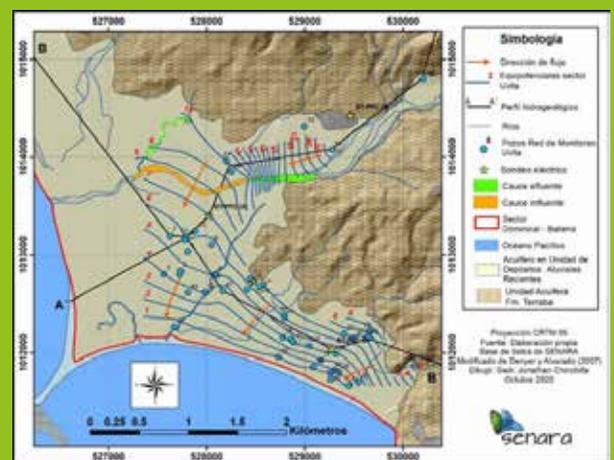


Figura 13. Equipotenciales para un sector del acuífero aluvial en Uvita

Vulnerabilidad

La vulnerabilidad intrínseca a la contaminación se determinó específicamente para los acuíferos desarrollados en los Depósitos Aluviales Recientes, la cual varía desde despreciable hasta alta. En los sectores de Herradura, Jacó (Figura 14), Pochotal (Hermosa-Esterillos, Figura 15), Tigre, Ligia, Nicoya (Parrita), San Rafael (Quepos, Figura 16), Lllamarón, Bartolo (Naranjo, Figura 17), Dominical y Ballena (Figura 18), con un predominio de vulnerabilidad baja y media, mientras que se determinó una vulnerabilidad alta en el sector de Colonia (Chaman), El Silencio, Roncador, Portalón, Paquita y Damas (Figuras 16 y 18).

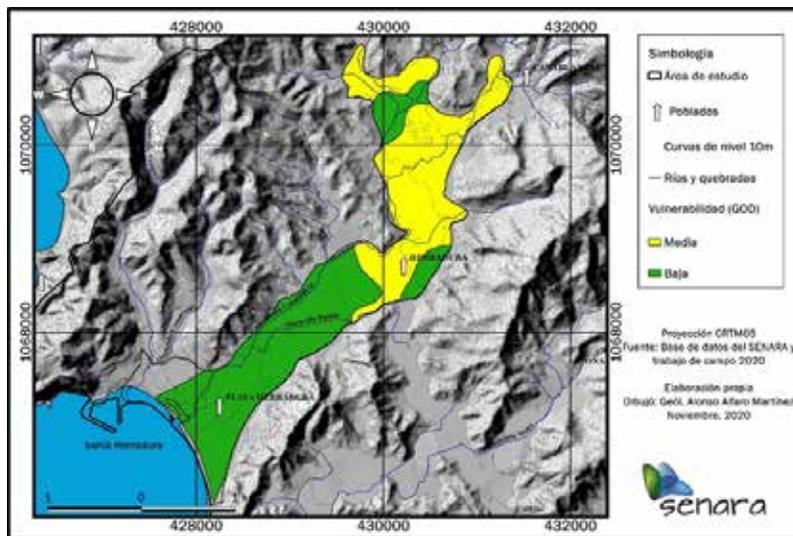


Figura 14. Mapa de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación, acuífero Herradura

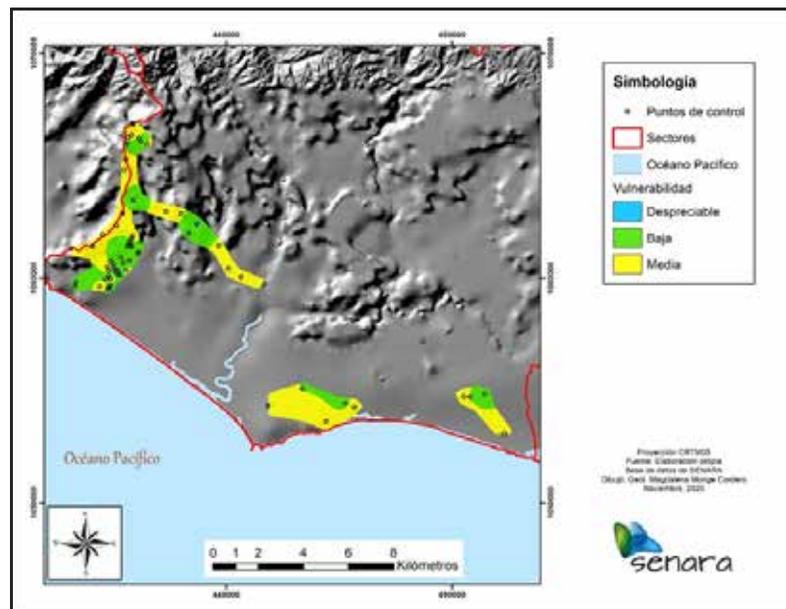


Figura 15. Mapa de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación para la zona de Hermosa - Esterillos

