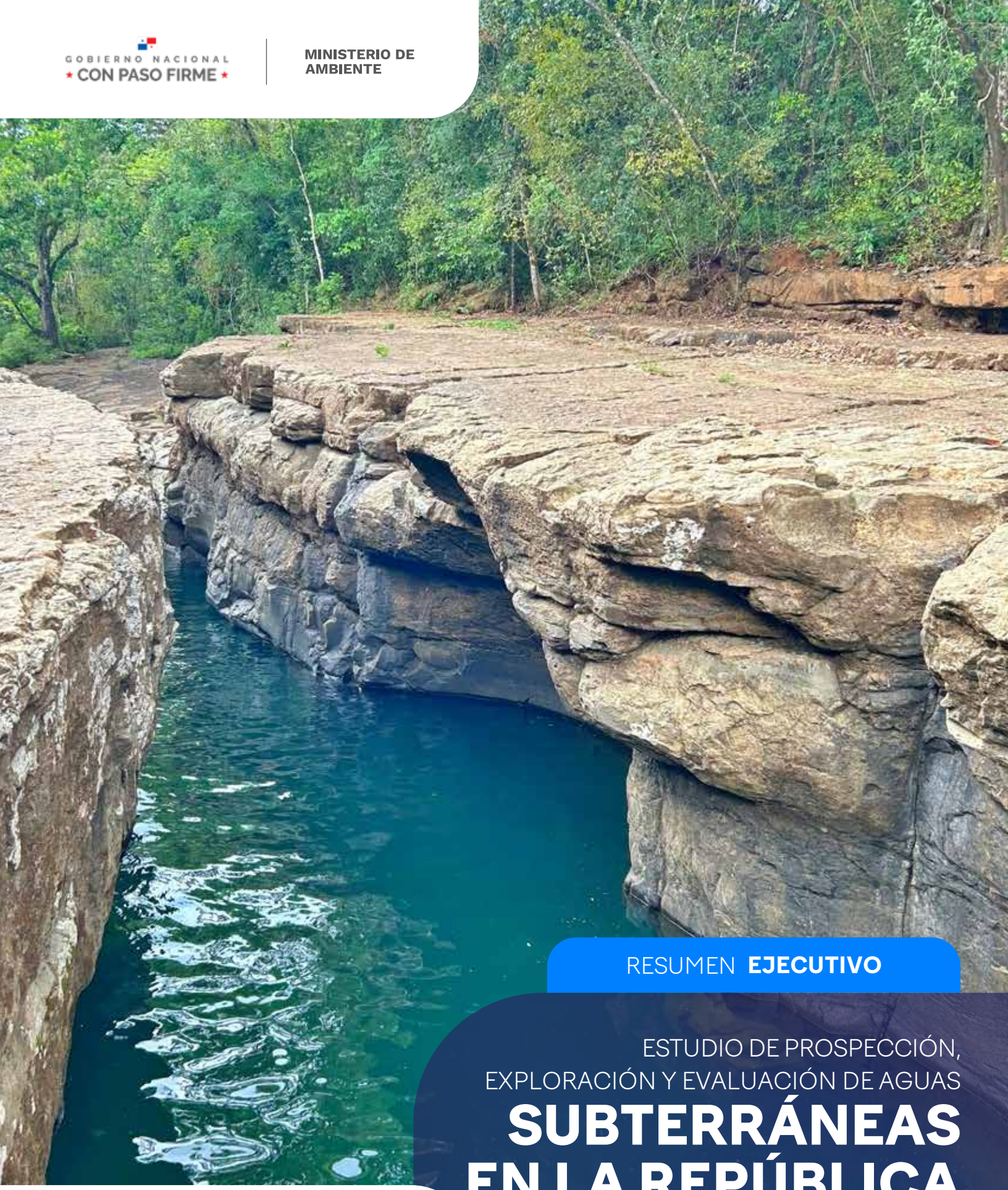
GOBIERNO NACIONAL
CON PASO FIRME

MINISTERIO DE AMBIENTE



RESUMEN **EJECUTIVO**

ESTUDIO DE PROSPECCIÓN, EXPLORACIÓN Y EVALUACIÓN DE AGUAS

# SUBTERRÁNEAS EN LA REPÚBLICA DE PANAMÁ

NIPPON KOEI
LATIN AMERICA - CARIBBEAN

# Índice


**01.** Introducción 5

**02.** Objetivos del estudio. 7

**03.** Metodología desarrollada 9

**04.** Productos desarrollados en el Estudio 12

**(4.1).** Sistema Nacional de Información Hidrogeológica 13
**(4.2).** Mapa Hidrogeológico Actualizado a escala 1:250,000 15
**(4.3).** Mapa de Recarga Potencial Hídrica 17
**(4.4).** Mapa de Intrusión Marina 19
**(4.5).** Mapa de zonificación de potencial acuífero en la República de Panamá 21
**(4.6).** Evaluación del Potencial de Aguas Subterráneas 24
**(4.7).** Manual de Perforación de pozos 26
**(4.8).** Estudio Técnico con los resultados de la Evaluación Hidrogeológica 28
**(4.9).** Evaluación Económica de acuerdo al Modelo de Optimización 30
**(4.10).** Zonificación de áreas para proyectos de Gestión de Recarga de Acuífero para las 3 áreas prioritarias 32
**(4.11).** Red de Monitoreo Hidrogeológico Acuífero para las 3 áreas prioritarias 34
**(4.12).** Inventario de Acuíferos 36
**(4.13).** Aplicativo del Sistema Nacional de Información Hidrogeológica 39

**05.** Conclusiones Generales del Estudio 41

**06.** Recomendaciones 46

**07.** Referencias Bibliográficas 49

**08.** Anexos 51

# Índice de Figuras


**Figura 1**
Vista inicial del tablero de control del Sistema Nacional de Información Hidrogeológica (SNIH). Esta herramienta constituye un componente clave para acceder, visualizar y consultar en tiempo real la información hidrogeológica del país, representando un avance sustancial hacia una gestión más eficiente, integrada y transparente. ---- 12

