



**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y
ALCANTARILLADOS**

ACUEDUCTO PLAYA CACIQUE

ASADA PLAYA CACIQUE (PLAYA PANAMÁ)

Delimitación territorial para la prestación de los servicios de
abastecimiento de agua potable y de saneamiento

(Mayo 2019)

ÍNDICE

1. Resumen Ejecutivo	2
2. Antecedentes	4
3. Objetivo	6
4. Localización del área de estudio	7
5. Aspectos teórico-conceptuales	9
<i>5.1. Sistemas de Información Geográfica.....</i>	9
<i>5.2. Aspectos conceptuales de la división político-administrativa de Costa Rica.</i>	11
<i>5.3. Leyes, reglamentos o planes de gestión del territorio.....</i>	14
6. Variables para la delimitación del área de cobertura del Acueducto Playa Cacique (Panamá).....	18
6.1. Límites político-administrativos y cobertura de otros entes operadores	21
<i>6.2. Límites por leyes, reglamentos o planes de gestión del territorio.....</i>	31
<i>6.3 Límites por restricciones físico-naturales</i>	35
7. Zona operacional y de protección absoluta bacteriológica del pozo CN-246	52
8. Conclusiones	55
9. Referencias Bibliográficas	60
Anexo 1	61

Acueducto de Playa Cacique: Delimitación territorial para la prestación de los servicios de abastecimiento de agua potable y de saneamiento por la ASADA Playa Cacique (Playa Panamá)

1. Resumen Ejecutivo

El presente estudio se realiza a solicitud de la Presidencia Ejecutiva de AyA (PRE-2018-00080), por lo que su contenido responde a un proceso definido por un equipo técnico institucional, para la “Delimitación territorial del acueducto que administra y opera la ASADA Playa Cacique (Panamá)”, ubicado en el cantón de Carrillo, Guanacaste. En el mismo se detallan los aspectos teóricos y metodológicos en relación con los criterios técnicos que sustentan el levantamiento de la información, su análisis y la valoración de la condición actual de funcionamiento de este sistema; considerando las variables que son determinantes de su capacidad técnica y ámbito de cobertura territorial, tales como:

- Límites político-administrativos y coberturas de zonas abastecidas o con potencial de desarrollo.
- Límites por leyes, reglamentos o planes de gestión del territorio.
- Límites físico - naturales

Lo anterior, teniendo por antecedente el Convenio de Delegación y Administración del Acueducto de Playa Cacique conocida como Playa Panamá, delegado a la ASADA Playa Cacique (Acuerdo de Junta Directiva N° 2011-299); el cual tiene por marco jurídico la normativa legal y reglamentaria que emite el AyA en calidad de Ente Rector, en materia de abastecimiento de agua potable y de saneamiento y, particularmente lo correspondiente a sistemas administrados por organismos comunales.

El análisis y valoración de la delimitación territorial para la prestación de los servicios públicos delegados, tiene como punto de partida, lo dispuesto en el inciso (a.) del artículo octavo del convenio de delegación, en donde se señala: “...la jurisdicción, del ente operador, será determinada por la capacidad técnica del sistema,

prevaleciendo este criterio técnico en todos los casos. De presentarse algún conflicto sobre esta materia AyA resolverá en definitiva basado en un estudio de factibilidad.”.

Adicionalmente, en virtud de que durante el levantamiento de información se determinó que el sistema que es objeto de análisis solo dispone de una sola fuente de abastecimiento, cuya naturaleza es de tipo subterránea (CN-246), se incluye como parte integral de los objetivos la delimitación de la zona de protección absoluta bacteriológica del pozo en operación.

El estudio además de documentar los aspectos técnicos que sustentan la aplicación de los criterios para la delimitación territorial del Acueducto de Playa Cacique, se ha integrado toda la información utilizando la herramienta tecnológica de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Ya que un SIG permite establecer los límites territoriales de un sistema de acueducto, considerando toda la información sensible a ser representada de forma espacial, soportada en el conocimiento de diversas disciplinas científicas, y con esto generar una serie de productos en respuesta a los objetivos trazados.

Un aspecto que ha sido esencial en la delimitación territorial del Acueducto de Playa Cacique (Panamá), es el rol de AyA a través de la Dirección Regional Chorotega, quien tiene a cargo la operación y administración de los servicios de abastecimiento de agua potable y de saneamiento en la provincia de Guanacaste, exceptuando aquellos sistemas bajo administración municipal o en delegación a entes operadores bajo la figura de ASADA.

Al respecto, ha sido necesario identificar entre otros aspectos, las zonas de cobertura de los sistemas de AyA con base en la información aportada por la Dirección Regional Chorotega, así como las zonas inmediatas a la infraestructura existente y zonas con potencial de ser abastecida por el AyA (zona potencial en el entorno de los sistemas AyA), y que deben ser atendidas según la capacidad técnica de los sistemas de AyA en operación o a través de ampliaciones a los mismos.

Lo anterior tienen especial relevancia cuando tales sistemas son objeto de rehabilitación, mejora o ampliación, por cuanto el AyA debe garantizar la sostenibilidad técnica y financiera de los mismos beneficiarios de fondos locales o externos; razón por la cual no puede delegarlos ni a una ASADA ni a otros operadores, tal y como lo contempla el inciso (g) del artículo 2 de la ley constitutiva del Instituto (Ley N° 2726). Los sistemas en esta situación, necesariamente deben cubrir las zonas abastecidas como las que tienen el potencial de ser atendidas por los sistemas mejorados.

Como resultado de todas las variables analizadas, se establece la delimitación territorial de la zona de cobertura del sistema de abastecimiento de agua potable de la ASADA Playa Cacique (Panamá), calculando además el total de servicios adicionales (por crecimiento vegetativo al 2037) que se suman a los servicios actuales; considerando la capacidad técnica del sistema según sus condiciones actuales. Incorporando en el análisis, las restricciones de uso del recurso hídrico, establecidas para el Acuífero Aluvial Playa Panamá, donde se ubica el pozo CN-246, zona que se encuentra en restricción de operación.

2. Antecedentes

El 15 de noviembre del 2011 el AyA suscribió un Convenio de Delegación y Administración del Acueducto de Playa Cacique con la ASADA Playa Cacique, conocida como Playa Panamá (Acuerdo de Junta Directiva N° 2011-299), delegando la administración y operación de un sistema de abastecimiento de agua potable mejorado por AyA en el 2012; el cual se ubica dentro del Distrito Sardinal, del Cantón de Carrillo, Provincia de Guanacaste.

El convenio de delegación suscrito entre las partes, entre otros aspectos indica en el artículo primero que: *“...La Asociación expresamente acepta como rector en materia de sistemas de acueductos y alcantarillados al AyA, siendo obligatorio el cumplimiento y aplicación de la normativa legal y reglamentaria que emita el AyA en materia de sistemas administrados por organismos comunales...”* y en lo relativo a

la delimitación territorial para la prestación de los servicios públicos de abastecimiento de agua potable y de saneamiento, en el inciso (a.) del artículo octavo de dicho convenio se señala: “...*la jurisdicción, del ente operador, será determinada por la capacidad técnica del sistema, prevaleciendo este criterio técnico en todos los casos. De presentarse algún conflicto sobre esta materia AyA resolverá en definitiva basado en un estudio de factibilidad.*”.

Cabe señalar que, dentro del área geográfica donde se circunscribe la Provincia de Guanacaste, el AyA de conformidad con lo establecido en la Ley N°2726, brinda los servicios de abastecimiento de agua potable y de saneamiento en la mayor parte del territorio de forma directa o a través de la delegación de sus sistemas a las ASADAS, exceptuando las ciudades de Nandayure y Abangares que están bajo administración Municipal (sector Central).

En adición a lo anterior y en el caso particular de los cantones de Liberia y Carrillo, se deben respetar las disposiciones y los límites establecidos para el Proyecto Polo Turístico Golfo de Papagayo, bajo la administración del Instituto Costarricense de Turismo (ICT), proyecto que fue declarado de Conveniencia Nacional según Decreto Ejecutivo No. 33132-MP-T (publicado en La Gaceta No. 97 del 22 de mayo del 2006).

En relación con dicho proyecto y en lo relativo a la coordinación entre el ICT y el AyA para el desarrollo de infraestructura de abastecimiento y la prestación de los servicios públicos, las gestiones respectivas se sustentan en acuerdos o convenios entre las partes, respetando cada uno sus competencias.

La ASADA Playa Cacique brinda únicamente el servicio de abastecimiento de agua potable, contabilizándose para el 2017 un aproximado de 117 servicios, considerando los domiciliarios, locales comerciales y otros (cabinas, escuela e iglesia) para un total aproximado de 479 habitantes (UEN-PC-2019-000829).

Esta ASADA es categorizada como un operador en desarrollo débil (30,5%), según la escala de evaluación definida por la Subgerencia de Gestión de Sistemas Delegados de AyA aplicando la metodología del “Modelo de Atención Integral de

ASADAS; que se conlleva el análisis de 47 variables distribuidas en cinco áreas de gestión: recurso hídrico, sistema de agua, administrativa y financiera, comercial y comunal. Esta caracterización corresponde a un operador que requiere mejorar sustantivamente su gestión, en el caso particular de la ASADA Playa Panamá, los esfuerzos deben direccionarse entre otros aspectos, para concretar lo siguiente (SUB-GSD-2019-00268):

Gestión Ambiental del Recurso Hídrico

- “...Elaborar un estudio técnico detallado del sistema que le permitan conocer con detalle la producción vrs la demanda y mantener así el balance hídrico...”,
- “...Elaborar un plan de gestión integral de riesgos, utilizando la metodología GIRA que promueve el AyA...”, y
- “...Buscar fuentes alternativas para sustituir las que se encuentran amenazadas y presentan afectación por salinización...”.

Gestión del Sistema de Agua

- “Monitorear en forma permanente la calidad del agua...poner más atención al funcionamiento del sistema de desinfección...”,
- “...Elaborar un plan de gestión de hidrantes y contar con el debido aval por el Cuerpo de Bomberos...” y
- “...Elaborar un plan de mantenimiento y operación del sistema de abastecimiento de agua. Y de igual forma un plan de mejoras y expansión del sistema...”.

Gestión Administrativa

- “...Realizar las gestiones pertinentes, que le permitan a la ASADA automatizar los procesos de facturación y registro de ingresos, de igual forma adquirir un equipo de cómputo que facilite las gestiones de la ASADA y además contar con sistemas de gestión que favorezcan los procesos de la ASADAS...”, y

- “...Es necesario que contrate a un fontanero en forma permanente que asuma las labores de lectura de hidrómetros, instalación de nuevos servicios, el seguimiento del control de la calidad del agua, así como la operación y mantenimiento del sistema...”.

Gestión Comercial

- “...Establecer un plan de reducción del pendiente de cobro, para evitar que crezca y recuperar las cuentas morosas...”,
- “...Establecer mecanismos que permitan recibir y dar seguimiento a quejas que planteen los usuarios...”, y
- “...Elaborar los estudios pertinentes que permitan conocer el balance hídrico, que respalde la emisión de cartas de disponibilidad...”.

Gestión Comunitaria

- “...Establecer un plan de relacionamiento con la comunidad, dentro del cual se organicen campañas para involucrar a las escuelas/colegios y que busquen crear una nueva cultura del agua...”.

Dentro del período de estudio del presente informe, se determinó que su única fuente de abastecimiento está constituida por el pozo “ASADA Playa Cacique (Panamá)” (CN-246), coordenadas 355274 E / 284732 N, que se ubica dentro del Acuífero Playa Panamá que se encuentra en restricción de perforación, según el estudio avalado por SENARA, MINAET y AyA, titulado “Estudio Hidrogeológico Acuífero Aluvial Playa Panamá, Guanacaste, Costa Rica” (UEN GA-2017-00222).

Para la determinación del presente estudio se integra un equipo técnico institucional para el levantamiento de información según consta en los documentos PRE-2018-00080 y UEN-ID-2018-00195; que recibe aportes en temas específicos de las áreas de Hidrogeología de la UEN Gestión Ambiental, Subgerencia de Gestión de Sistemas Periféricos, Subgerencia de Gestión de Sistemas Comunales y Dirección de Planificación.

3. Objetivo

Considerando las condiciones actuales de operación del Acueducto de Playa Cacique, delegado a la Asociación Administradora del Acueducto de Playa Cacique (Panamá), resulta esencial establecer la delimitación territorial para la prestación del servicio público en delegación, considerando principalmente lo siguiente:

- i. Capacidad hidráulica del acueducto de la ASADA Playa Cacique (Panamá); con base al estado actual de producción, almacenamiento, así como las condiciones de oferta y demanda de agua potable de la población para un período de análisis de 20 años hasta el año 2037.
- ii. Grado de vulnerabilidad y restricciones de uso de suelo dentro del Acuífero Playa Panamá.
- iii. Delimitación del sistema de abastecimiento de agua potable de la ASADA por factores tales como: límites inherentes al Proyecto Polo Turístico Papagayo, límites por restricciones físico-naturales, límites establecidos para zonas de protección de fuentes superficiales o subterráneas, límites según la geomorfología de la zona (suelo, agua, amenazas, actividad antropogénica, otros), límites político-administrativos, entre otros.
- iv. Disposiciones jurídicas para la administración y operación de los sistemas de abastecimiento de agua potable y de saneamiento dentro del territorio nacional, de conformidad con la Ley N° 2726.

El alcance de este objetivo también conlleva la delimitación de la zona de protección absoluta bacteriológica de la única fuente de abastecimiento del sistema en estudio.

4. Localización del área de estudio

El área de estudio se circunscribe al Acueducto de Playa Cacique, incluida la zona de protección de la fuente de abastecimiento, cuya administración y operación fue delegada por AyA a la Asociación Administradora del Acueducto de Playa Cacique, conocida también como Playa Panamá; nombre con el que se ha identificado a la población que es abastecida por dicho acueducto. Actualmente, la comunidad no cuenta con un sistema público (colectivo) de recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales.

La comunidad se localiza administrativamente dentro del distrito Sardinal, al noroeste de Costa Rica, en el cantón Carrillo de la provincia de Guanacaste. En el mapa 1 de localización, se observa la ubicación del sitio.

Mapa 1. Ubicación de la zona de estudio



5. Aspectos teórico-conceptuales

5.1. Sistemas de Información Geográfica

Para el manejo y análisis de datos ubicados en un territorio, se han desarrollado los llamados Sistemas de Información Geográfica (SIG), que desde la óptica de la geografía se conciben como parte de un nuevo campo de conocimiento, denominado *nueva geografía aplicada*. Así, como una nueva disciplina geográfica, los SIG no pueden considerarse solamente un programa cartográfico, sino que se presentan como herramientas teóricas que permiten pensar y actuar espacialmente (Buzai, 2011) ¹.

El uso de los SIG para establecer los límites territoriales del sistema de acueducto de Playa Cacique (Panamá) ha sido fundamental, ya que ha permitido sintetizar y analizar toda la información sensible a ser representada de forma espacial de diversas disciplinas científicas, y con esto generar una serie de productos que permiten responder a los objetivos trazados, pero esencialmente la definición del ámbito de competencia y cobertura del sistema de acueducto objeto del presente análisis.

Como lo indica Buzai (2012), el método de superposición de mapas que lleva a una clasificación espacial *desde arriba* (de lo general a lo particular) se transforma en un procedimiento central que permite poner límites en el espacio geográfico y definir áreas homogéneas. Por tanto, y desde el punto de vista de la geografía, el método teórico básico de los SIG es una técnica puramente geográfica de diferenciación de espacios sobre la superficie terrestre.

Es tendencia actual identificar los SIG como unos programas informáticos para su uso en computadoras, pero para que el sistema funcione debe tener al menos cuatro componentes: dispositivos electrónicos, programas (software), un conjunto de datos geográficos (la base de datos espaciales) y unos expertos en el manejo de los tres elementos previos.

¹ Buzai, G., (2012), "Geografía y Sistemas de Información Geográfica, evolución teórico-metodológica hacia campos emergentes". Revista Geográfica de América Central, Número 48E. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Con estos elementos, el sistema puede prestar una serie de servicios variados, dentro de los que destacan seis categorías generales (Moreno, A., 2008)²:

1. Qué hay en un lugar del territorio o qué rasgos posee el mismo.
2. Dónde hay un hecho concreto.
3. Que distribución espacial tiene tal fenómeno.
4. Que tendencias o cambios temporales han ocurrido en el territorio.
5. Que ruta seguir para un desplazamiento.
6. Qué pasaría en el territorio si ocurre tal condición.

Como lo explica Moreno (2008), aunque mediante las tecnologías SIG se pueden hacer mapas, y dicha tecnología tiene ciertas funciones de dibujo, lo específico y más relevante reside en rasgos como la capacidad de almacenar grandes masas de información geo-referenciada o su potencia para el análisis de la misma, que hacen que sea especialmente relevante en abordar problemas de planificación y gestión, en la toma de decisiones.

Según Buzai (2011), la revolución en la forma de pensar que han causado los Sistemas de Información Geográfica, en donde el espacio geográfico es central, se ha basado en cinco aspectos fundamentales de naturaleza espacial: localización, distribución, asociación, interacción y evolución espacial. Según objetivo propuesto, varios de estos fundamentos sustentan la base teórica, ya que se usan criterios como localización absoluta y distribución en el territorio para la definición de los productos finales.

Ante esta serie de aspectos, el AyA ha definido que el uso de las herramientas SIG es fundamental para proporcionar una síntesis de datos referentes al área de estudio, y con esto determinar los límites territoriales del sistema de acueducto de la ASADA Playa Cacique (Panamá).

² Moreno, A. (2008), "Los sistemas de información geográfica: una breve presentación". Sistema y Análisis de la Información Geográfica, segunda edición, Alfaomega.

Según el objetivo propuesto se realizaron tareas de entrada manual de datos e importación de archivos de datos digitales; también se administraron y organizaron los archivos de geodatos de los sistemas de acueducto involucrados, localizados en Sardinal de Carrillo, Guanacaste. Además, se incluyó trabajo de edición, corrección, integración y geoprocésamiento de los datos, esto abarcó la construcción y modificación de la geometría, las coordenadas, las tablas de datos temáticos, la generación de nuevas unidades espaciales, la búsqueda y selección de datos, la obtención de datos derivados (ejecución de cálculos).

El producto final según el objetivo propuesto, se construye a partir de una serie de mapas, para llegar a un mapa final con la delimitación territorial para la prestación del servicio que brinda la ASADA Playa Cacique (Panamá). Los mapas se consideran un medio adecuado para la representación de esta situación territorial. Los mapas entendidos como lo indica Fallas (2003): “representación gráfica a una escala reducida de una porción terrestre que muestra solo algunos rasgos o atributos de la realidad”.³

5.2. Aspectos conceptuales de la división político-administrativa de Costa Rica

Según la Constitución Política de Costa Rica, en su artículo 168, la división territorial del país está organizada por ley en tres tipos de entidades subnacionales: *“Para los efectos de la Administración pública el territorio Nacional se divide en provincias, éstas en cantones y los cantones en distritos, la ley podrá establecer distribuciones espaciales”*⁴. Este artículo de la carta magna nos define según el alcance del objetivo propuesto el punto de partida, ya que los límites administrativos oficiales muchas veces tienen una correlación con los sistemas de AyA, y generalmente presentan una serie de condiciones homogéneas en su territorio, lo que en primera instancia facilita la labor del trazado de los límites más generales.