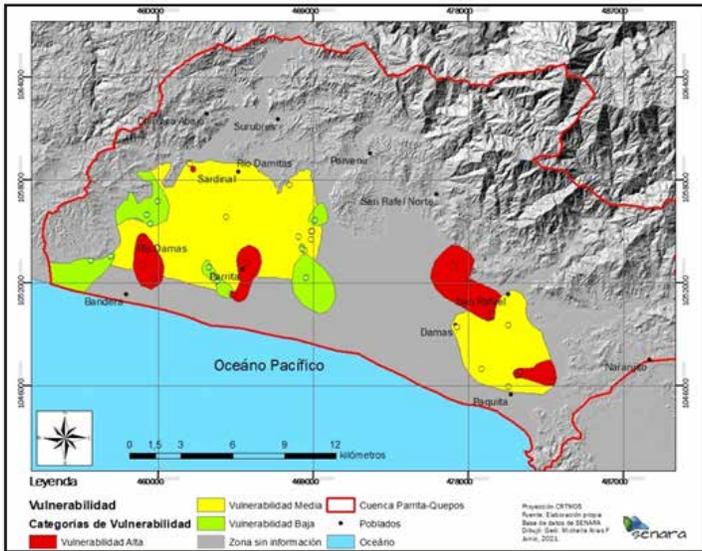


Figura 16. Mapa de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación para la zona Parrita - Quepos

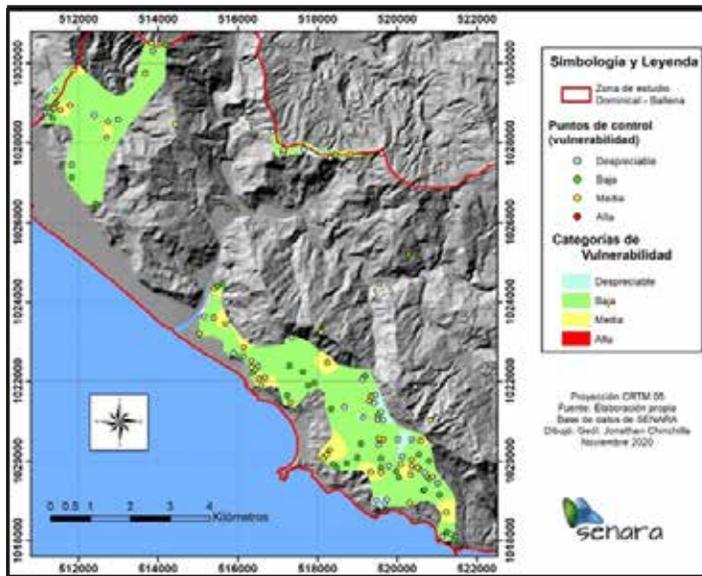


Figura 17. Mapa de vulnerabilidad intrínseca para algunos sectores entre Hatillo y Puerto Nuevo

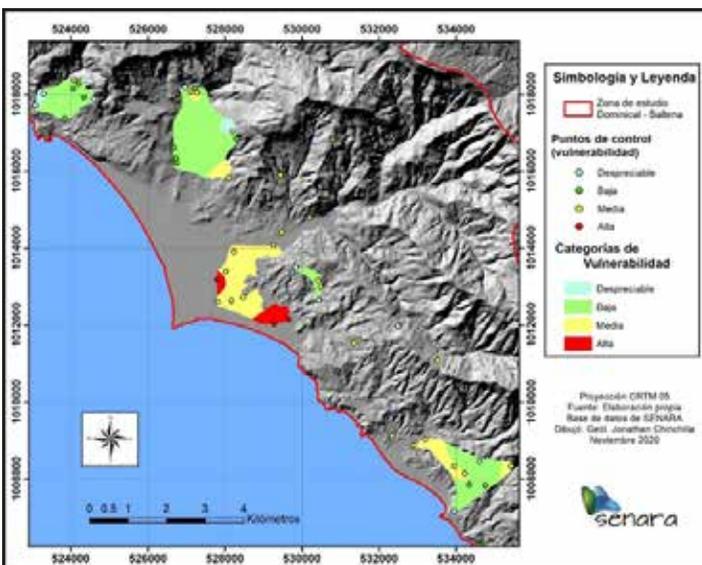


Figura 18. Mapa de vulnerabilidad intrínseca para algunos sectores entre las playas Hermosa y Ballena