**Figura 2**
Mapa hidrogeológico actualizado de la República de Panamá a escala 1:250.000. Consolida y reclasifica las unidades hidrogeológicas del país en función de su potencial acuífero, sirviendo como herramienta clave para la exploración, evaluación y gestión sostenible del agua subterránea. ---- 14

**Figura 3**
Mapa de Recarga Potencial Hídrica de la República de Panamá. Muestra la distribución espacial de cinco clases de potencial de recarga de agua subterránea, derivadas del análisis multicriterio de variables ambientales, geológicas e hidrológicas. Su aplicación contribuye a priorizar acciones de gestión y protección en función del comportamiento natural del territorio frente al ingreso de agua por precipitación. ---- 16

**Figura 4**
Mapa de Zonas con Evidencia de Intrusión Marina en la República de Panamá. Identifica áreas costeras donde se han detectado indicios hidroquímicos de avance de agua salina hacia los acuíferos. Su análisis permite alertar sobre riesgos potenciales y orientar acciones de manejo y control en zonas vulnerables del país. ---- 18

**Figura 5**
Zonificación del potencial acuífero para el área de Panamá Este – Panamá Oeste, para tres niveles de profundidad. El producto permite visualizar áreas con diferente aptitud para el almacenamiento y transmisión de agua subterránea, aportando insumos para la planificación y gestión del recurso. ---- 21

**Figura 6**
Mapa del potencial de aguas subterráneas en Panamá. Refleja la distribución espacial de la recarga renovable estimada por cuenca hidrográfica, constituyendo un insumo clave para la gestión sostenible del recurso (%). ---- 23

**Figura 7**
Documento técnico de referencia nacional para la estandarización de procedimientos asociados a la captación, construcción y monitoreo de pozos de agua subterránea en Panamá. ---- 25