³ Fallas, J. (2003). Sistemas integrados de información geográfica: conceptos básicos de cartografía. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/255669909_SISTEMAS_INTEGRADOS_DE_INFORMACION_GEOGRAFICA_CONCEPTOS_BASICOS_DE_CARTOGRAFIA

⁴ Constitución Política de Costa Rica, Título XII: El Régimen Municipal, artículo 168.

En Costa Rica existe, con rango de ley, la División Territorial Administrativa de la República; para el objeto de análisis, se utiliza como base para la definición de límites principales, en este caso el rango de distrito como la menor unidad en este apartado.

5.2.1. Unidades geoestadística mínimas (UGM)

Para este análisis, también se utilizan las llamadas UGM (Unidades Geoestadísticas Mínimas), definidas por el Instituto Costarricense de Estadística y Censos (INEC) como las unidades administrativas más pequeñas en el país, a nivel de cuadrante o “manzana”, y que se han establecido como la mejor información cartográfica existente en este momento sobre límites territoriales nacionales, de ello deriva la importancia de su aplicación al objeto de análisis. Esta cartografía censal digital incursionó en el país durante el Censo Nacional de 2011.

Las UGM han venido a sustituir los anteriores *segmentos censales*, que en Costa Rica se utilizaron a partir de 1950 para dividir el espacio geográfico, y que el AyA usó durante un momento de su desarrollo para el levantamiento de información de sus sistemas de acueducto. Esta nueva cartografía ha sido estandarizada y mejorada, por lo cual, se ha convertido en una herramienta importantísima tanto para el AyA como para las demás instituciones del estado y gobierno central del país.

Como lo indica Fallas, M⁵., se da un caso especial en la manera en que se han creado las UGM, y esto son las denominadas visuales, que, según se extrae de los manuales de operación de cartografía del INEC, son líneas rectas entre dos puntos conocidos (de una calle a un río, de un río a otro río, de una calle a otra calle, de una calle a un muro, de un muro a un río o similares) entre los cuales no existe ninguna infraestructura o no se presenta un espacio suficiente para que se dé una construcción de cualquier dimensión o tipo en el futuro. **Este aspecto es importante ya que define claramente los límites físicos reales del territorio, y para el objeto bajo análisis y para el AyA, resulta**

⁵ Fallas Paniagua, M., (2013), “Cartografía Censal en Costa Rica: de lo análogo a lo digital”, Revista Geográfica de América Central, N°50. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

relevante esta apreciación para delimitar sus sistemas con criterios validados, sin ambigüedades y acorde a la realidad del territorio.

5.2.2. Abastecimiento poblacional por otros entes operadores

Otra de las variables que se toman en cuenta en este proyecto para definir los límites del acueducto de Playa Cacique (Panamá), es la cobertura en el abastecimiento poblacional por otros entes operadores, que para el caso en estudio corresponde principalmente a la Dirección Regional Chorotega del AyA. Es decir, se verifican las zonas que son cubiertas por el servicio que brinda el AyA o que por su vínculo territorial inmediato, son consideradas zonas dentro del área de influencia de este operador.

Según la ley Constitutiva del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados N° 2726, en su artículo 2, punto g, le corresponde al AyA *“...Administrar y operar directamente los sistemas de acueductos y alcantarillados en todo el país, los cuales se irán asumiendo tomando en cuenta la conveniencia y disponibilidad de recursos. Los sistemas que actualmente están administrados y operados por las corporaciones municipales podrán seguir a cargo de éstas, mientras suministren un servicio eficiente”*. Lo anterior, ha sido aplicado por el AyA en la Provincia de Guanacaste, tal y como ya se indicó respecto a las ciudades de Nandayure y Abangares que están bajo administración Municipal (sector Central); siendo el AyA el operador con mayor cobertura en la prestación del servicio de abastecimiento de agua potable en la mayoría de dicha provincia.

En relación con la Dirección Regional Chorotega, a su cargo está la administración y operación de varias obras de rehabilitación y ampliación de la infraestructura existente, que se encuentran en ejecución y cuyos fondos están bajo administración del AyA; este es el caso del proyecto de abastecimiento de AyA conocido como “Acueducto Las Trancas-Papagayo Bahía”, con incidencia directa en la zona aledaña al poblado Playa Cacique (Panamá) (UGM colindantes), específicamente la zona costera del distrito Sardinal y todo el proyecto Polo Turístico de Papagayo.

Dentro de este ámbito territorial, tal y como se indicó, el AyA brinda sus servicios en el marco de los acuerdos con ICT, entre ellos el Convenio Tripartito para la donación de

terrenos y construcción de obras necesarias para el Acueducto Las Trancas-Papagayo Bahía (Acuerdo de Junta Directiva N° 2015-466) y respetando su ley constitutiva, artículo 2 inciso g, en lo relativo a: “...*Tampoco podrá delegar la administración de los sistemas sobre los cuales exista responsabilidad financiera y mientras ésta corresponda directamente al Instituto*”.

En resumen, el AyA debe continuar con la administración, operación y mantenimiento de las obras que se construyan para el abastecimiento del Proyecto Polo Turístico Golfo Papagayo, dando garantía de que en todo momento el sistema opere en las mejores condiciones posibles.

5.3. Leyes, reglamentos o planes de gestión del territorio

En materia de planificación y gestión del territorio, existen una serie de aspectos que se deben tomar en consideración para la delimitación de las zonas de abastecimiento del acueducto de Playa Cacique (Panamá).

En lo relativo a ordenamiento del territorio, existen varias definiciones, una de éstas considerada de amplia divulgación es la de Gómez (2002)⁶: “Básicamente, ordenar un territorio, significa identificar, distribuir, organizar y regular las actividades humanas en ese territorio de acuerdo con ciertos criterios y prioridades, cabría hablar, por tanto, de ordenación de las actividades humanas en un territorio organizado para acogerlas, expresión que daría una idea más precisa de tal significado, y es equivalente a ordenación de los usos del suelo- que se usa en sentido similar-, en cuanto éstos y aquellas están biunívocamente correlacionados”.

En Costa Rica existen una serie de leyes que constituyen el marco jurídico del ordenamiento ambiental y territorial. Éstas promueven un proceso “continuo e integral”, - como lo indica la ley de Planificación Urbana-, que tiende a mejorar las condiciones de la población del país. En el siguiente cuadro se detallan las principales leyes:

⁶ Gómez, D. (2002), “Ordenación Territorial”, Ediciones Mundi-Prensa, Editorial Agrícola Española S.A., Madrid, España.

Cuadro 1. Leyes sectoriales con influencia directa en el marco jurídico del ordenamiento ambiental territorial en Costa Rica

Ley N°.	Nombre	Año de emisión	Naturaleza	Autoridad competente
276	Ley de Aguas	1942	Lineamientos sobre manejo de los recursos hídricos.	MINAE
4240	Ley de Planificación Urbana	1968	Lineamientos fundamentales para el desarrollo urbano y la generación de planes reguladores.	INVU adscrito a MIVAH
6043	Ley sobre la Zona Marítimo Terrestre	1977	Lineamientos sobre la protección, manejo y administración de la Zona Marítimo Terrestre.	ICT adscrito al Ministerio de Turismo
7554	Ley Orgánica del Ambiente	1995	Lineamientos generales sobre la política nacional de ordenamiento territorial	MINAE y el Poder Ejecutivo
7575	Ley Forestal	1996	Entre otros, establece los lineamientos de protección de los bosques y cuerpos de agua.	MINAE a través de SINAC
7778	Ley de Biodiversidad	1998	Establece las bases para la protección, manejo y conservación de la biodiversidad del país.	MINAE a través de SINAC
7779	Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelo	1998	Establece la planificación de uso de suelo para actividades agrícolas y agropecuarias. Tiene	MAG

Ley N°.	Nombre	Año de emisión	Naturaleza	Autoridad competente
			efectos directos en el uso del suelo rural.	
8848	Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo	2003	Establece la necesidad de desarrollar planificación de uso de suelo a nivel municipal que prevenga los desastres naturales.	Comisión Nacional de Prevención de Desastres y Atención de Emergencias (CNE) adscrita al Ministerio de la Presidencia.

Fuente: Astorga, A. (2010)⁷.

A partir de este marco legal de ordenamiento territorial, fue necesario realizar distintas consultas sobre la base de instrumentos jurídicos o técnicos aplicables a la zona en análisis, considerando el marco jurídico vigente.

En el caso de los planes locales de desarrollo, denominados Planes Reguladores, su importancia para el objeto en estudio, radica en lo que la ley de Planificación Urbana 4240 establece, la cual los considera como instrumentos de planificación local que incluyen un conjunto de planos, mapas, reglamentos y cualquier otro documento, gráfico o suplemento, la política de desarrollo y los planes para distribución de la población, usos de la tierra, vías de circulación, servicios públicos, facilidades comunales, y construcción, conservación y rehabilitación de áreas urbanas.

Para la zona de estudio, se hicieron las consultas pertinentes al gobierno local para obtener información sobre el respectivo plan regulador donde se ubica la comunidad abastecida por ASADA Playa Cacique, sin embargo, el cantón de Carrillo no cuenta con este instrumento, por lo que no fue posible aplicar dicha legislación a este estudio.

En lo que respecta a la delimitación de zonas de protección alrededor de pozos y manantiales que sean de abastecimiento público, en ausencia de estudio técnico corresponde aplicar la legislación vigente (Artículo 31 de la Ley de Aguas 276), en caso

⁷ Astorga, A. (2010), "Ordenamiento Territorial en Costa Rica, 2010". Decimoséptimo Informe Estado de la Nación. Costa Rica.

contrario, se debe aplicar lo establecido en los estudios técnicos hidrogeológicos específicos para cada toma (siguiendo el procedimiento de coordinación interinstitucional, Artículo 8 de la Ley de Aguas 276, Decreto N° 38449-MINAE-MAG N° Gaceta: 121 del: 27/06/2017 Alcance: 155).

En relación con las áreas que circundan ríos, quebradas o arroyos, con fundamento en el artículo 33 de la Ley Forestal 7575, se declaran como áreas de protección aquellas que conformen 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.

Por su parte, las zonas de vulnerabilidad para acuíferos se deben calcular según los términos de referencia para la elaboración de estudios hidrogeológicos del SENARA, publicados en la Gaceta N°137, del miércoles 19 de julio del 2017.

Finalmente, en cuanto a la restricción de uso de suelo en zonas donde se ha identificado la presencia de fallamiento activo, se deben seguir los lineamientos establecidos en el Decreto Ejecutivo N° 32967-MINAE, publicado en La Gaceta N° 85, del 4 de mayo del 2006.

Para el caso del Acuífero Playa Panamá, se indica que nueve pozos en total cuentan con su respectivo estudio hidrogeológico para cálculo de la zona de protección absoluta bacteriológica, mismos que han sido revisados y avalados por la Dirección del Área Funcional de Hidrogeología, UEN Gestión Ambiental-AyA.

5.3.1. Regulaciones del territorio en la zona del proyecto Polo Turístico Golfo de Papagayo (PTGP)

El denominado “Polo Turístico Golfo de Papagayo” es un proyecto ubicado en la zona de Bahía Culebra de Guanacaste, regulado mediante la Ley N°6758 y su reglamento. En dicha zona se le confiere al estado, a través del ICT, la potestad de establecer condiciones exclusivas para el desarrollo de toda el área, terrestre y marítima, sobre la que se le ha otorgado la titularidad pública, administración y tutela afecto al proyecto de

desarrollo integral de Papagayo, entre ellas el de establecer las condiciones y plazos de concesión para actividades turísticas.

Y como ya se indicó, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) es la institución encargada de la administración y operación de los sistemas con los que se brindan los servicios públicos de abastecimiento de agua potable al proyecto.

Los límites del PTGP son de especial interés debido a que una franja, tiene colindancia con la comunidad que es abastecida por el sistema bajo administración de la ASADA Playa Cacique (Panamá).

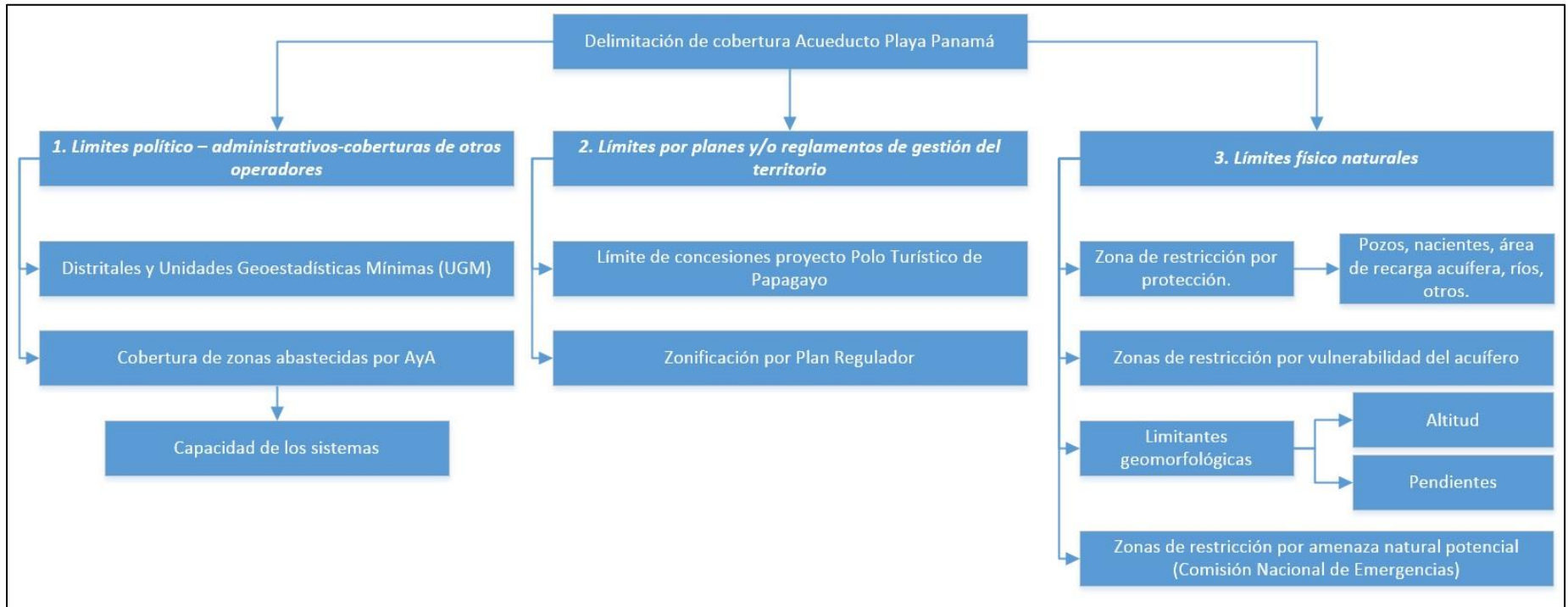
Considerando lo que establece la Ley N°6758 y su reglamento, el acueducto de Playa Cacique (Panamá) no puede abastecer ni ampliar su cobertura hacia zonas del PTGP.

6. Variables para la delimitación del área de cobertura del Acueducto Playa Cacique (Panamá)

El presente estudio utiliza criterios e instrumentos cuantitativos sustentados en la ciencia y en la técnica, por lo que se hace uso principalmente de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), tablas electrónicas para cálculos (Excel), instrumentos de análisis y valoración hidrogeológica dentro de área de estudio y de capacidad hidráulica de los sistemas de abastecimiento; incorporando también, aspectos reglamentarios y criterios técnicos propios de la ingeniería civil, hidrogeología y geografía, entre otros.

Para la delimitación del acueducto de Playa Cacique (Panamá), se toman en cuenta las variables que aportan elementos territoriales verificables y que en conjunto, definen una cobertura territorial específica para el acueducto en estudio, sobre la base de la información disponible a la fecha del presente estudio, según se muestran en la siguiente figura.

Figura 1. Variables para la delimitación de cobertura del Acueducto de la ASADA Playa Cacique (Panamá).



Fuente: Elaboración propia, AyA, 2018.

En el siguiente cuadro se presenta una descripción de las variables utilizadas para la delimitación, a manera de síntesis y con la finalidad de integrar la información primaria y secundaria.

Cuadro 2. Variables para la delimitación del Acueducto de Playa Cacique (Panamá).

Variable	Variables operacionales	Descripción operacional
1. Límites político-administrativos-coberturas	1. 1. Límites provinciales, cantonales y distritales.	Límites definidos por ley, desde el punto de vista administrativo gubernamental.
	1.2. Unidades Geoestadísticas Mínimas (UGM).	Límites de las unidades administrativas más pequeñas en el país, a nivel de cuadrante o "manzana".
	1.3. Coberturas de zonas abastecidas por AyA.	Áreas abastecidas por acueductos de AyA o que potencialmente.
2. Límites por leyes, reglamentos o planes de gestión del territorio.	2.1. Límite por zonificación de Plan Regulador o leyes de ordenamiento territorial.	Leyes o reglamentos territoriales que afectan el crecimiento urbano.
	2.2. Límites por Proyecto Polo Turístico Golfo de Papagayo.	Áreas circunscritas al proyecto Polo Turístico Golfo de Papagayo.
3. Límites físico-naturales	3.1. Zona de restricción por protección.	Áreas bajo protección según legislación nacional.
	3.2. Zona de restricción por vulnerabilidad del acuífero.	Áreas con prohibición en uso de suelo por vulnerabilidad de acuífero según criterio técnico MINAE, AyA, SENARA.
	3.3. Límites por variables geomorfológicas.	Áreas con restricciones por presencia de limitantes físicas del terreno.
	3.4. Límites por amenaza natural potencial.	Áreas definidas por la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) como propensas a sufrir desastres por presencia de amenazas naturales potenciales.

Fuente: elaboración propia, AyA 2018.