Recarga Potencial

De acuerdo con el balance hídrico de suelos, elaborado para el período 1981-2017, se determina una recarga potencial anual de 45 503,53 l/s que corresponde con un 21-29,70% de la precipitación promedio anual para el Pacífico Central.

A partir del análisis de rendimiento sostenible se determina que, con la extracción actual de 2 259,63 l/s, aún se cuenta con un caudal disponible de 23 993,98 l/s en la zona. Los resultados obtenidos sugieren la necesidad de aplicar una serie de medidas tendientes a la protección del recurso hídrico para garantizar la cantidad y calidad de este. En las figuras 19, 20 y 21 se muestran los mapas con las categorías de recarga potencial obtenida para la zona de estudio.

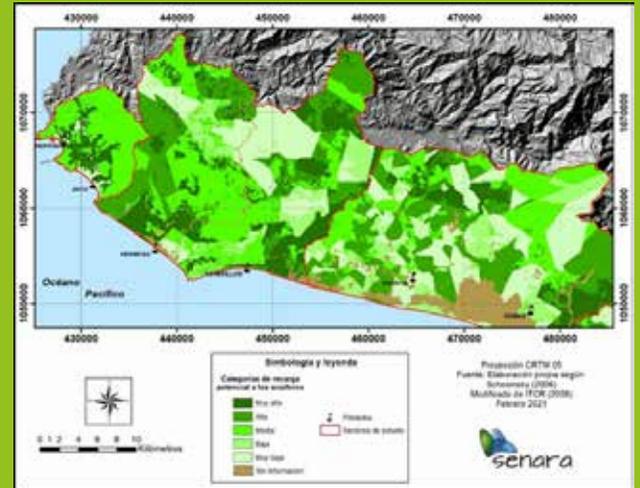


Figura 19. Mapa de recarga potencial, sectores de Herradura, Jacó, Hermosa, Esterillos y Parrita

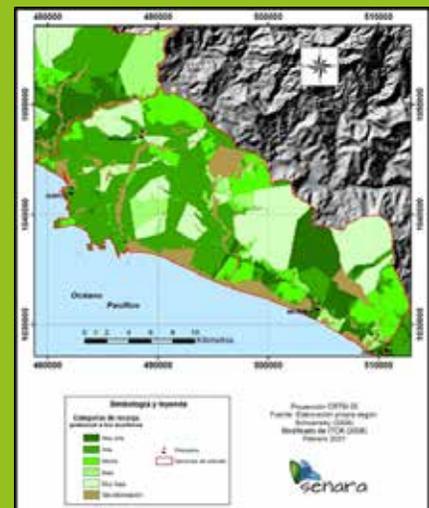


Figura 20. Mapa de recarga potencial, sector Naranjo – Savegre – Matapalo

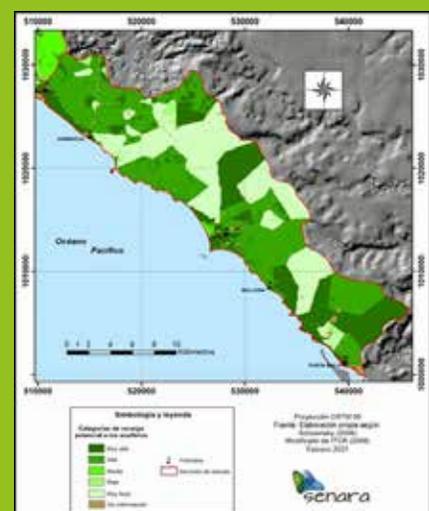


Figura 21. Mapa de recarga potencial, sector Dominical-Ballena

10

LINEAMIENTOS DE MANEJO PARA LA ZONA DE ESTUDIO

A partir de la integración de los resultados obtenidos, se establecen los siguientes lineamientos con el objetivo de garantizar la protección del recurso hídrico subterráneo, así como su disponibilidad y calidad.