# Índice de Figuras


**Figura 8**
Información utilizada en el proceso de modelación en la región acuífera Pacífico Occidental. a) Perfiles estratigráficos empleados en la construcción del modelo conceptual. b) Representación tridimensional de las unidades geológicas aflorantes. c) Proceso de calibración del modelo numérico. d) Visualización 3D de las unidades hidrogeológicas. e) Mapa vectorial del flujo subterráneo en una sección transversal del modelo. ---- 28

**Figura 9**
La comparación entre los escenarios actuales y óptimos proporciona evidencia útil para la formulación de políticas públicas que promuevan un uso más estratégico del agua, especialmente en contextos de presión creciente sobre los recursos hídricos. ---- 30

**Figura 10**
Mapa de zonificación del potencial para proyectos de recarga de acuíferos en el Área Acuífera Pacífico Occidental, elaborado como insumo estratégico para planificación futura..... 32

**Figura 11**
Representación espacial de la propuesta de red de monitoreo hidrogeológico en el Área Acuífera Pacífico Central, indicando ubicación de puntos de observación sugeridos y niveles de implementación. ---- 34

**Figura 12**
Acuíferos inventariados en la República de Panamá. Este inventario permite la identificación formal de sistemas acuíferos, constituyendo un insumo clave para su delimitación, priorización y monitoreo, y marcando el inicio de una gestión sistemática y basada en evidencia de los recursos hídricos subterráneos del país. ---- 36

**Figura 13**
Ficha ejemplo para sintetizar información de cada acuífero. 37

**Figura 14**
Interfaz inicial del aplicativo móvil del Aplicativo del Sistema Nacional de Información Hidrogeológica para registro y consulta de captaciones en campo, con integración directa a la base de datos del Sistema Nacional de Información Hidrogeológica..... ---- 39

NIPPON KOEI
LATIN AMERICA - CARIBBEAN

# 01. Introducción

# El presente **resumen ejecutivo**

consolida los principales resultados, productos y recomendaciones generados en el marco del proyecto **"Estudio de Prospección, Exploración y Evaluación de Aguas Subterráneas en la República de Panamá",** desarrollado entre enero de 2024 y julio de 2025 para el Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE) por el Consorcio Nippon Koei Co. & Nippon Koei LAC, bajo el contrato No. DAyF-UFISI-006-2023.

Este estudio representa un **hito histórico para la hidrogeología nacional.** Por primera vez, Panamá cuenta con una base técnico-científica estructurada y sistematizada sobre sus aguas subterráneas, que permite transitar desde una gestión fragmentada hacia una gobernanza hídrica integral, eficiente y basada en evidencia. En un contexto de creciente presión sobre los recursos hídricos, este proyecto proporciona herramientas concretas para **comprender, planificar y proteger uno de los recursos más estratégicos y vulnerables del país: el agua subterránea.**

Entre los principales productos generados se destacan la **actualización del Mapa Hidrogeológico Nacional** a una escala de detalle sin precedentes (1:250.000), el diseño y puesta en marcha del **primer Sistema Nacional de Información Hidrogeológica,** los **mapas nacionales de recarga hídrica potencial e intrusión marina,** la **zonificación del potencial de los acuíferos en distintos niveles de profundidad,** el **manual de perforación de pozos y el primer inventario sistemático de acuíferos del país.** Además, se desarrollaron modelos hidrogeológicos y económicos en tres áreas prioritarias (Pacífico Occidental, Pacífico Central y Azuero), permitiendo por primera vez cuantificar reservas subterráneas, simular escenarios de extracción y optimizar el uso del recurso desde una perspectiva técnica y socioeconómica.