6.1. Límites político-administrativos y cobertura de otros entes operadores

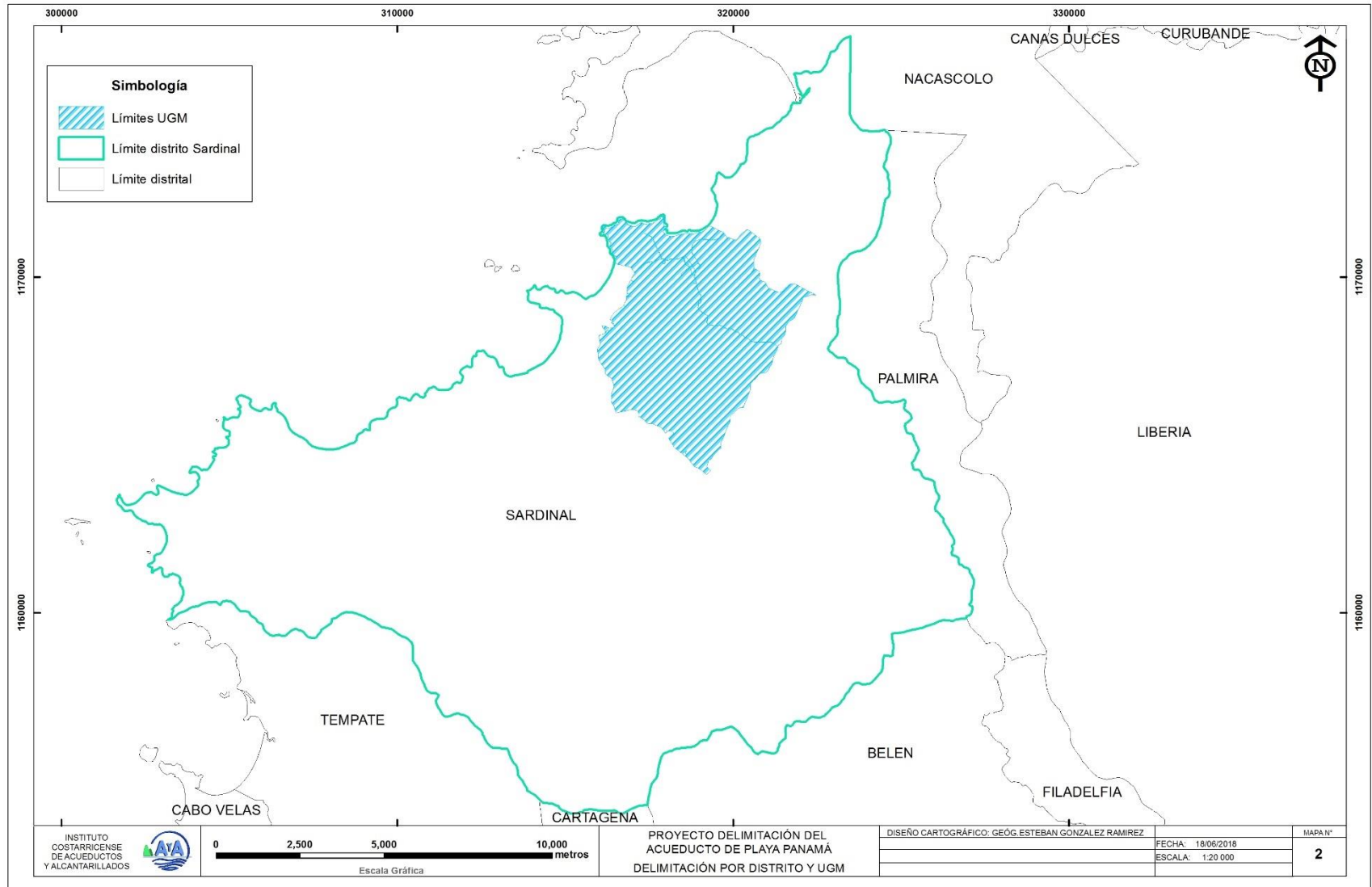
6.1.1. Límites distritales

Los límites a partir del distrito se trazan en un SIG, usando las capas oficiales para Costa Rica. En este caso, la zona de estudio pertenece a la provincia (05) Guanacaste, cantón (505) Carrillo, distrito (03) Sardinal. Los detalles de los límites se observan en el mapa 2. En este caso, la información sobre los límites corresponde a los datos del Instituto Geográfico Nacional (IGN), específicamente la División Territorial Administrativa de la República de Costa Rica. Las capas para el proceso en SIG se tomaron del Instituto Tecnológico de Costa Rica y se corroboraron con la información del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT).

Como se observa en el mapa 2, el distrito de Sardinal incluye una superficie que supera el área actual de cobertura del Acueducto Playa Cacique (Panamá); con límites definidos, al norte con el distrito Nacascolo del cantón Liberia, al este con el distrito de Palmira, al sureste con el distrito de Belén, todos del cantón de Carrillo; al sur con el distrito de Cartagena, y al suroeste con el distrito Tempate, ambos del cantón de Santa Cruz.

Esta delimitación política-administrativa, circunscribe el área de cobertura del Acueducto Playa Cacique (Panamá) dentro del distrito Sardinal, el cual se encuentra únicamente bajo administración y operación de AyA o de ASADAS quienes operan por delegación; por lo que toda ampliación de cobertura territorial de dicho acueducto según su capacidad técnica actual, requiere del criterio técnico de la Dirección Regional Chorotega de AyA.

Mapa 2. Delimitación según División Territorial del distrito Sardinal



6.1.2. Límites por Unidad Geoestadística Mínima (UGM) del INEC

Las UGM se presentan como las unidades administrativas más pequeñas definidas según criterios técnicos establecidos por el Estado, en este caso, a través del INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos).

Para este objeto de análisis se considera relevante su uso, como se ha explicado anteriormente, debido a que representan la cartografía más actualizada en cuanto a división territorial del país. Esta información fue aportada al AyA a través de un convenio interinstitucional, lo que le permite tener acceso a las bases de datos de la información generada por el INEC. Es una información uniforme que representa de la realidad y las características espaciales del territorio costarricense. Deja de lado los límites imaginarios, y se basa en límites totalmente comprobables en el campo, siguiendo características específicas del espacio geográfico.

Con las UGM se obtiene una división del espacio que permite representar la realidad en su dimensión territorial, siendo la mayor parte cuadrantes, o superficies regulares o irregulares, que se pueden recorrer de forma parcial o total en el campo. Con mayor precisión, el INEC (2011) definió UGM como la división territorial mínima del país, desarrollada con fines estadísticos, tiene forma poligonal de superficie variable y equivale a lo que comúnmente llamamos manzanas o cuadras. Está constituida por un grupo de viviendas, edificios, predios, lotes o terrenos⁸.

Durante la labor de definición de límites, se consideró necesario incluir las UGM como una de las variables que delimitan la cobertura territorial del acueducto Playa Cacique (Panamá), de forma clara y verificable.

Se realiza la solicitud a la Dirección de Planificación, en su calidad de administrador del acceso a esa información, de todas las UGM correspondientes al distrito Sardinal de Carrillo. En un SIG, se realiza la superposición de capas. Las capas pertenecientes al sistema de acueducto de Playa Cacique (Panamá) (tuberías,

⁸ Instituto Nacional de Estadística y Censos, (2011). "X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2011". San José, Costa Rica.

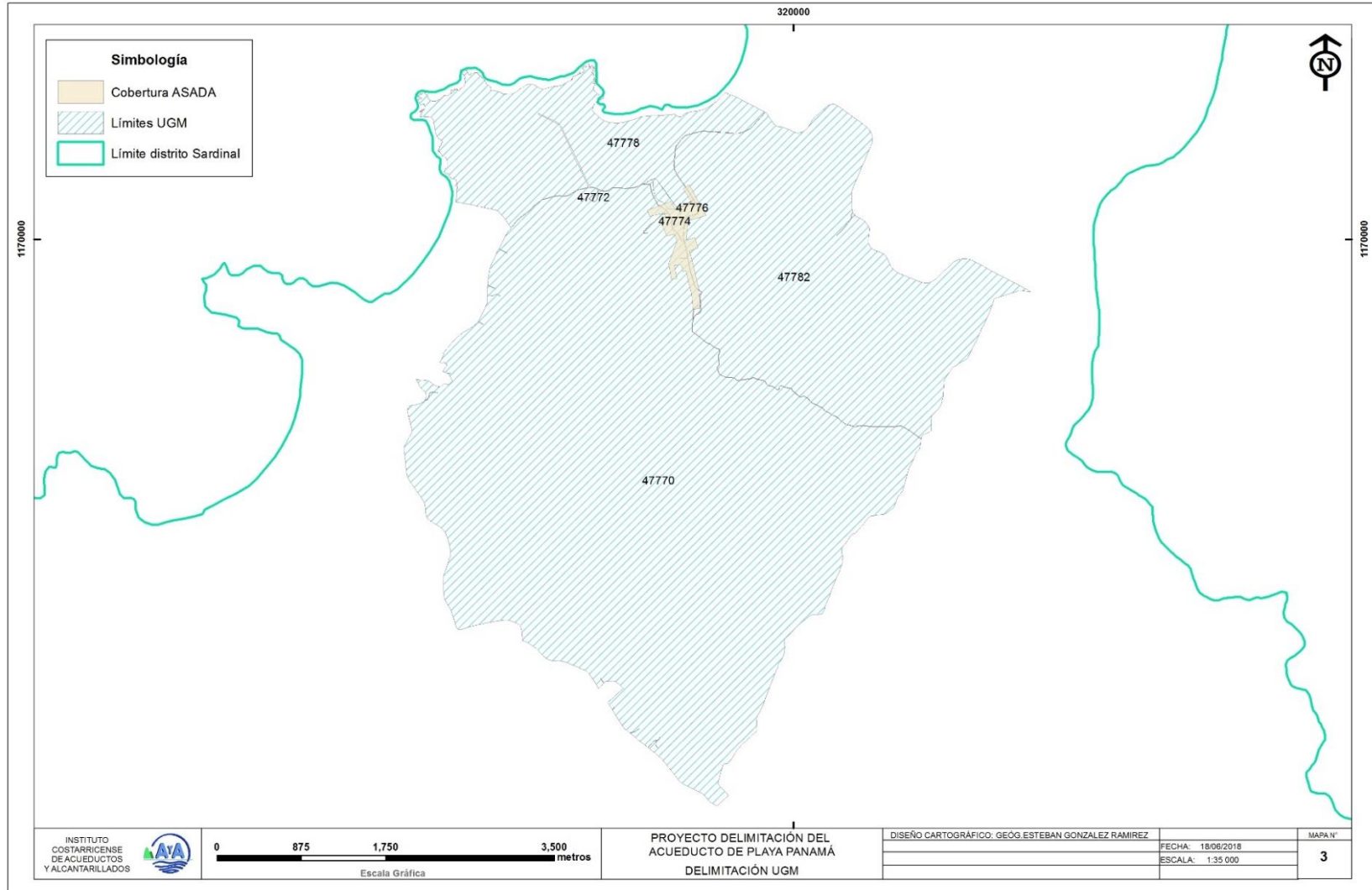
estructuras principales y accesorios), se obtienen de la misma Dirección de Planificación.

Al realizar la sobre posición, se logra definir cuáles UGM se intersecan parcialmente con la infraestructura del sistema de acueducto, para ser incorporadas como zona de posible influencia del mismo supeditada a la capacidad técnica actual del acueducto Playa Cacique (Panamá); que corresponde a las UGM que se muestran en el mapa 3.

Como se observa en el mapa 3, las UGM en relación directa con el acueducto en estudio, corresponden a los códigos: 47770, 47782, 47774, 47776 y 47778; en representación de las viviendas, edificios, predios, lotes o terrenos, ubicados dentro de la zona posible de influencia de dicho acueducto, supeditada a la capacidad técnica actual del acueducto Playa Cacique (Panamá). Estas UGM se convierten así en otra variable de análisis en la definición de los límites del sistema de acueducto que es objeto de delimitación, en este caso sin salirse de los límites político administrativos del distrito Sardinal.

Cabe señalar que, la prestación del servicio de abastecimiento de agua potable dentro de cada UGM, para viviendas, edificios, terrenos, lotes o predios que se ubiquen fuera de la cobertura del Acueducto Playa Cacique según su capacidad técnica actual, debe ser contemplado dentro de la cobertura actual o futura inherente a los servicios que brinda el AyA a través de la Dirección Regional Chorotega; sin que ello se contraponga a lo acordado en convenios de delegación entre AyA y otras ASADAS.

Mapa 3. Delimitación por Unidades Geostatísticas



6.1.3. Límites de zonas abastecidas por AyA y con potencial de cobertura

El AyA a través de la Dirección Regional Chorotega, tal y como ya se indicó, tiene a cargo la operación y administración de los servicios de abastecimiento de agua potable y de saneamiento en la provincia de Guanacaste, exceptuando aquellos sistemas bajo administración municipal o en delegación a entes operadores bajo la figura de ASADA.

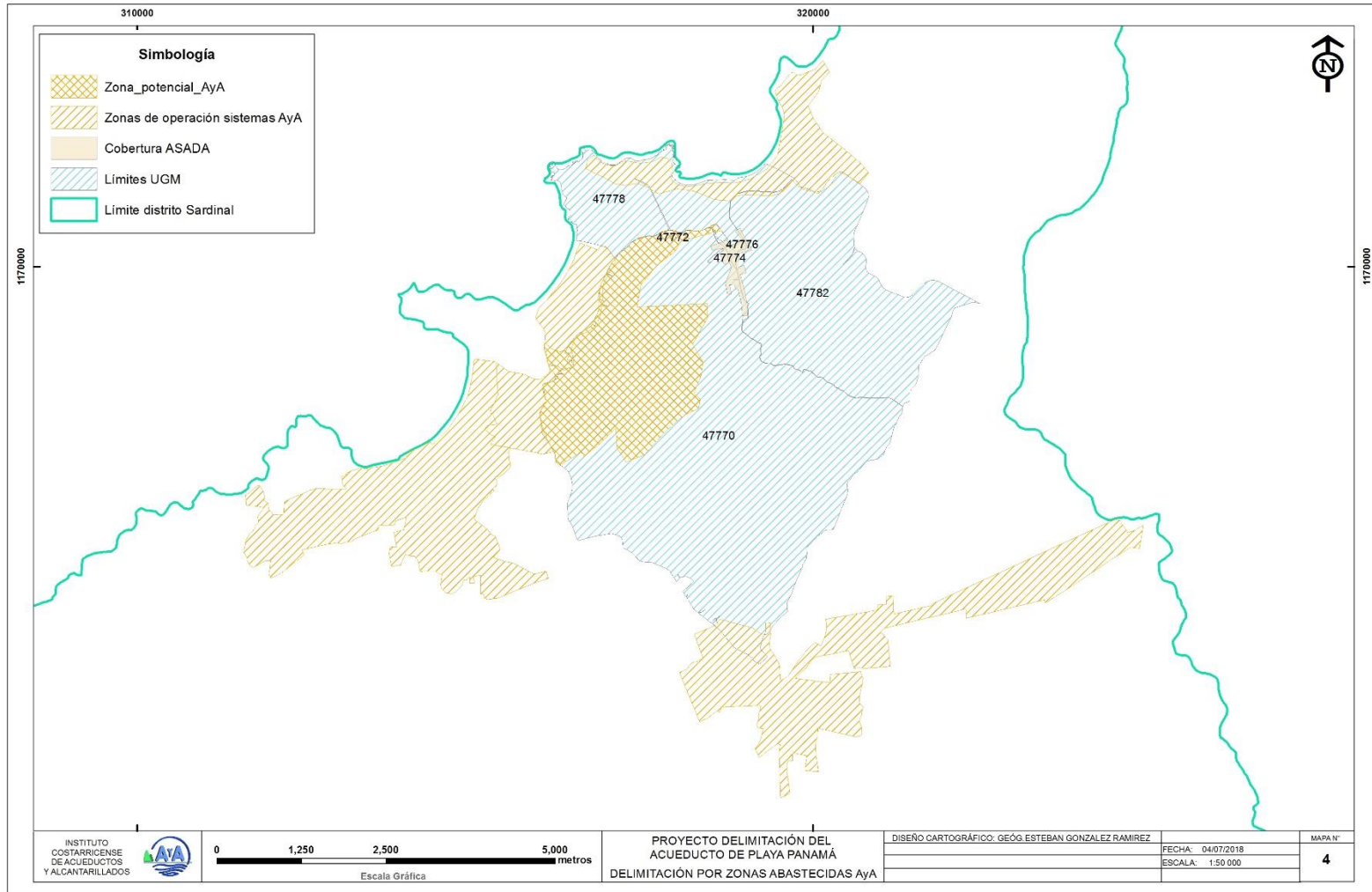
En el mapa 4, se detallan las zonas de cobertura de los sistemas de AyA con base en la información aportada por la Dirección Regional Chorotega, así como las zonas inmediatas y zonas con potencial de ser abastecida por el AyA (zona potencial en el entorno de los sistemas AyA), y que deben ser atendidas según la capacidad técnica de los sistemas de AyA en operación o a través de ampliaciones a los mismos.

La cobertura actual y futura a partir de los sistemas en operación a cargo de la Dirección Regional Chorotega de AyA, resulta esencial en la definición de cobertura territorial del sistema de la ASADA Playa Cacique (Panamá); por cuanto el AyA, en relación con sus sistemas, debe garantizar la sostenibilidad técnica y financiera de los mismos, razón por la cual no puede delegarlos ni a esta ASADA ni a otros operadores, tal y como lo contempla el inciso (g) del artículo 2 de la ley constitutiva del Instituto (Ley N° 2726).

La responsabilidad de AyA en términos de la sostenibilidad técnica y financiera de los sistemas que administra y opera directamente en la provincia de Guanacaste, se amplía de forma proporcional a la magnitud de las inversiones que ejecuta en la zona, que totalizan 20.856 millones de colones e incluyen los siguientes proyectos:

- Acueducto costero Santa Cruz.
- Ampliación y mejoramiento del Sistema de Nicoya.
- Acueducto Las Trancas-Papagayo.
- Mejoras al Acueducto de Liberia.
- Ampliación del Acueducto Sardinal-El Coco-Ocotol.

Mapa 4. Delimitación por sistemas de AyA



6.1.4. Límite por capacidad hidráulica y de producción del sistema

Para definir la delimitación territorial según la cobertura de abastecimiento del sistema en estudio, resulta esencial establecer la capacidad técnica actual del sistema, para ello fue necesario determinar la capacidad hidráulica del Acueducto de Playa Cacique y de esta forma conocer el caudal para el período de estudio (superávit o déficit).

En virtud de lo anterior, se caracterizaron todos los elementos físicos que integran el sistema de abastecimiento según la infraestructura existente (tubería de distribución, tubería de impulsión, tanque de almacenamiento, equipo de bombeo, etc.); así mismo, se determinaron todos los parámetros hidráulicos y otras variables inherentes a la capacidad actual y potencial del sistema en estudio, entre ellos: caudal máximo y mínimo que suministra la fuente de abastecimiento de agua que en este caso es de origen subterráneo (Pozo CN-246), demanda diaria máxima y mínima por persona, dotación, tasa de crecimiento vegetativo, período de diseño, número de servicios y total de personas por unidad habitacional, entre otros.

También, se aplicaron los requisitos técnico-normativos establecidos en la NORMA TÉCNICA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DE SANEAMIENTO Y PLUVIAL (Acuerdo de Junta Directiva 2017-281). Adicionalmente, a partir de los parámetros iniciales considerados para el estudio de la capacidad hidráulica, se establecieron criterios técnicos sobre el estado actual de la producción y almacenamiento del sistema de acueducto y sobre la oferta y demanda de agua potable para la población cubierta con el sistema, considerando un período de análisis de 20 años hasta el año 2037.

Cabe indicar que, la metodología aplicada permite conocer el número de servicios que la red puede abastecer a lo largo de tiempo (previstas de agua potable para unidades habitacionales), y de esta forma identificar las limitaciones del sistema en cuanto a su crecimiento hidráulico y sostenibilidad en el tiempo.