En el tema de vulnerabilidad se emiten las siguientes recomendaciones:

En el caso de desarrollo de proyectos urbanísticos y para todas las categorías de vulnerabilidad se debe aplicar el Decreto 42075-S-MINAE "Reglamento para la disposición al subsuelo de aguas residuales ordinarias tratadas", publicado en el Alcance Digital N°87 a la Gaceta N°80, del 14 de abril del 2020.

● **Para vulnerabilidad despreciable y baja:**

Es factible el desarrollo de actividades industriales y comerciales que utilicen sustancias de baja, media y alta toxicidad.

Utilizar buenas prácticas agrícolas e implementar las medidas necesarias para minimizar el impacto negativo al ambiente, recomendadas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio de Salud, para el manejo adecuado de las sustancias químicas, biológicas o afines para uso agrícola.

● **Vulnerabilidad media:**

Se recomienda el desarrollo de actividades de baja y media toxicidad.

Desarrollar la infraestructura y las medidas de control necesarias para evitar el riesgo de contaminación de suelos y aguas (manejo de excretas, aguas servidas y efluentes, manejo y almacenamiento de productos, trampas de grasas y aceites, entre otros).

Para las actividades de alta toxicidad, se recomienda implementar un plan de monitoreo y seguimiento ambiental de las aguas subterráneas, para prevenir futuras contaminaciones.

Implementar buenas prácticas agrícolas y las medidas necesarias para minimizar el impacto negativo al ambiente, recomendadas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio de Salud, para el manejo adecuado de las sustancias químicas, biológicas o afines para uso agrícola.

Vulnerabilidad alta:

Se recomienda el desarrollo de actividades de baja y media toxicidad. No se recomienda el desarrollo de actividades de alta toxicidad.

Desarrollar la infraestructura y las medidas de control necesarias para evitar el riesgo de contaminación de suelos y aguas (manejo de excretas, aguas servidas y efluentes, manejo y almacenamiento de productos, trampas de grasas y aceites, entre otros).

Las actividades agropecuarias que de manera puntual utilicen, almacenen o descarguen sustancias contaminantes deben utilizar sistema de tratamiento, avalado por el Ministerio de Salud.

Implementar buenas prácticas agrícolas y las medidas necesarias para minimizar el impacto negativo al ambiente, recomendadas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio de Salud, para el manejo adecuado de las sustancias químicas, biológicas o afines para uso agrícola.

Para zonas donde no se determinó una vulnerabilidad, dentro del proceso de permisos que establece la legislación vigente, deben proceder con los estudios técnicos que cada institución solicite en sus debidos procedimientos para evaluar la actividad.

Con respecto a la Recarga se indican las siguientes recomendaciones:

- Mientras no se cuente con un plan regulador con la Variable Hidrogeológica incorporada y aprobada, las actividades deberán garantizar el mantener un 80% de la recarga estimada. Para esto, los desarrolladores podrán manejar la cobertura del terreno, utilizar materiales de construcción permeables, o aplicar técnicas para el mejoramiento de la recarga artificial de los acuíferos. En ese sentido, el SENARA cuenta con el documento técnico “Manual de Técnicas para el Mejoramiento de la Recarga Artificial de Acuíferos”, que puede ser consultado y aplicado por los distintos interesados.
- Una vez que, los gobiernos locales cuenten con planes reguladores con variable hidrogeológica incorporada y aprobada, se recomendarán coberturas específicas. Para zonas donde no se determinó una recarga, dentro del proceso de permisos que establece la legislación vigente, deberán proceder con los estudios técnicos que cada institución solicite en sus debidos procedimientos para evaluar la actividad.
- Se considera adecuado que en las zonas categorizadas como de recarga muy baja, durante los procesos de elaboración de la variable hidrogeológica para planes reguladores, a nivel de los gobiernos locales se investigue con mayor detalle las velocidades de infiltración y otros parámetros del suelo, con miras a establecer con mayor precisión la continuidad espacial de la categoría de recarga muy baja que se determinó.
- De manera general para los acuíferos estratégicos se tiene que establecer redes de monitoreo para la calidad del agua vrs la cantidad de recarga y por lo tanto se debe establecer también una red de monitoreo para la calidad del agua subterránea.



**Dirección de Investigación
Y Gestión Hídrica del SENARA**

**HACEMOS VISIBLE
LO INVISIBLE**