La cantidad de servicios que pueden ser suministrados a partir de la capacidad técnica del Acueducto bajo administración y operación de la ASADA Playa Cacique (Panamá), tomando en consideración el recurso hídrico que lo abastece, constituye una variable de análisis ya prevista en el artículo octavo del convenio de delegación suscrito entre AyA y este ente operador; el cual señala que la jurisdicción de la ASADA está determinada por la capacidad técnica del sistema.

Los resultados obtenidos de este análisis se sustentan en los siguientes informes, que forman parte del presente estudio:

- Capacidad Hidráulica del Acueducto de la ASADA de Playa Cacique (Panamá) para el período 2017 a 2037 Sector Cacique; suscrito por el Ing. Allan Umaña Ortiz de la UEN Programación y Control (UEN-PC-2019-00829).
- Información sobre grado de vulnerabilidad y restricciones de uso de suelo dentro del Acuífero Playa Panamá, e información sobre la ubicación del pozo de la ASADA Playa Cacique (Panamá); suscrito por Cristian Corrales Díaz de la UEN Gestión Ambiental (UEN-GA-2018-00720).
- Situación de la ASADA Playa Cacique (Panamá) de Sardinal, Carrillo; suscrito por Cecilia Martínez Artavia de la Subgerencia Gestión de Sistemas Delegados (SUB-GSD-2019-00268) y ampliado por Rodolfo Ramírez Villalba Director de la UEN Gestión de Acueductos Rurales.
- Estudio hidrogeológico acuífero aluvial Playa Panamá, Guanacaste, Costa Rica; remitido por la UEN Gestión Ambiental (UEN-GA-2018-00222).

De conformidad con los resultados señalados en el informe sobre capacidad hidráulica y la validación de algunos parámetros del sistema con los miembros de la Junta Directiva de la ASADA Playa Cacique, en la gira llevada

a cabo el 24 de mayo del 2018, se determina que la capacidad técnica del sistema en estudio se caracteriza por lo siguiente:

- Se establecieron 2 tipos de población según la demanda, un 13,37% del total de servicios corresponde a servicios de alta demanda con un promedio de 12,7 habitantes por servicio (dotación 375 l/p/día), esto corresponde a servicios de tipo comercial, hotelero y educativo; el resto, corresponde a servicios de baja demanda con un promedio de 3,7 habitantes por servicio (dotación 175 l/p/día), es decir sector habitacional, iglesia y plaza. Según datos del INEC del censo 2011.
- La distribución de servicios de agua potable, debe adoptar lo indicado “Matriz de Criterios de Uso del Suelo según la Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos”, la cual establece una densidad de 25 habitantes por hectárea o lotes de 2000m².
- El pozo con el que se abastece el acueducto de Playa Panamá, según las pruebas realizadas puede alcanzar una producción total de 3,5 l/s a caudal constante. Sin embargo, el bombeo no puede extenderse por más de 14,95 horas diarias dado que la concesión de dicho pozo permite hasta 2,18 l/s para consumo humano, según visor público de SINIGIRH 2802-19. Por lo tanto, diariamente se pueden extraer hasta 188,4 m³/día. Dependerá de la administración de la ASADA asegurar las condiciones operativas con el fin de que se asegure una producción mínima constante de 2.18l/s.
- La población en el 2017 se estimó en 479 habitantes (117 servicios) y crecerá a un ritmo promedio de 2,4% durante los próximos 20 años (crecimiento vegetativo), por lo que se tiene previsto un incremento de aproximadamente 291 habitantes; por lo tanto, para el año 2037 se estima que el acueducto brinde el servicio a una población total de 770 habitantes (188 servicios).

- Para el 2018, la población estimada fue de 490 habitantes, lo que representó un total aproximado de 120 servicios; considerando que el pozo puede producir hasta 188,4 m³/día, se podrán activar 44 servicios adicionales a los existentes, como resultado del análisis de producción versus consumo. Si se consideran los 25 servicios que la ASADA indicó tener comprometidos en mayo del 2018, estarían disponibles 19 servicios para ser activados durante los siguientes años. Los servicios disponibles pueden ser asignados a distintos usuarios, tales como, sector público institucional, reproductivo, comercial y de servicios, siempre y cuando no afecte los criterios y limitaciones indicadas por la matriz de SENARA y lineamientos establecidos por la UEN de gestión ambiental sobre la prohibición de explotación del acuífero de Playa Panamá, dictados en el oficio UEN-GA-2018-00222.
- El acueducto bajo las condiciones actuales de operación aprovecha el 55,9% del volumen de almacenamiento del tanque, al 2037 estaría utilizando un 74% del volumen total, lo cual no representa limitación alguna para la continuidad del servicio en términos de almacenamiento.
- Se deben respetar los criterios indicados en el Estudio hidrogeológico acuífero aluvial Playa Panamá, Guanacaste, Costa Rica (UEN-GA-2018-00222) y en el Informe sobre grado de vulnerabilidad y restricciones de uso de suelo dentro del Acuífero Playa Panamá, e información sobre la ubicación del pozo de la ASADA Playa Cacique (UEN-GA-2018-00720); por cuanto establecen restricciones de perforación del acuífero de Playa Panamá, así como restricciones de uso de suelo. Lo anterior, con el fin de proteger la fuente de producción que abastece dicho acueducto.

6.2. Límites por leyes, reglamentos o planes de gestión del territorio

6.2.1. Límite por concesiones del proyecto Polo Turístico Golfo de Papagayo

Tal y como se indicó, el Proyecto Polo Turístico Golfo de Papagayo se encuentra bajo administración del Instituto Costarricense de Turismo y tiene un impacto directo sobre los cantones de Liberia y Carrillo en la Provincia de Guanacaste (Ley N°6758 y su reglamento).

En materia de ordenamiento territorial, los terrenos afectados por este proyecto fueron declarados de utilidad pública (Ley N° 6370), cuyo uso del suelo es turístico de conformidad con el dictamen C-210-2002 de la Procuraduría General de La República; según consta en la Declaración de Conveniencia Nacional establecida mediante el Decreto Ejecutivo No. 33132-MP-T (La Gaceta No. 97 del 22 de mayo del 2006).

Para los efectos de delimitación territorial del Acueducto Playa Cacique, es de interés ubicar los límites de dicho proyecto, que le han sido establecidos de conformidad con el artículo 1 de la Ley N° 6370 y sus reformas, particularmente lo correspondiente al área terrestre, según se muestra en el mapa 5.

Para tales efectos, el Instituto Costarricense de Turismo (ICT), a través de la Dirección Ejecutiva del proyecto Polo Turístico Golfo Papagayo, proporcionó la información pertinente a las zonas de concesión. En específico se hace entrega mediante correo electrónico de un archivo cartográfico, conocido como shapefile, el cual contiene información específica sobre los límites de los terrenos en concesión.

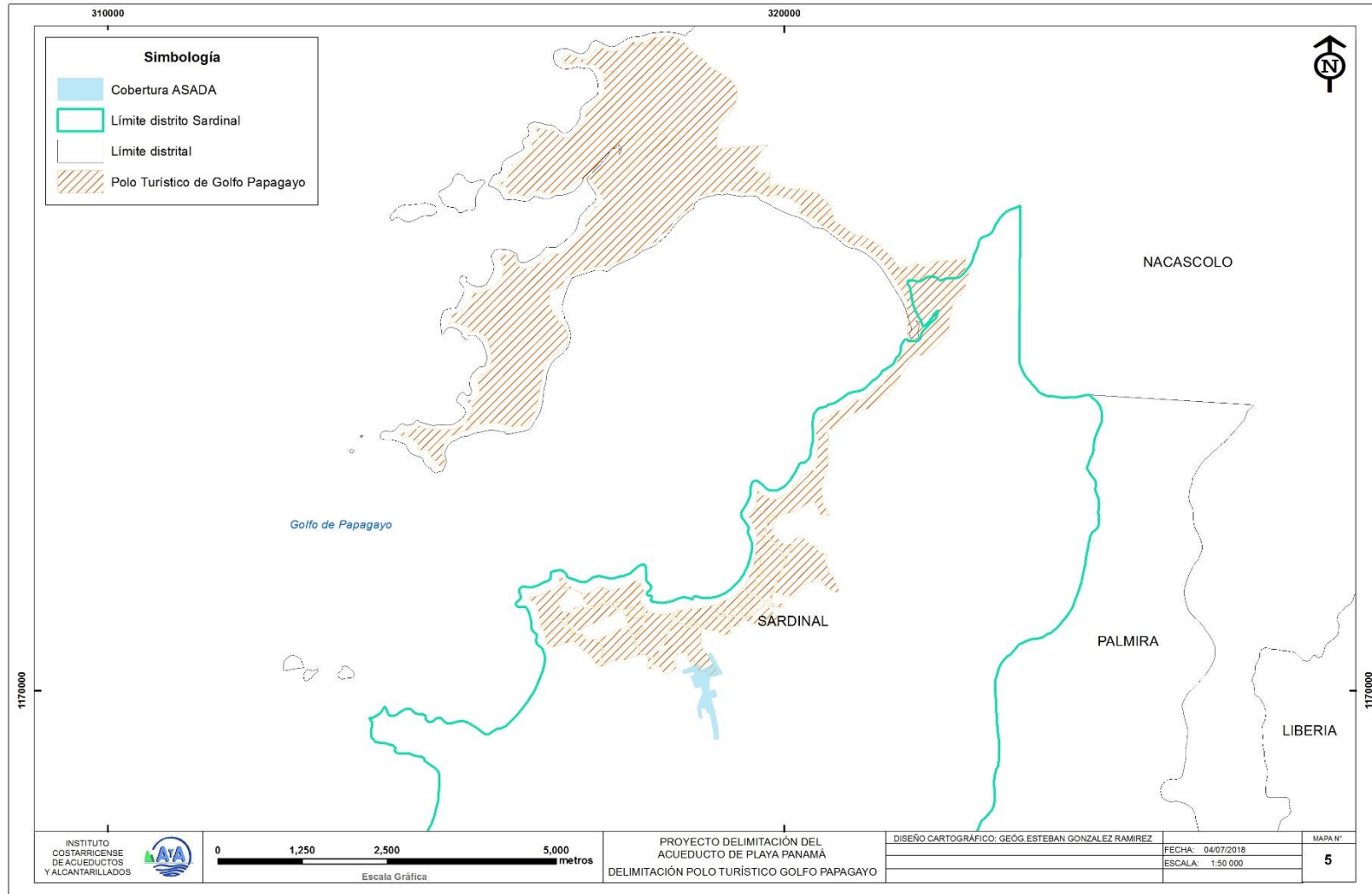
La cobertura del Acueducto Playa Cacique según su capacidad técnica, no puede cubrir el territorio delimitado para el Proyecto Polo Turístico Golfo de Papagayo, por cuanto le corresponde al ICT todo lo relativo a la administración y control del desarrollo y provisión de la infraestructura para la prestación de los servicios, como lo es el abastecimiento de agua potable y de saneamiento; lo cual involucra entre otros aspectos, la coordinación entre el ICT con las Instituciones del Estado, siendo el AyA el operador al que le corresponde la prestación de los servicios dentro de los terrenos en concesión, como ente operador al que también le corresponde todo lo

relativo con la prestación de estos servicios dentro de la provincia de Guanacaste, con las excepciones ya indicadas.

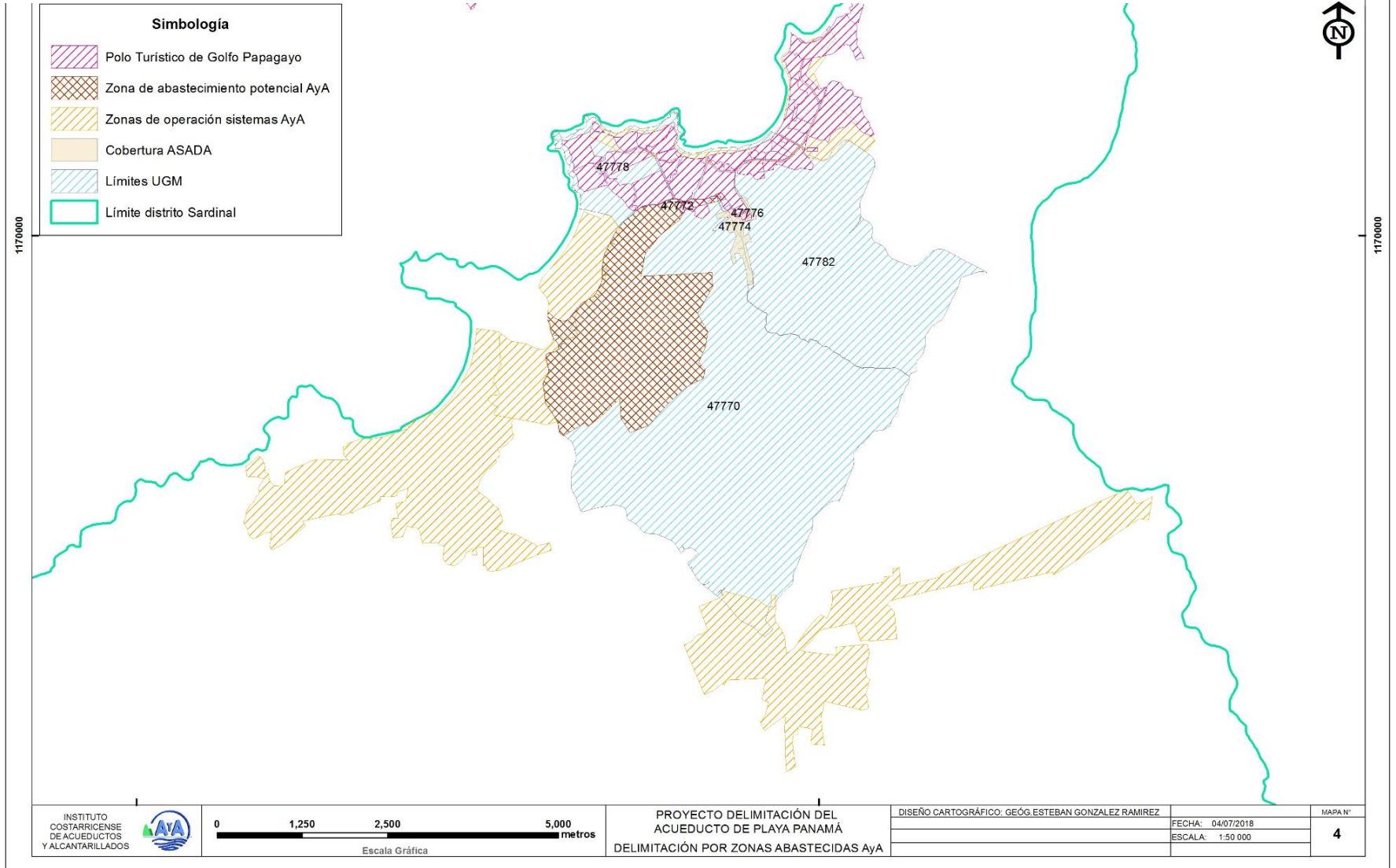
En consecuencia, la delimitación del PTGP es una variable de análisis esencial en la definición de cobertura territorial del sistema de acueducto que es objeto de delimitación, por cuanto son áreas cuya administración y operación corresponden a otro operador; en especial cuando la sostenibilidad técnica y financiera (actual y futura) de los sistemas para la prestación de los servicios dentro de los límites de dicho proyecto, conllevan responsabilidades financieras que pueden ser compartidas entre el ICT y el AyA, en función de sus competencias otorgadas por ley.

En el mapa 6 se muestra la delimitación del área cubierta por el PTGP próxima al Acueducto Playa Cacique (Panamá), que se encuentra abastecida directamente por AyA, así como las otras áreas donde el AyA brinda los servicios o tiene el potencial para cubrir el abastecimiento a partir de los sistemas que opera; también, se evidencia la tendencia de expansión de las áreas abastecidas por AyA, hacia la zona donde se ubica la infraestructura del sistema operado por la ASADA Playa Cacique.

Mapa 5. Delimitación según Proyecto Polo Turístico Golfo de Papagayo



Mapa 6. Detalle de expansión del área de cobertura abastecida por AyA



INSTITUTO
COSTARRICENSE
DE ACUEDUCTOS
Y ALCANTARILLADOS



PROYECTO DELIMITACIÓN DEL
ACUEDUCTO DE PLAYA PANAMÁ
DELIMITACIÓN POR ZONAS ABASTECIDAS AyA

DISEÑO CARTOGRAFICO: GEÓG. ESTEBAN GONZALEZ RAMIREZ

FECHA: 04/07/2018
ESCALA: 1:50 000

MAPA N°

4

6.3 Límites por restricciones físico-naturales

El ambiente físico natural incorpora elementos que se localizan en el territorio y que por sus características y legislación aplicable se convierten en barreras al urbanismo, y, por tanto, al crecimiento de la cobertura de cualquier sistema de acueducto, en este caso, el de Playa Cacique (Panamá).

En este apartado se toman en consideración las variables que se detallan en el siguiente cuadro; las cuales establecen parámetros naturales inherentes al territorio que se encuentran regulados.

Cuadro 3. Elementos del territorio que representan límites a la ampliación del crecimiento urbano y de los acueductos.

Variable	Variable operacional
Zonas especiales de restricción por protección	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas de protección de nacientes, pozos. • Áreas de protección de ríos y quebradas. • Zonas de reserva nacional.
Vulnerabilidad del acuífero	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas con restricción alta • Zonas de restricción media
Limitantes geomorfológicas	<ul style="list-style-type: none"> • Altitud (relieve) • Pendientes del terreno
Amenazas naturales potenciales	<ul style="list-style-type: none"> • Zona de amenaza potencial por inundación • Zona de amenaza potencial por falla geológica

Fuente: AyA, 2018

A continuación, se realiza el análisis descriptivo de los elementos y cómo afectan la delimitación de la cobertura de abastecimiento del sistema de abastecimiento de Playa Cacique (Panamá).

6.3.1. Límites por zonas de protección: nacientes, pozos, ríos y quebradas

Las áreas de protección en relación con fuentes subterráneas dentro de la zona de estudio, están directamente relacionadas con un total de 9 pozos, que se ubican dentro del Acuífero Playa Panamá (coordenadas Lambert 352 000 – 358 000 m Este y 288 000 – 280 000 m Norte, del Distrito de Carrillo de la Provincia de Guanacaste).

Este acuífero cuenta con su respectivo estudio hidrogeológico que incluye el cálculo de la zona de protección absoluta bacteriológica, y que ha sido revisado y avalado por la Dirección del Área Funcional de Hidrogeología de la UEN Gestión Ambiental, en el siguiente cuadro se detalla la ubicación y el estado actual en el que se encuentra cada uno de ellos. Del total de pozos, solo dos están en operación siendo uno de ellos el que es operado por la ASADA Playa Cacique, identificado con el código CN-246.

Cuadro 4. Datos de los pozos dentro del Acuífero Playa Panamá que cuentan con zona de protección.

	Código AyA	Pozo	Estado	Coord. Este	Coord. Norte	Observaciones (Conocido como)
1	CHA38AP006	Condovac 1	Fuera de servicio por salinización	318343	1170459	Condovac (El Duende) (CN-379)
2	CHA38AP007	Condovac 2	Fuera de servicio por salinización	318391	1170403	(CN-259)
3	CHA38AP008	Costa Esmeralda	No utilizado por bajo nivel	318406	1170603	Condovac (Costa Esmeralda) (CN-283)
4	CHA38AP012	Cacique 3	No utilizado por bajo nivel	318652	1170418	Cacique Norte (CN-284)
5	CHA38AP010	Cacique 1	En desuso	318755	1170361	Cacique Sur (CN-273)
6	CHA38AP011	Cacique 2	En desuso	318709	1170381	Cacique Centro (CN-281)
7	CHA38AP001	Doña Mercedes	En operación	318960	1169982	Mercedes (CN-156)
8	-	ASADA Playa Panamá (CN-246)	En operación	318986	1170283	ASADA Playa Panamá
9	CHA38AP013	Pozo Blue Bay	Fuera de servicio por salinización	319973	1171848	Pozo 5 Blue Bay (CN-336)

Cada pozo presenta tres áreas de protección, las mismas están integradas por la zona operacional y de protección absoluta⁹, la zona de protección absoluta¹⁰, y la zona de protección regulada¹¹, cuya distribución se puede observar en el mapa 7.

Cabe indicar que, dentro de las zonas operacionales y de protección absoluta sólo se permiten actividades vinculadas con la operación, mantenimiento y protección del pozo, dentro de las zonas de protección regulada se pueden permitir actividades que dependiendo de la vulnerabilidad no causen riesgo de contaminación al pozo.

En el caso particular de la zona operacional para cada pozo, ésta se caracteriza por lo siguiente:

- Tiene la función de proteger la estructura física del pozo y de prevenir la infiltración de fluidos indeseables cerca de la fuente.
- Es un área de reserva absoluta dentro de la que solo se permiten actividades relacionadas con la extracción del agua, las cuales se deben evaluar y controlar.
- No debe haber alteraciones del terreno dentro de este perímetro.
- Esta área de protección debe estar cercada con una malla de protección, la cual debe contar con todas las medidas de seguridad para evitar el acceso hasta el pozo.

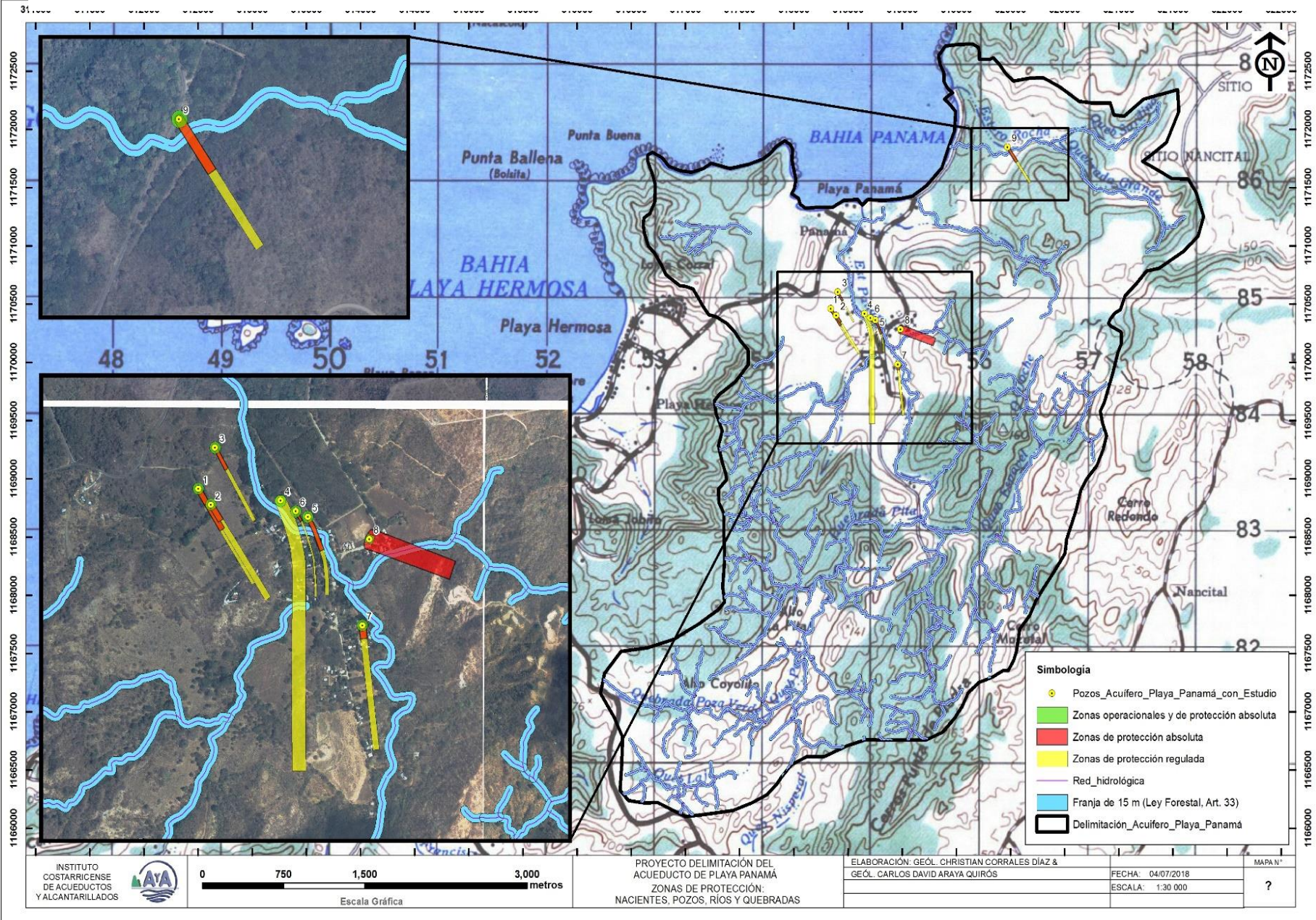
⁹ 1. **Zona operacional y de protección absoluta:** corresponde a un área que se define alrededor de cada pozo o naciente (radio entre 10 y 15 m), sea que se capte un acuífero libre o confinado, dentro de la cual solo se permiten actividades relacionadas con la operación y mantenimiento del pozo; incluye un área de protección bacteriológica, en la que se pueden realizar actividades considerando las condiciones de vulnerabilidad, amenaza y riesgo inherente y que no causen contaminación bacteriológica al agua subterránea.

¹⁰ 2. **Zona de protección absoluta:** es la zona dentro del tubo de flujo, limitada aguas arriba por la isocrona correspondiente a 70 días (medio poroso) o 100 días (medio fracturado), considerando el tiempo de tránsito vertical entre la superficie y la zona saturada. En el caso de manantiales, como método alternativo al cálculo de las isócronas, con la metodología del tiempo de tránsito en la zona saturada, se puede aplicar un radio fijo dentro del tubo de flujo, equivalente a los 200 m indicados para fuentes de consumo humano según el artículo 31 de la Ley de Aguas.

¹¹ 3. **Zona de protección regulada:** es la zona dentro del tubo de flujo, limitada aguas abajo por la isocrona de 70 ó 100 días (según sea un acuífero poroso o fracturado), y en dirección aguas arriba, hasta alcanzar la divisoria de aguas de la cuenca dentro de la cual se ubica la fuente analizada, especialmente en los casos en los que la fuente corresponde con una naciente.

En cuanto a la red de ríos o quebradas dentro del Acuífero Playa Panamá, se observa en el mapa 7 la distribución de la misma, dicha capa de ríos o quebradas se toma del Proyecto CARTA 2005, para la Hoja Carrillo Norte. También, se incluye la delimitación de la franja de 15 m a ambos lados de cada curso de agua (franjas de color celeste), las cuales según el artículo 33 de la Ley Forestal N° 7575 se establecen como áreas de protección para riberas de los ríos, quebradas o arroyos, las cuales deben ser de quince metros, en este caso para zona rural y para terreno plano.

Mapa 7. Zonas de Protección y delimitación de ríos y quebradas



En cuanto a las áreas de protección alrededor de ríos, quebradas o arroyos, tal como lo indica artículo 34 de la misma ley, se prohíbe la corta o eliminación de árboles en las áreas de protección descritas en el artículo anterior, excepto en proyectos declarados por el Poder Ejecutivo como de conveniencia nacional. Los alineamientos que deban tramitarse en relación con estas áreas, son los que establezca el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo.

Finalmente, es importante señalar que cualquier solicitud de perforación de un pozo que se localice dentro del Acuífero Aluvial Playa Panamá, de parte de Dirección de Agua del MINAE, el AyA recomendará su denegatoria, por cuanto dicho acuífero se encuentra en restricción de perforación según lo dispuesto en el informe que consta en el memorando UEN-GA-2018-00222.

En virtud de las restricciones de uso directamente relacionadas con las fuentes subterráneas o superficiales existentes en la zona, las áreas inmediatas a estas fuentes deben ser consideradas en el presente análisis, no solo por su importancia en cuanto a la protección y conservación de las fuentes, sino también por que establecen límites al desarrollo urbanístico y en consecuencia inciden directamente sobre la cobertura territorial del sistema de acueducto que es objeto de delimitación.

6.3.2. Límites por zonas de vulnerabilidad del acuífero

La vulnerabilidad inherente a un acuífero hace necesario el establecer restricción de uso del suelo, según el grado de vulnerabilidad que se calcula para cada acuífero en particular.

El cálculo del grado de vulnerabilidad del Acuífero Playa Panamá, se obtuvo a partir del informe “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO ACUÍFERO ALUVIAL PLAYA PANAMÁ, GUANACASTE, COSTA RICA”, elaborado por la Empresa Tecnoambiente y avalado por tres instituciones del estado SENARA, MINAET y AyA, según lo indicado en el informe que consta en el memorando UEN-GA-2018-720.

Para este estudio se realizó un análisis de vulnerabilidad para todas las unidades hidrogeológicas presentes en la cuenca de Playa Panamá.

En el cuadro 5 se detalla la clasificación del uso del suelo determinada por la “Matriz de Criterios de Uso del Suelo según la Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos” (SENARA, 2006), para las dos zonas que se localizan dentro del Acuífero Playa Panamá según se muestra en el mapa 8, de conformidad con el grado de vulnerabilidad calculado para cada una de ellas (sector sombreado dentro de cada cuadro).

En virtud de las restricciones de uso relacionadas con la vulnerabilidad inherente al Acuífero Aluvial Playa Panamá, que establece límites al desarrollo de actividades productivas y urbanísticas dentro de la cobertura territorial del sistema de acueducto que es objeto de delimitación; es necesaria su inclusión dentro del presente análisis, por cuanto las mismas inciden directamente sobre el abastecimiento actual y futuro de la población que se ubica dentro del área de influencia de dicho acueducto.

Cuadro 5. Restricciones de uso del suelo según "Matriz de Criterios de Uso del Suelo para la Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos"						
ACTIVID. PRODUCTIVAS	JUSTIFICANTE	VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO Y DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO PÚBLICO				
Desarrollo urbanístico		EXTREMA	ALTA	MEDIA	BAJA	DESPRECIABLE
Vivienda unifamiliar (sin alcantarillado)	La falta de alcantarillado puede generar un problema de contaminación por nitratos y coliformes por tanques sépticos. Por otro lado, la impermeabilización del suelo por el área de construcción es un factor a considerar. La regulación se define en función de la eliminación de efluentes y el área de impermeabilización a partir de la densidad de población.	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%.	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%.	Se puede permitir sujeto a diseño apropiado de sistema de eliminación de excretas y aguas servidas.	Se puede permitir sujeto a diseño apropiado de sistema de eliminación de excretas y aguas servidas.
Sistemas urbanísticos y condominales sin alcantarillado y sin planta de tratamiento	La falta de alcantarillado puede generar un problema de contaminación por nitratos y coliformes por tanques sépticos. De igual manera, la impermeabilización del suelo por el área de construcción es un factor a considerar. La regulación se define en función de la eliminación de efluentes y el área de impermeabilización a partir de la densidad de población.	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 solicitará el estudio hidrogeológico detallado, vulnerabilidad y riesgo y análisis de SENARA.	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 solicitará el estudio hidrogeológico detallado, vulnerabilidad y riesgo y análisis de SENARA.	Se puede permitir sujeto a diseño apropiado de sistema de eliminación de excretas y aguas servidas.	Se puede permitir sujeto a diseño apropiado de sistema de eliminación de excretas y aguas servidas.
Sistemas urbanísticos y condominales con alcantarillado y planta de tratamiento	La impermeabilización del suelo provocará la disminución de la recarga. La regulación en este caso se define en función de la densidad de población.	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%.	Se puede permitir sujeto a diseño apropiado de sistema de eliminación de excretas y aguas servidas.	Se puede permitir sujeto a diseño apropiado de sistema de eliminación de excretas y aguas servidas.
Hoteles y similares para hospedaje.	La regulación en este caso se define en función del tamaño de las propiedades y del área de construcción o de impermeabilización como elemento que influye en la recarga del acuífero. En todos los casos, la SETENA solicitará el estudio hidrogeológico detallado, vulnerabilidad y riesgo con análisis por SENARA.	No se debe permitir	Se puede permitir sujeto a manejo de efluentes con planta de tratamiento. El área de impermeabilización por hectárea no debe sobrepasar el 20%. El número de habitaciones no debe exceder una carga equivalente a 50 personas por hectárea.	Se puede permitir sujeto a manejo de efluentes con planta de tratamiento. El área de impermeabilización por hectárea no debe sobrepasar el 30%. El número de habitaciones no debe exceder una carga equivalente a 150 personas por hectárea.	Se puede permitir sujeto a diseño apropiado de sistema de eliminación de excretas y aguas servidas.	Se puede permitir sujeto a diseño apropiado de sistema de eliminación de excretas y aguas servidas.

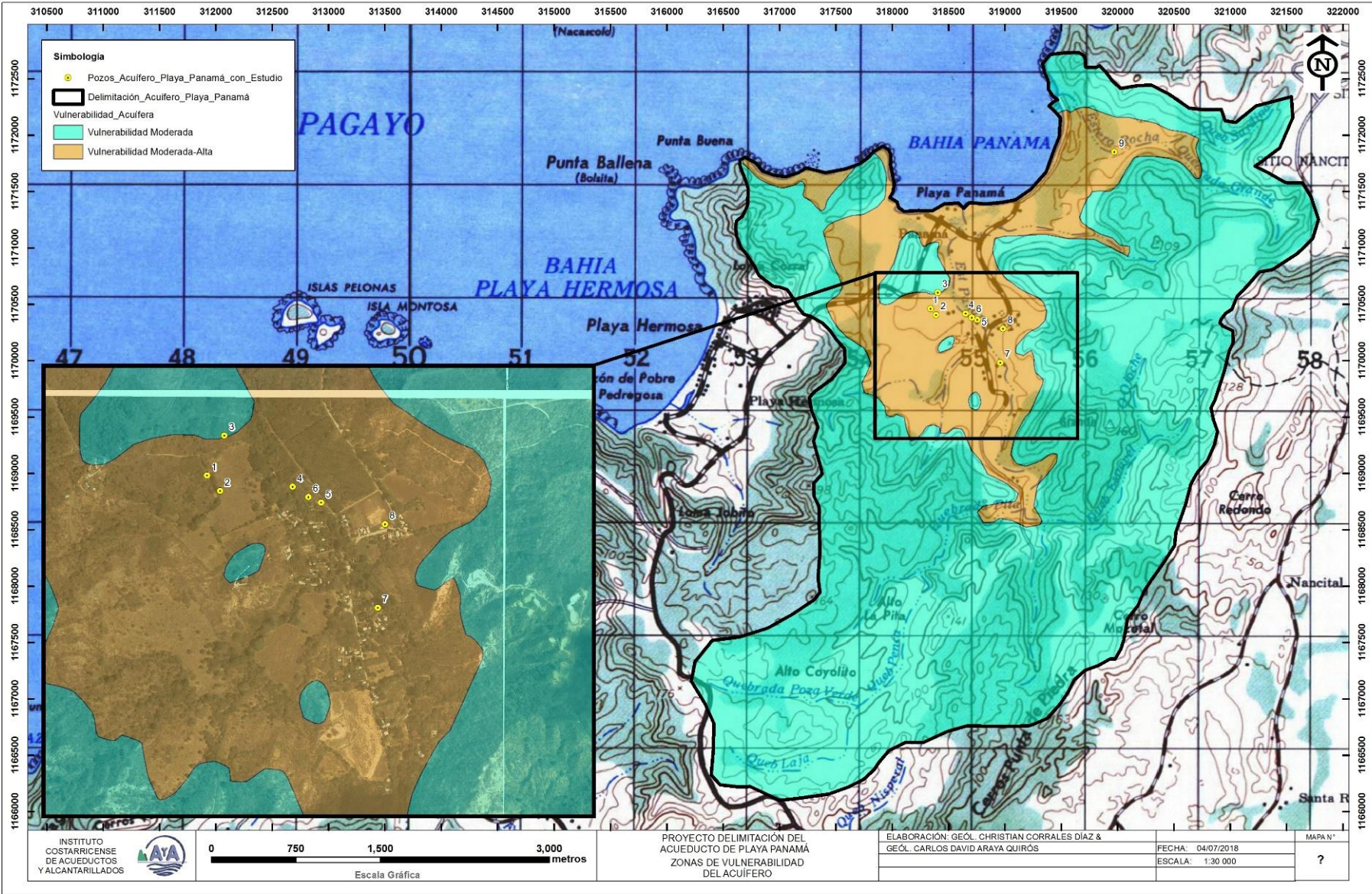
Cuadro 5. Restricciones de uso del suelo según “Matriz de Criterios de Uso del Suelo para la Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos”

ACTIVID. PRODUCTIVAS		JUSTIFICANTE	VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO Y DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO PÚBLICO	ACTIVID. PRODUCTIVAS	JUSTIFICANTE	VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO Y DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO PÚBLICO
Actividad Ganadera		EXTREMA	ALTA	MEDIA	BAJA	DESPRECIABLE
Ganadería Extensiva (Carga animal según clasificación del MAG)	Producción de excretas con altos contenidos de químicos y biológicos que se depositan en el suelo y que pueden contaminar el agua subterránea o superficial mediante la infiltración y escorrentía. Daños a la estructura y la textura del suelo reduciendo la capacidad de infiltración del agua en el perfil del suelo.	No se debe permitir	Se puede permitir siempre que se utilicen agroquímicos de muy baja toxicidad, persistencia y movilidad. Debe de contar con potreros mejorados, protección de nacientes, pozos y cursos de agua de acuerdo a la legislación vigente y contar con practicas de conservación de suelos.	Se puede permitir siempre que se utilicen agroquímicos de muy baja toxicidad, persistencia y movilidad. Debe de contar con potreros mejorados, protección de nacientes, pozos y cursos de agua de acuerdo a la legislación vigente y contar con practicas de conservación de suelos.	Se puede permitir pero al menos debe de contar con potreros mejorados, protección de nacientes, pozos y cursos de agua de acuerdo a la legislación vigente y contar con practicas de conservación de suelos.	Se puede permitir
Sistemas semi intensivos de producción de ganado (carga de animales según clasificación del MAG)	Producción de excretas con altos contenidos de químicos y biológicos que se depositan en el suelo y que pueden contaminar el agua subterránea o superficial mediante la infiltración y escorrentía. Daños a la estructura y la textura del suelo reduciendo la capacidad de infiltración del agua en el perfil del suelo.	No se debe permitir	Se puede permitir siempre que se utilicen agroquímicos de muy baja toxicidad, persistencia y movilidad. Debe de contar con plan de manejo de los remanentes y aguas. Las fincas pueden ser orgánicas o conservacionistas. Uso de biodigestores, lombricultura y sistemas de tratamiento de aguas residuales. reforestación y protección de nacientes de acuerdo con la legislación, recuperación de áreas degradadas, diseño y mantenimiento de caminos y evacuación de aguas y diseño y protección de taludes.	Se puede permitir siempre que se utilicen agroquímicos de muy baja toxicidad, persistencia y movilidad. Debe de contar con plan de manejo de los remanentes y aguas. Las fincas pueden ser orgánicas o conservacionistas. Uso de biodigestores, lombricultura y sistemas de tratamiento de aguas residuales. reforestación y protección de nacientes de acuerdo con la legislación, recuperación de áreas degradadas, diseño y mantenimiento de caminos y evacuación de aguas y diseño y protección de taludes.	Se puede permitir pero al menos debe de contar con potreros mejorados, protección de nacientes, pozos y cursos de agua de acuerdo a la legislación vigente y contar con practicas de conservación de suelos.	Se puede permitir
Sistemas de producción de ganado, granjas porcinas, avícolas, lecherías y otros	Producción de excretas con altos contenidos de químicos y biológicos que se depositan en el suelo y que pueden contaminar el agua subterránea o superficial mediante la infiltración y escorrentía. Daños a la estructura y la textura del suelo reduciendo la capacidad de infiltración del agua en el perfil del suelo.	No se debe permitir	Se puede permitir pero debe de contar con plan de manejo de los remanentes y aguas que asegure descargas con una calidad de aguas de acuerdo con el reglamento de vertidos. Uso de biodigestores, lombricultura y lagunas de oxidación u otros sistemas. La SETENA solicitara estudio hidrogeológico detallado, vulnerabilidad y riesgo y el análisis por parte del SENARA.	Se puede permitir pero debe de contar con plan de manejo de los remanentes y aguas que asegure descargas con una calidad de aguas de acuerdo con el reglamento de vertidos. Uso de biodigestores, lombricultura y lagunas de oxidación u otros sistemas. La SETENA solicitara estudio hidrogeológico detallado, vulnerabilidad y riesgo y el análisis por parte del SENARA.	Se permite, pero debe de contar con plan de manejo de los remanentes y aguas que asegure descargas con una calidad de aguas de acuerdo con el reglamento de vertidos.	Se permite, pero debe de contar con plan de manejo de los remanentes y aguas que asegure descargas con una calidad de aguas de acuerdo con el reglamento de vertidos.

Cuadro 5. Restricciones de uso del suelo según “Matriz de Criterios de Uso del Suelo para la Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos”

ACTIVID. PRODUCTIVAS		JUSTIFICANTE	VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO Y DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO PÚBLICO	ACTIVID. PRODUCTIVAS	JUSTIFICANTE
Actividad Agrícola		EXTREMA	ALTA	MEDIA	BAJA
Sistemas convencionales de producción agrícola (Café, caña azúcar, tomate, fresas, etc)	Uso de plaguicidas sintéticos sin control, provocan contaminación de aguas por infiltración. Uso inadecuado del suelo, provoca degradación y pérdida de la capacidad de infiltración.	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.	Se puede permitir siempre y cuando se utilicen agroquímicos de muy baja toxicidad, persistencia y movilidad. Se debe dar un manejo y tratamiento de los efluentes. La actividad debe contar con una certificación de buenas practicas agrícolas.
Sistemas conservacionista de producción.	Uso racional de los plaguicidas, pero que podrían llegar a los acuíferos, nacientes y curso de agua, según el grado de vulnerabilidad.	No se debe permitir	Se puede permitir siempre y cuando se utilicen agroquímicos de muy baja toxicidad, persistencia y movilidad. Debe contar con la certificación de B.P.A. Planes de manejo de suelos. Uso de registros. Aplicación de la metodología para la determinación de la capacidad de uso de los suelos de acuerdo a decreto N° 23214 – MAG – MIRENEM y la Ley 7779	Se puede permitir siempre y cuando se utilicen agroquímicos de muy baja toxicidad, persistencia y movilidad. Debe contar con la certificación de B.P.A. Planes de manejo de suelos. Uso de registros. Aplicación de la metodología para la determinación de la capacidad de uso de los suelos de acuerdo a decreto N° 23214 – MAG – MIRENEM y la Ley 7779	Se puede permitir debe contar con un plan de manejo de la finca, considerando capacidad de uso del suelo.
Sistemas de producción orgánica	Podría haber algunos remanentes, lixiviados y efluentes que eventualmente contaminen los acuíferos.	No se debe permitir	Se puede permitir pero con la certificación de B.P.A, planes de manejo de suelos y uso de registros	Se puede permitir pero con la certificación de B.P.A, planes de manejo de suelos y uso de registros	Se puede permitir
Otras actividades (comercio, industria, depósitos, etc)		EXTREMA	ALTA	MEDIA	BAJA
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>	El problema radica en el tratamiento, disposición y manejo de las sustancias tóxicas y efluentes de los procesos industriales y las actividades contenidas en dicho decreto. Se consideran especialmente las actividades clasificadas como A y B, que son de mayor impacto ambiental. Todas las industrias deben cumplir con la reglamentación de vertidos.	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. Las industrias clasificadas como A, deben realizar el estudio hidrogeológico detallado.	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.	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.

Mapa 8. Delimitación del Acuífero Playa Panamá según su vulnerabilidad



6.3.3. Limitantes geomorfológicas: altitud (relieve) y pendientes

Un análisis descriptivo de los principales rasgos geomorfológicos de la zona de estudio nos acerca a entender cómo estos elementos influyen sobre la dinámica y acciones humanas, y en específico, al objeto de análisis de este proyecto, la delimitación de cobertura de un sistema de agua potable.

La tierra sólida o litosfera, constituye la plataforma estable para la capa de la vida y es modelada por sus relieves. Estas características del paisaje -montañas, colinas y llanuras- aportan otra dimensión al medio físico y proporcionan hábitats variados. El estudio de este tipo de formas del relieve nos indica cuáles elementos se convierten en barreras para ciertas actividades humanas, como lo es del desarrollo de sistemas de acueducto.

6.3.3.1. Península de Nicoya

El área objeto de este estudio, se localiza en el límite noroeste de la Península de Nicoya. En específico, el límite noroeste lo conforma el golfo de Papagayo. Se caracteriza por un relieve pesado en serranías, cuya altitud promedio es de 600 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m). El relieve de altas colinas se impone en la mayor parte del territorio, por lo que no es común la presencia de planicies costeras amplias¹².

La región de estudio en específico se caracteriza por poseer tres tipos específicos de formas de relieve: 1) Aluviones cuaternarios, 2) Complejo Ofiolítico de Nicoya, Cretácico, y 3) Vulcanismo del Cuaternario.¹³ En la figura 3 se muestra a nivel regional la morfología del extremo noroeste de Guanacaste, donde se localiza la zona objeto de análisis de este estudio, en el sector de Bahía Culebra en la figura.

¹² Bergoing, J. (2007). "Geomorfología de Costa Rica". Librería Francesa, San José, Costa Rica.

¹³ Bis 10.

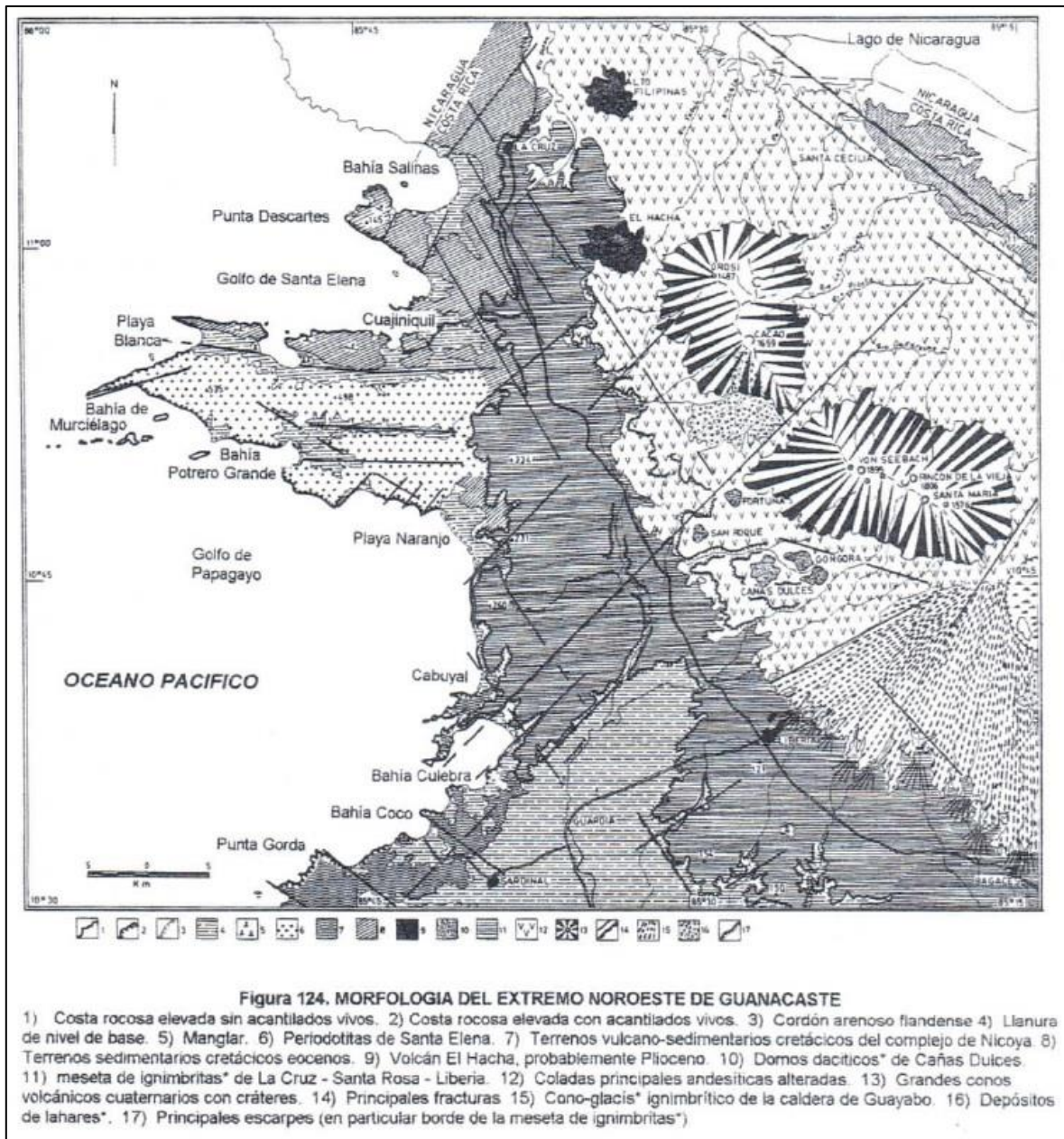
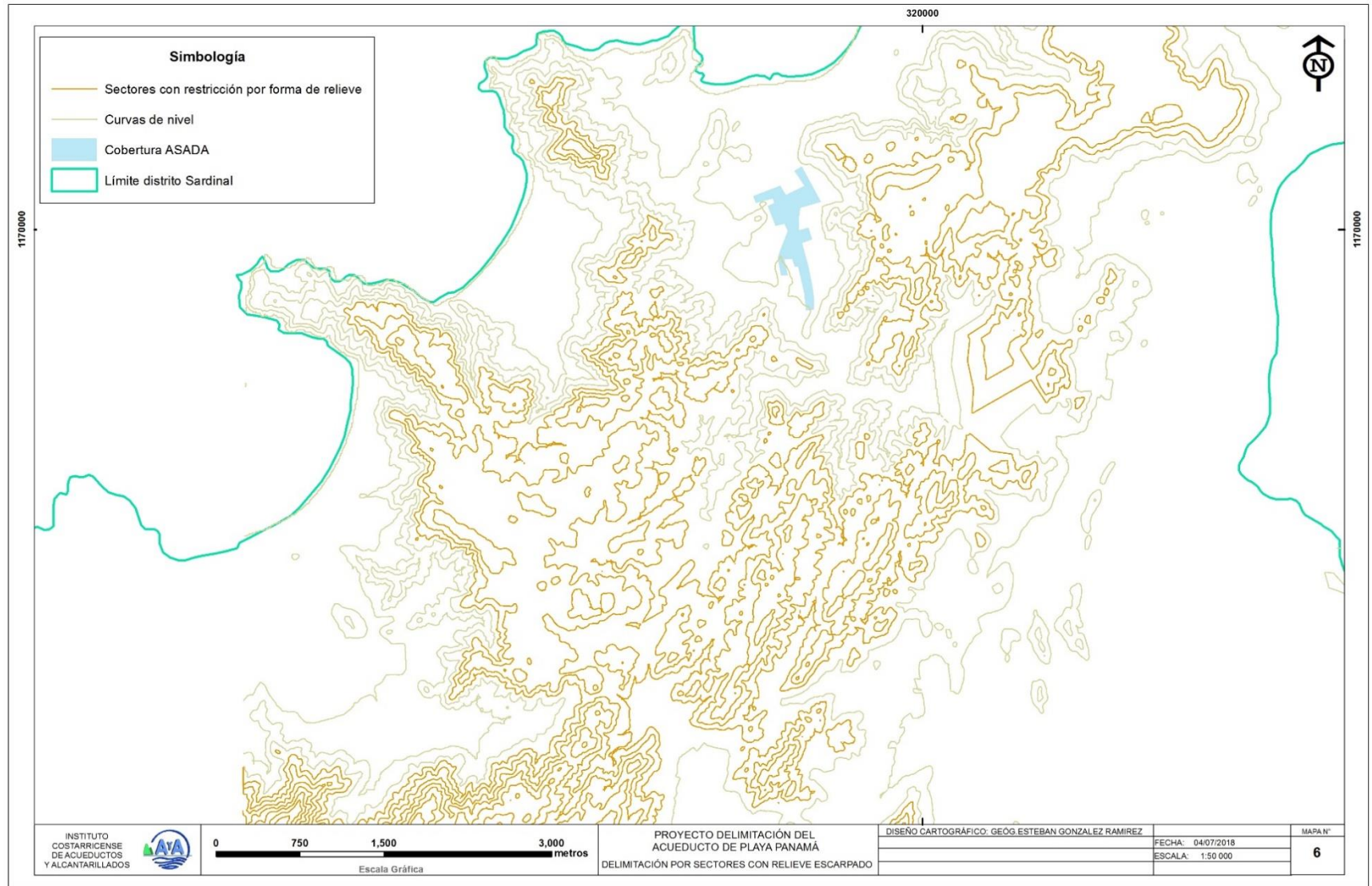


Figura 3. Morfología del extremo noreste de Guanacaste (Fuente: Bergoing, J, 2007)

De esta manera, se considera que altitudes mayores a 100 m.s.n.m. en la zona, con las características de fuentes pendientes, pueden ser inadecuados para la instalación de centros urbanos importantes. Además, representa una compleja tarea desde el punto de vista operativo y financiero la operación de un posible sistema de abastecimiento a estas zonas con estas características geomorfológicas. En el mapa 9 se detallan aspectos relevantes de la caracterización geomorfológica.

Mapa 9. Caracterización geomorfológica dentro de la zona del estudio



6.3.4. Límites por zonas bajo amenaza natural potencial

6.3.4.1 Presencia de fallas geológicas

El análisis de la presencia de fallas geológicas, es de interés dentro del alcance del presente estudio, por cuanto se tiene a disposición un protocolo técnico de Zonificación y restricciones al uso de suelo sobre ó en el ámbito territorial inmediato a fallas geológicas activas (Decreto ejecutivo N°32967-MINAE). Dicho protocolo establece en su anexo 3, una serie de lineamientos a seguir respecto al uso de suelo para aquellas zonas en donde se ha identificado o bien se tienen indicios contundentes de la presencia de fallamiento activo.

A partir de la búsqueda de la siguiente información bibliográfica: Atlas tectónico de Costa Rica (Denyer et al. 2003), Mapa Geológico de la Hoja Carrillo Norte (Denyer et al. 2014) y el Mapa de Amenazas Naturales Potenciales Cantón de Carrillo, de la Comisión Nacional de Emergencias (2007), se ha identificado la presencia de fallamiento activo dentro del acuífero Playa Panamá, específicamente en la parte alta de la cuenca, en donde se ha determinado la influencia de dos sistemas de fallas.

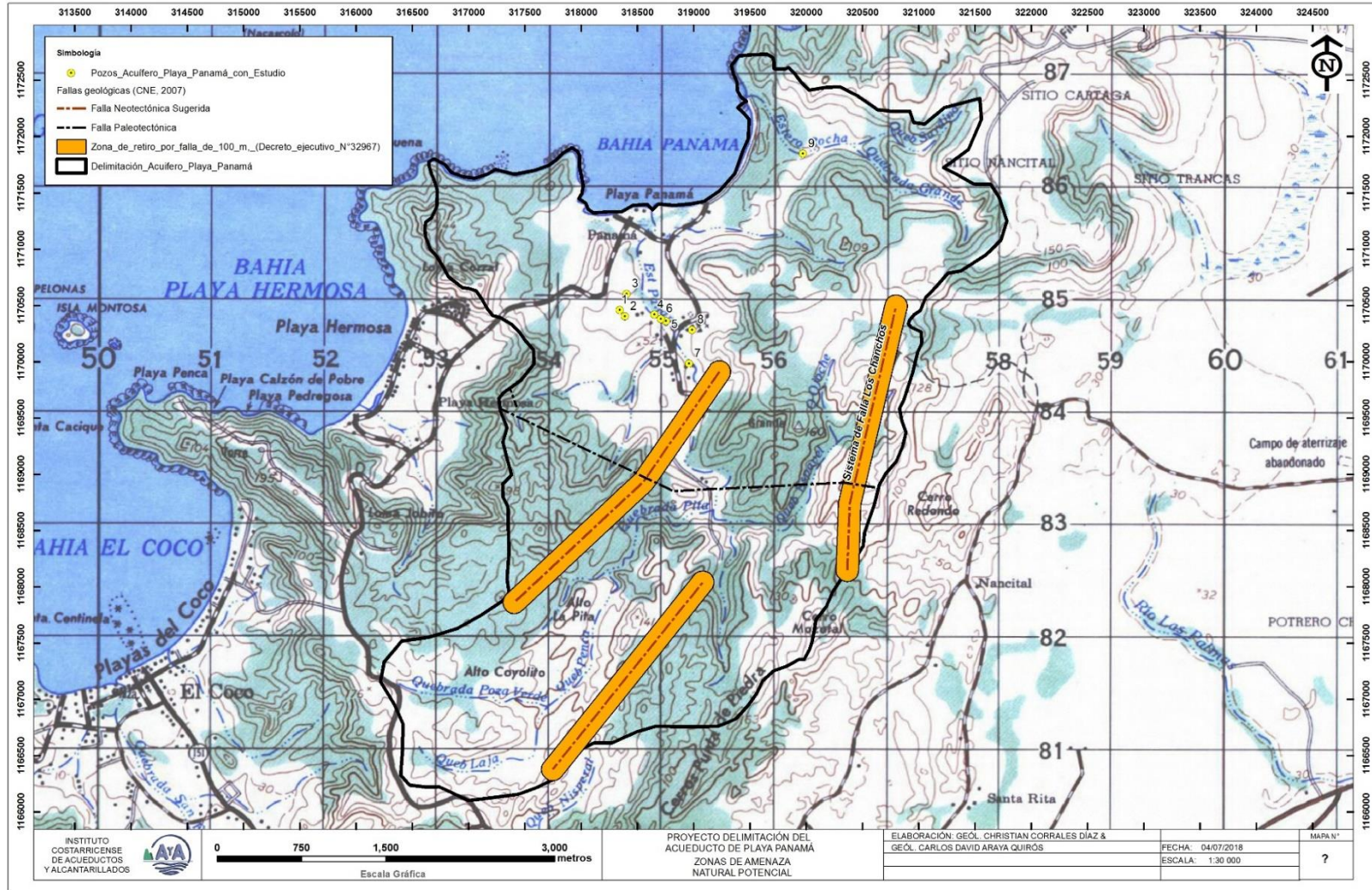
El primero, con rumbo SW-NE, que se compone de tres trazas de fallas activas, y se asocia a una continuación del Sistema de falla dextral Los Chanchos, ésta fue reportada por Dengo (1962) en un principio, y se extiende desde el S cerca de playa Ostional, pasando por 27 de Abril, Cartagena, y en su extremo N continua con varias trazas de falla de rumbo tipo dextral con componente normal ubicadas al Oeste del río Tempisque. El segundo sistema, con rumbo NW-Ef que se compone de una traza de falla Paleotectónica cubierta, la cual atraviesa la parte media de la zona de estudio (Mapa 10. Amenaza Natural dentro de la zona del estudio).

Con base en el protocolo indicado, en él se incluye un lineamiento de previsión inicial, que consiste en el establecimiento de una zona de seguridad o restricción de 50 metros a ambos lados de la traza aproximada en la que se ha identificado la falla. En el caso de que se trate de una zona de deformación asociada al trazo de una

falla principal y que incluya una serie de fallas secundarias, se incluirá como parte del área de seguridad o restricción toda la zona de deformación identificada y además una franja de terreno de 100 metros a ambos lados de la misma.

Según lo anterior para el área de interés del presente estudio, se ha definido un área de seguridad igual a 100 metros a ambos lados de las fallas activas identificadas (Sistema de falla dextral Los Chanchos), zona en la cual se debe restringir o regular el desarrollo de proyectos o edificaciones, tomando en consideración que ambas fallas representan estructuras tectónicas de gran envergadura, originadas por la predominancia de esfuerzos transtensivos en esta región del país (Denyer et al. 2014).

Mapa 10. Amenaza natural dentro de la zona del estudio



7. Zona operacional y de protección absoluta bacteriológica del pozo CN-246

En consulta con la ORAC Chorotega se determinó que la ASADA no cuenta con la delimitación de la zona de protección de la fuente de abastecimiento, que para este caso particular corresponde a una fuente subterránea, específicamente el pozo CN-246 (UEN-GAR-2018-01164); dicho pozo es objeto de monitoreo respecto al nivel de agua subterránea y el parámetro de conductividad.

Por otra parte, dentro de la zona de estudio, se tiene a disposición el “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO ACUÍFERO ALUVIAL PLAYA PANAMÁ, GUANACASTE, COSTA RICA”, que cuenta con el aval de SENARA, MINAET y AyA (UEN-GA-2018-00222); el cual incluye dentro del análisis al pozo que abastece el sistema bajo administración de la ASADA Playa Cacique (Panamá), señalando además que el pozo CN-246 forma parte de la red de monitoreo respecto al acuífero que se encuentra en restricción de operación, la cual se establece por el interés público de promover una gestión eficiente y eficaz del recurso hídrico.

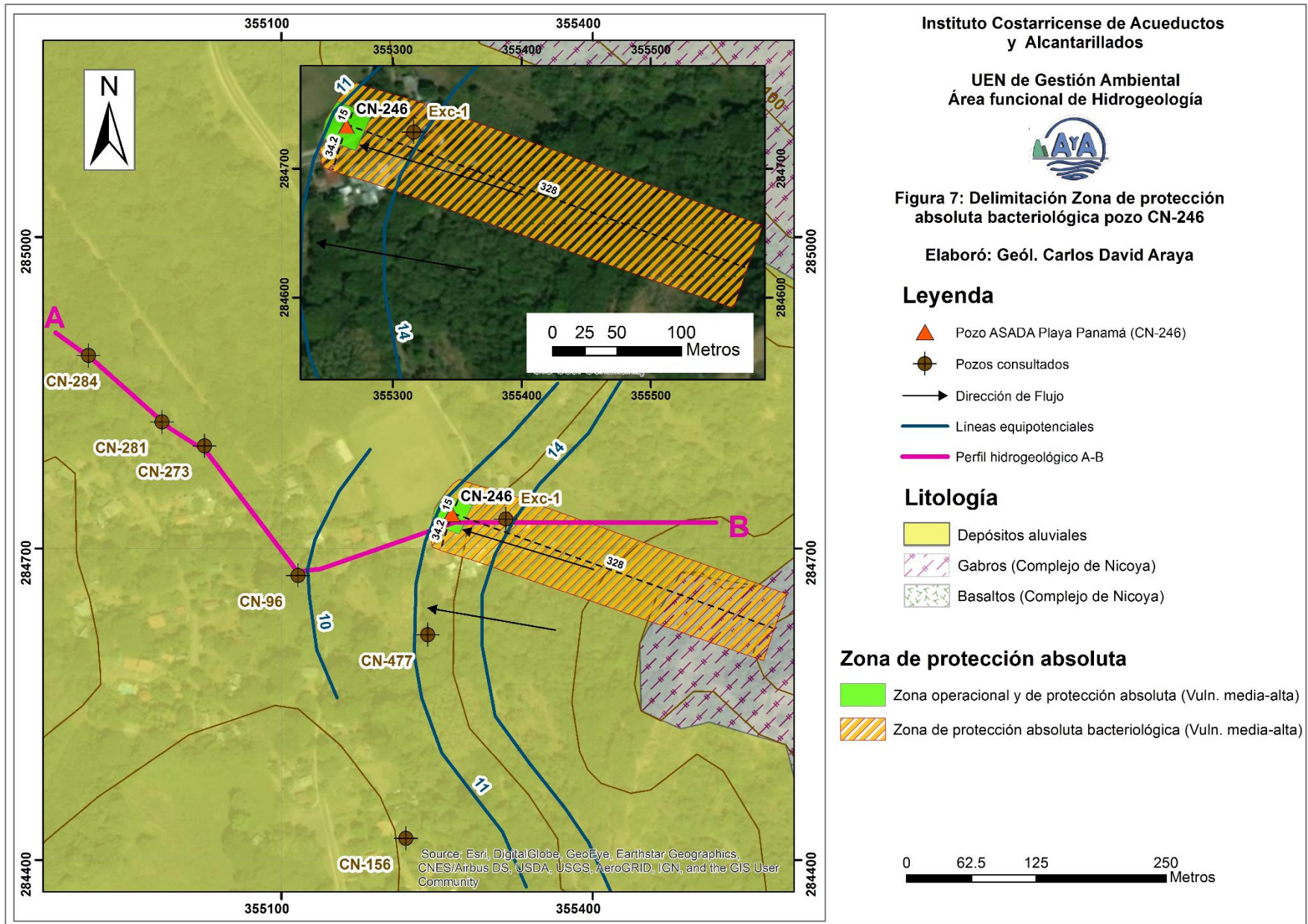
En virtud de lo anterior, y como complemento al presente estudio, se solicitó la delimitación de la zona de protección absoluta bacteriológica del pozo Asada Playa Cacique (Panamá) (CN-246), lo cual se materializa en el documento UEN-GA-2018-00867 del 11 de junio del 2018, presentado por la Dirección de Hidrogeología de la UEN de Gestión Ambiental de AyA.

Cabe señalar que, la definición de las zonas de protección para pozos y nacientes, requiere entre otros aspectos de la caracterización del entorno geológico (dentro del ámbito nacional y regional) de la fuente bajo estudio y la caracterización hidrogeológica del acuífero a través de la fuente captada (UEN-GA-2018-00827); los resultados contenidos en el informe clasifican al pozo CN-246 como de vulnerabilidad media-alta en función de la vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos (aplicando la metodología GOD según grado de vulnerabilidad y restricciones de uso cuyos resultados se detallan en el documento UEN-GA-2018-00720), estableciendo además lo siguiente:

- Zona operacional y de protección absoluta: 30 m de ancho, definido como un radio de 15 m alrededor del pozo.

- Zona de protección absoluta bacteriológica: 328 m de longitud máxima y 68, 4 m de ancho total.
- La superficie de captación del pozo debe contar con las dimensiones mínimas de 15 m de radio alrededor del mismo.
- El área de reserva absoluta solamente debe ser utilizada para actividades relacionadas con la extracción misma del agua.
- Se debe mantener una cerca perimetral alrededor del campo de pozos.
- La zona de protección absoluta debe dedicarse a la conservación y protección.

En el mapa 11 se muestra el detalle de la delimitación de la zona de protección absoluta bacteriológica para el Pozo CN-246, según el Estudio Técnico contenido en el documento UEN-GA-2018-00867.



8. Conclusiones

1. El sistema de abastecimiento de agua potable bajo estudio, según la división político-administrativa se ubica dentro del distrito Sardinal, en dicho distrito la prestación de este servicio la brinda directamente el AyA o a través de los sistemas que el AyA da en delegación conocidos como ASADAS; por lo que toda ampliación de cobertura territorial de dicho acueducto, según su capacidad técnica actual, requiere del criterio técnico de la Dirección Regional Chorotega de AyA.
2. El sistema de abastecimiento de agua potable bajo estudio, posee una zona posible de influencia territorial sin salirse de los límites político-administrativos del distrito de Sardinal, dentro la cual se identifican cinco Unidades Geoestadísticas Mínima (UGM), en representación de viviendas, edificios, predios, lotes o terrenos, según códigos: 47770, 47782, 47774, 47776 y 47778; cuya prestación del servicio actual o futuro, está supeditado a la capacidad técnica del Acueducto bajo administración y operación de la ASADA Playa Cacique (Panamá).

Cabe señalar que, la prestación del servicio de abastecimiento de agua potable dentro de cada UGM, para viviendas, edificios, terrenos, lotes o predios que se ubiquen fuera de la cobertura del Acueducto Playa Cacique según su capacidad técnica actual, debe ser contemplado dentro de la cobertura actual o futura inherente a los servicios que brinda el AyA a través de la Dirección Regional Chorotega; sin que ello se contraponga a lo acordado en convenios de delegación entre AyA y otras ASADAS

3. La cobertura actual y futura a partir de los sistemas en operación a cargo de la Dirección Regional Chorotega de AyA, también incluye como parte de la zona potencial en el entorno de los sistemas AyA, sectores dentro de las UGM que se intersectan con la zona posible de influencia del sistema de la ASADA Playa Cacique (Panamá). Por lo tanto, dentro de la zona de influencia inmediata al Acueducto operado por la ASADA Playa Cacique, que supere la capacidad técnica del sistema, debe ser abastecido directamente por AyA a través de la Dirección Regional Chorotega; de conformidad con lo establecido en la Ley N°2726 y particularmente lo indicado en el inciso (g) del artículo 2 de dicha ley. Esto último, toma en consideración

las inversiones que el AyA está ejecutando en la provincia de Guanacaste (aproximadamente 20.856 millones de colones), incluido el distrito de Sardinal, en donde el AyA debe garantizar la sostenibilidad técnica y financiera de esos sistemas.

4. La capacidad técnica del sistema de abastecimiento administrado y operado por la ASADA Playa Cacique (Panamá), a partir del análisis de su capacidad hidráulica, se caracteriza por:

- La población estimada en el 2018 es de 490 habitantes aproximadamente y crecerá a un ritmo promedio de 2,4% durante los próximos 20 años (crecimiento vegetativo), por lo que se tiene previsto un incremento de 280 habitantes; por lo tanto, para el año 2037 el acueducto deberá abastecer una población total de 770 habitantes. Este cálculo considera dos tipos de población según la demanda, un 13,37% del total de servicios corresponde a servicios de alta demanda (12,7 habitantes/Servicio), del tipo comercial, hotelero y educativo; el resto, corresponde a servicios de baja demanda (3,7 habitantes/servicio), es decir sectores habitacionales, iglesia y plaza.

- En el 2018, se estimó un total de 120 servicios (490 habitantes), considerando que el pozo produce 3,5 l/s a caudal constante con un bombeo que no puede extenderse más allá de 14,95 horas diarias, lo cual permitirá extraer hasta 188,4 m³/día, y bajo estas condiciones solo se podrán habilitar 44 servicios adicionales. En caso de que la ASADA mantenga los 25 servicios comprometidos, según lo indicado por los miembros que integran la Junta de este ente operador, se tendrán 19 servicios disponibles; con relación a estos servicios la ASADA debe valorar como los distribuirá, según las solicitudes que reciba de tipo comercial, hotelero, educativo o habitacional.

- La producción de agua bajo el régimen de producción del pozo de la ASADA de Playa Cacique (Panamá), permitirá cubrir los 44 servicios adicionales que se han estimado, lo cual representa una población aproximada de 668 habitantes.

- Actualmente el sistema aprovecha el 55,9% del volumen de almacenamiento del tanque, al 2037 estaría utilizando un 74% del volumen total, y un 66% al 2030; en ambos casos, no representa limitación alguna para la continuidad del servicio en términos de almacenamiento.

•Se debe acatar lo dispuesto en el “Estudio hidrogeológico acuífero aluvial Playa Panamá, Guanacaste, Costa Rica” (UEN-GA-2018-00222) y en el “Informe sobre grado de vulnerabilidad y restricciones de uso de suelo dentro del Acuífero Playa Panamá” (UEN-GA-2018-00720), e información sobre la ubicación del pozo de la ASADA Playa Cacique (Panamá); por cuanto establecen restricciones de perforación del acuífero de Playa Panamá, así como restricciones de uso de suelo. Lo anterior, con el fin de proteger la fuente de producción que abastece dicho acueducto.

5. El territorio que se encuentra bajo administración del Instituto Costarricense de Turismo, comprendido dentro de los límites del Proyecto Polo Turístico Golfo de Papagayo (Ley N°6758 y su reglamento), declarados de utilidad pública (Ley N° 6370) cuyo uso de suelo es turístico, es abastecido por el AyA tal y como corresponde según el marco jurídico vigente; en consecuencia al sistema administrado y operado por la ASADA Playa Cacique (Panamá) no le corresponde brindar sus servicios dentro de los límites de ese proyecto.

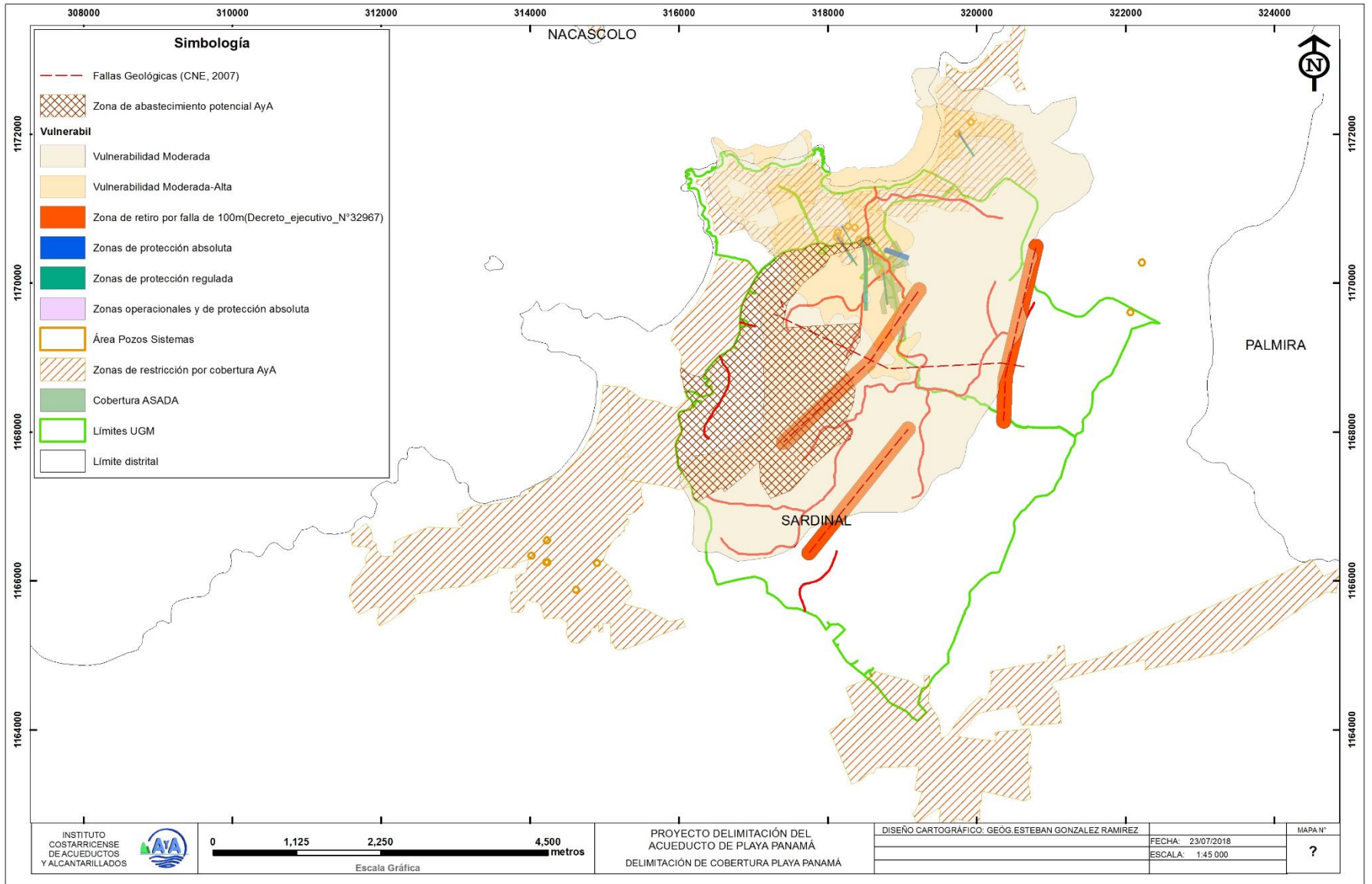
Así mismo, en virtud de las inversiones que el AyA realizan para la prestación de los servicios dentro de los límites de dicho Proyecto, el Instituto debe garantizar la sostenibilidad técnica y financiera de los sistemas que administra y opera en esa zona.

6. La capacidad hídrica del sistema de abastecimiento de agua potable de la ASADA Playa Cacique (Panamá), a la fecha del presente estudio, está vinculada únicamente con la fuente subterránea del pozo CN-246. Se debe cumplir con el establecimiento de la zona operacional y zona de protección absoluta, de conformidad con el Estudio Hidrogeológico: Cálculo de la zona de protección absoluta bacteriológica del pozo Asada Playa Panamá CN-246 (UEN-GA-2018-00867).
7. La distribución de los 44 servicios adicionales a los 120 estimados en el 2018, definidos a partir del estudio de capacidad técnica según las condiciones actuales del sistema de abastecimiento de agua potable de la ASADA Playa Cacique (Panamá),

además de estar condicionada por la localización de la infraestructura del sistema actual, está vinculada a la caracterización geomorfológica (altitud y pendientes) y las restricciones de uso por la vulnerabilidad del acuífero y por las otras variables analizadas en el presente estudio.

8. Como resultado de todas las variables analizadas (ver cuadro 2), la delimitación territorial de la zona de cobertura del sistema de abastecimiento de agua potable de la ASADA Playa Cacique (Panamá), es la que se muestra en el mapa 12; definida a partir de los 120 servicios activos estimados en el 2018, considerando como única fuente de abastecimiento el pozo CN-246. Para que la población de 770 habitantes que se estima al 2037, pueda ser abastecida con el sistema actual, dentro del área de delimitación establecida, requiere de una fuente alternativa que permita cubrir el déficit de producción y llegar así a un total estimado de 188 servicios.
9. De conformidad con el Informe de Evaluación de la ASADA Playa Panamá (SUB-GSD-2019-00268), se deben atender todas las recomendaciones emitidas con el objetivo de que la ASADA mejore su gestión en la operación y prestación del servicio de abastecimiento de agua potable; y de esta forma garantizar la sostenibilidad operativa, financiera y de producción del sistema de abastecimiento de agua potable.

Mapa 12. Delimitación territorial del Sistema de Abastecimiento ASADA Playa Cacique (Playa Panamá)



9. Referencias Bibliográficas

-SENARA; 2017: Términos de Referencia para presentar Estudios Hidrogeológicos a la Dirección de Investigación y Gestión Hídrica (DIGH) del Senara, Proyectos Nuevos o Existentes y Trámites de Perforación de Pozos.

-SENARA; 2006: Matriz de Criterios de Uso del Suelo según la Vulnerabilidad a la Contaminación de Acuíferos.- Acuerdo No. 3303, sesión 239-06 (26 setiembre 2006).

-COMISIÓN NACIONAL DE EMERGENCIAS; 2007: Mapa de Amenazas Naturales Potenciales, Cantón de Carrillo.- Departamento de Prevención y Mitigación para Emergencias, Dirección de Gestión de Riesgo, Comisión Nacional de Emergencias (CNE).

-DECRETO N° 32967-MINAE, Manual de Instrumentos Técnicos para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual EIA).- Diario oficial La Gaceta N° 85, 4 de mayo del 2006.

-DENGO, G., 1962: Estudio Geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica.- Informe Semestral IGN, 1962: 112 págs.

-DENYER, P; MONTERO, W. & ALVARADO, G.E; 2003: Atlas tectónico de Costa Rica.- [San José], C.R.: Edit. UCR, 2003.

-DENYER, P., AGUILAR, T. & MONTERO, W., 2014: Cartografía geológica de la Península de Nicoya, Costa Rica: estratigrafía y tectónica- 1 ed.- [San José], C.R.: Edit. UCR, 2014.- 202 págs.

Anexo 1

Aspectos conceptuales sobre zonas de vulnerabilidad de un acuífero y sobre fuentes subterráneas respecto a: zona operativa, zona de protección absoluta y zona de protección regulada para pozos

En cuanto al cálculo de la vulnerabilidad de un acuífero y cálculo de las zonas de protección para pozos: zona operativa, zona de protección absoluta y zona de protección bacteriológica regulada, se describe a continuación la metodología según los *“Términos de referencia para presentar estudios hidrogeológicos a la dirección de investigación y gestión hídrica (digh) del senara, proyectos nuevos o existentes y trámites de perforación de pozos”* (mayo del 2017):

Zonas de protección para pozos:

- **Zona operacional y de protección absoluta:** corresponde con la zona operacional de protección absoluta corresponde a un radio de 15 ó 10 metros alrededor del pozo o naciente, sea que se capta un acuífero libre o confinado según corresponda. Solo se permiten actividades relacionadas con la operación y mantenimiento del pozo. Dentro del área de protección bacteriológica se pueden permitir las actividades que, dependiendo de la vulnerabilidad, amenaza, riesgo y no causen contaminación bacteriológica al agua subterránea. (SENARA, 2017).
- **Zona de protección absoluta:** se define como la zona dentro del tubo de flujo, limitada aguas arriba por la isocrona correspondiente a 70 días (medio poroso) o 100 días (medio fracturado), considerando el tiempo de tránsito vertical entre la superficie y la zona saturada. En el caso de manantiales, como método alternativo al cálculo de las isocronas con la metodología del tiempo de tránsito en la zona saturada, en combinación con el método de radio fijo.

Para la definición de la geometría de esta zona de protección absoluta se aplican las siguientes metodologías:

Tiempo de tránsito de contaminantes (AyA, 1994):

En la zona no saturada, el tiempo de tránsito para un flujo vertical de contaminantes patógenos en la zona no saturada (t_1), se determina con la ecuación:

$$t_1 = \frac{b * ne}{K_v * i}$$

Donde:

t_1 = tiempo de tránsito vertical.

b = espesor de la zona no saturada.

ne = Porosidad efectiva

K_v = Conductividad hidráulica vertical (obtenida a partir de las pruebas de infiltración)

i = Gradiente hidráulico = 1 (flujo vertical)

En la zona saturada, el tiempo de tránsito para un flujo de contaminantes patógenos que se mueve en la tabla de agua subterránea (t_2), se determina con la ecuación:

$$t_2 = \frac{d * ne}{k * i}$$

Donde:

d : distancia recorrida por un contaminante en un tiempo t_2 (resta de 100 ó 70 días menos t_1).

ne : porosidad del medio en la zona saturada.

k : permeabilidad del acuífero.

i : gradiente hidráulico.

Despejando "d" se tiene:

$$d = \frac{t_2 * k * i}{ne}$$

Cálculo del ancho de la zona de captura:

Para establecer el ancho de la zona de protección, una de las metodologías a emplear se basa en la aplicación de la Ley de Darcy, la cual establece que:

$$Q = T * i * L$$

Donde:

Q: caudal (m³/día) de la naciente.

T: transmisibilidad promedio del acuífero.

L: ancho de la sección transversal a través de la cual se da el flujo de agua.

Despejando "L" de la ecuación anterior, se tiene:

$$L = \frac{Q}{T * i}$$

Determinación del tubo de flujo (Metodología de Flujo Uniforme) (Figura 1.1):

Se determina las dimensiones del tubo de flujo a partir de las siguientes ecuaciones:

$$x_0 = \frac{-Q}{2 * \pi * k * b * i}$$

$$x = \frac{-y}{\tan\left(\frac{2 * \pi * k * b * i * y}{Q}\right)}$$

$$y_{max} = \frac{\pm Q}{2 * k * b * i}$$

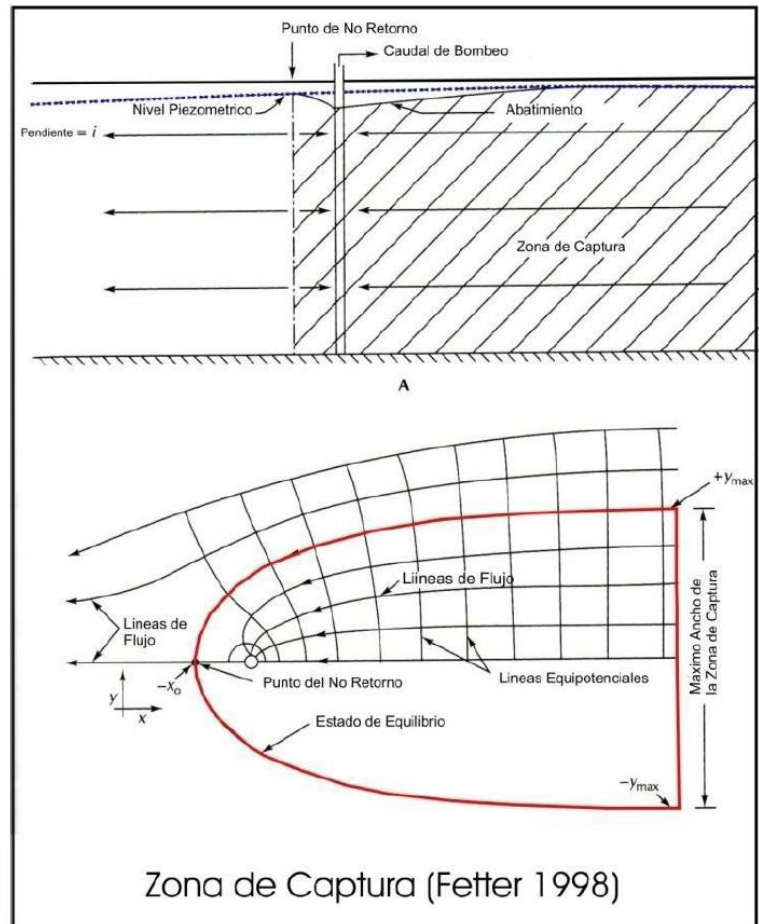


Figura 1.1: Zona de Captura (Fetter 1998)

Donde:

x = Distancia en metros a lo largo de la zona de captura.

x_0 = Punto de no retorno.

y = Ancho en metros de la zona de captura.

Q = Caudal de bombeo de un pozo o el caudal de producción de la naciente, en $m^3/día$

k = Conductividad hidráulica del acuífero en $m/día$

b = Espesor en metros del acuífero.

i = Gradiente hidráulico (adimensional).

Metodología de Radio Fijo (Figura 1.2):

Para establecer la zona de protección bacteriológica a partir de la Metodología de

Radio Fijo, se tiene la siguiente ecuación:

$$R_f = \sqrt{\frac{Q * t}{\pi * ne * b}}$$

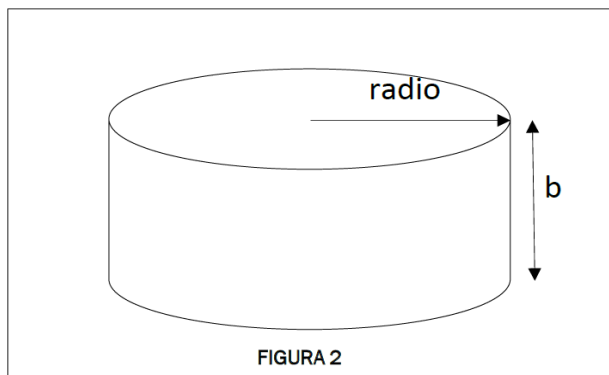


Figura 1.2: Radio Fijo

Donde:

R_f = radio fijo a calcular en metros.

ne = porosidad efectiva.

Q = caudal de bombeo en m³/día.

b = espesor del acuífero en metros.

t = tiempo de tránsito en días (esta de 100 ó 70 días menos t_1).

- **Zona de protección regulada:** se define como la zona dentro del tubo de flujo, limitada por los tiempos de tránsito o por el método de radio fijo (según el caso en estudio), y posteriormente delimitada por criterio geomorfológico según corresponda si es pozo o nacimiento.

Zonas de vulnerabilidad acuífera:

A) Tal cual lo indica el acuerdo 60 – 2012 del minae del 12 de junio del 2012, así como los “Términos de referencia para presentar estudios hidrogeológicos a la dirección de investigación y gestión hídrica (digh) del senara, proyectos nuevos o existentes y trámites de perforación de pozos” (mayo del 2017), se recomienda el uso de la metodología GOD (Foster & Hirata, 2002) para la valoración intrínseca de los acuíferos. Según Foster & Hirata (2002), y como se observa en la Figura 1.3 (Metodología GOD), para el cálculo de la vulnerabilidad intrínseca son el método GOD (por sus iniciales en inglés: Groundwater

hydraulic confinement, Overlaying Strata, Depth to groundwater table), se requiere conocer tres parámetros del acuífero analizado, las cuales corresponden con:

- Grado de confinamiento hidráulico (parámetro "G"): se refiere al grado de inaccesibilidad hidráulica de la zona saturada, basándose para ello en la clasificación del acuífero analizado en función de su presión interna, entendiéndose como: confinado, semiconfinado y libre (a presión atmosférica). En el caso del acuífero libre, se distinguen las categorías de libre – cubierto o libre – no cubierto. Como lo indica la Figura 1.3, según el tipo de acuífero, se asignan valores que van de 0 (menor accesibilidad de la zona saturada) – 1 (mayor accesibilidad de la zona saturada).

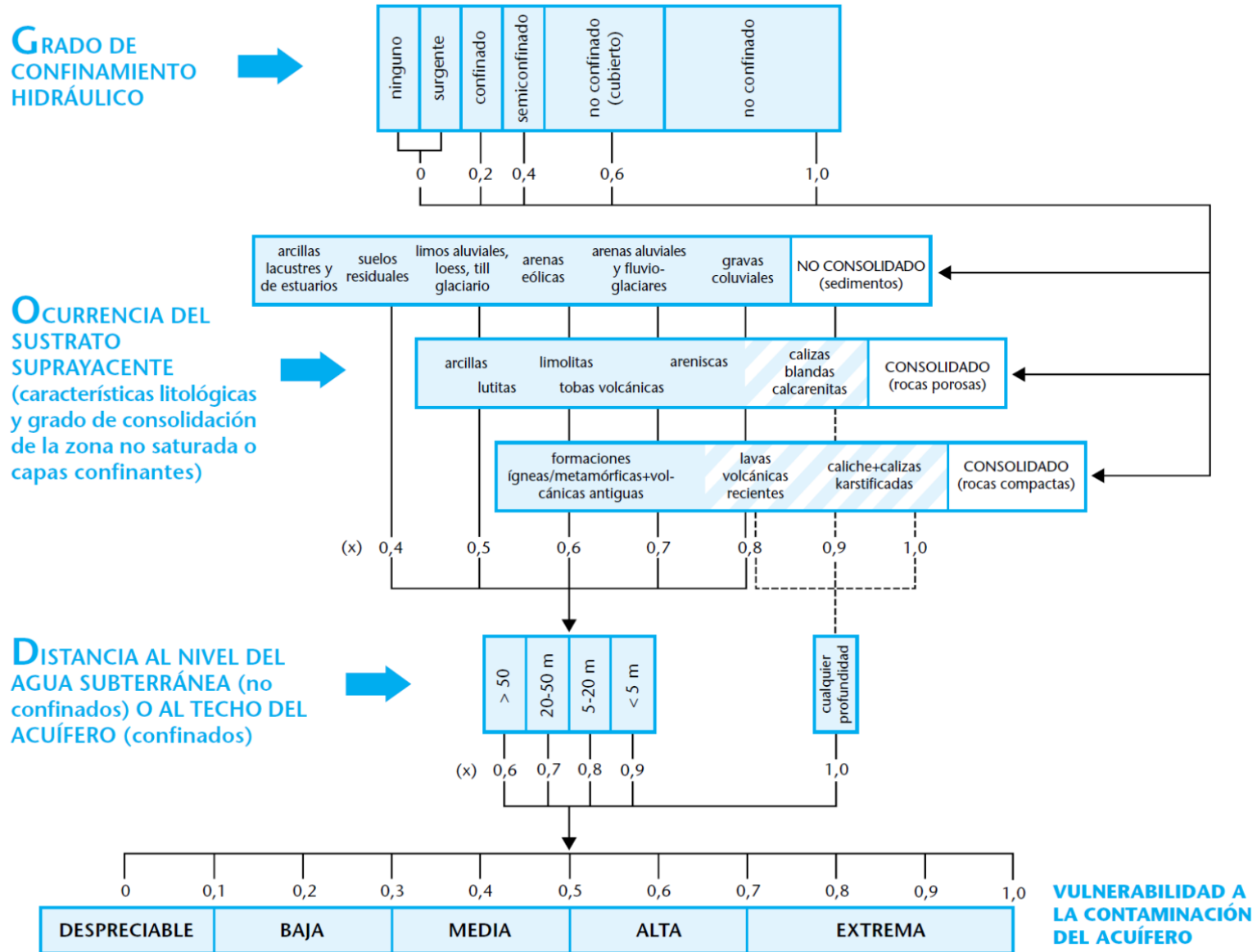


Figura 1.3: Metodología GOD para la determinación de la vulnerabilidad intrínseca a la contaminación (Foster & Hirata, 2002).

- Estrato sobreyacente (parámetro "O"): se refiere a la capacidad de atenuación de los estratos suprayacentes a la zona saturada del acuífero. Estos factores no son directamente medibles, dependen de sus características litológicas y grado de consolidación, que determinan su capacidad de atenuación de contaminantes. Como se observa en la Figura 1, asume valores entre 0,4 (mayor capacidad de atenuación) – 1 (menor capacidad de atenuación).
- Distancia al agua (parámetro "D"): se determinada como la profundidad al nivel del agua en acuíferos no confinados o la profundidad al techo de acuíferos confinados. Según lo indica la Figura 1, asume valores entre 0,6 (mayor profundidad al agua subterránea) – 1 (menor profundidad al agua subterránea).

B) Previo a utilizar esta metodología, se requiere tener definida cierta información necesaria para la aplicación del método. Como lo son:

- Caracterización del entorno geológico del acuífero analizado, tanto a nivel regional (escala 1:50.000) como local (escala 1:25.000). Se incluye, además, la identificación de estructuras geológicas que puedan condicionar u orientar de forma preferencial el flujo de agua subterránea, tales como fallas geológicas o plegamientos.
- Caracterización hidrogeológica del acuífero analizado, determinando al menos los siguientes parámetros: descripción litológica, grado de confinamiento hidráulico, tipo de acuífero (poroso o fracturado), transmisibilidad, caudal y gradiente hidráulico.

Para la zona no saturada y zona saturada, se determina para cada cual su espesor, porosidad, conductividad hidráulica. En el caso de la zona no saturada se establece además la clasificación del suelo; para la zona saturada se establece la clasificación de la roca o sustrato que constituye el acuífero analizado.

Con el análisis integral de la información, se plantean perfiles hidrogeológicos, con los cuales se plasma el modelo conceptual del acuífero.

C) Paso seguido, se establece para cada uno de los tres parámetros descritos en el ítem A) (G, O, D) su respectivo valor numérico, según se indica en la Figura 1 a partir de las características del acuífero.

- El índice final integrado de vulnerabilidad de acuíferos GOD es el producto de los índices obtenidos para cada uno de estos parámetros, obteniéndose valores entre 0 – 1, divididos en tramos para una clasificación final en: despreciable (0 – 0,1), baja (0,1 – 0,3), media (0,3 – 0,5), alta (0,5 – 0,7) y extrema (0,7 – 1).