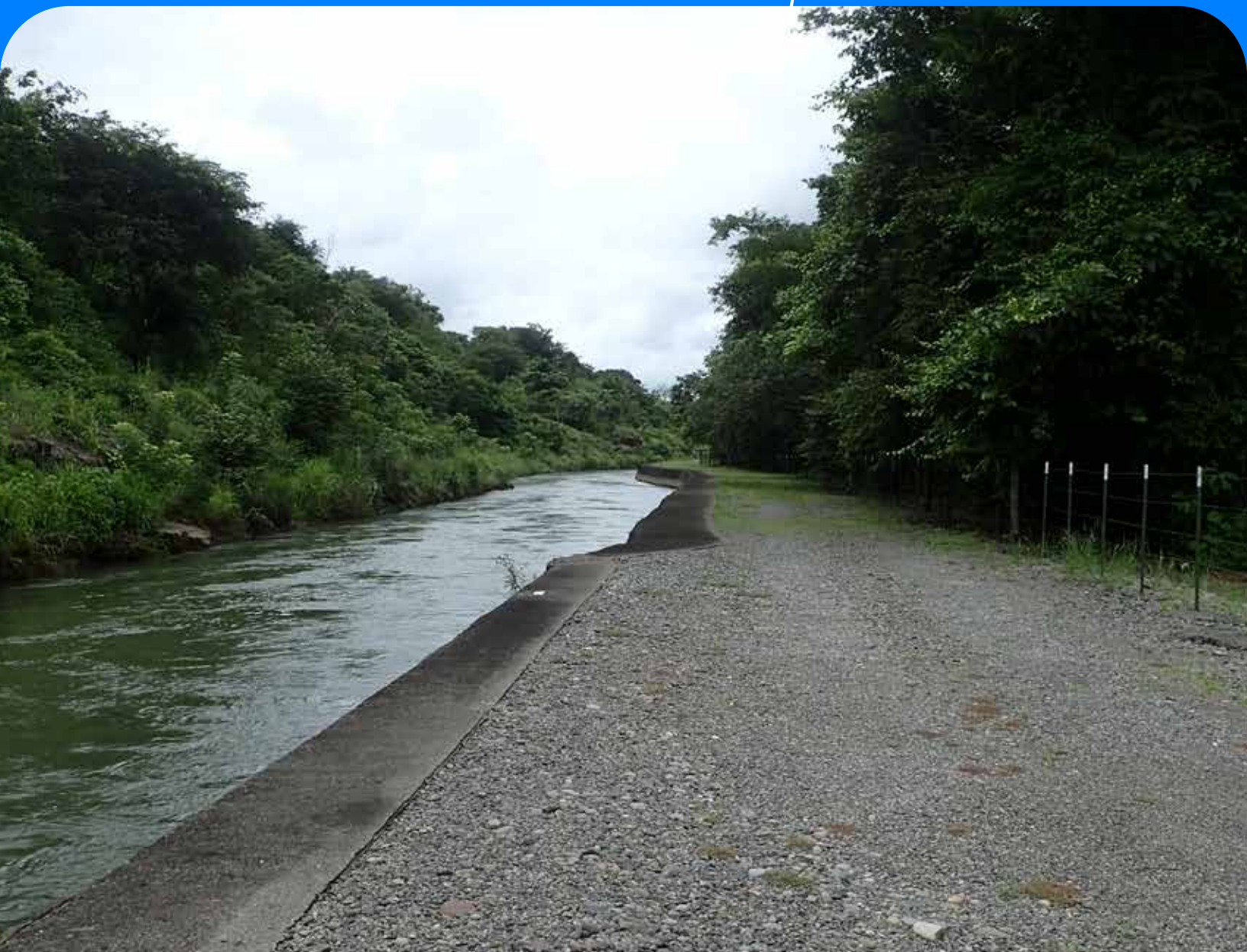
Estos productos constituyen un **punto de partida crucial para avanzar hacia una gestión integrada de los recursos hídricos en Panamá,** con un **enfoque que abarque tanto las aguas subterráneas como las superficiales.** Si bien el estudio ha identificado vacíos significativos de información, especialmente en algunas regiones del país, también establece una metodología clara y replicable que permite seguir profundizando el conocimiento hidrogeológico mediante futuras campañas, incorporación de datos validados y articulación interinstitucional. Cada uno de **los productos desarrollados puede y debe ser mejorado en el tiempo,** en la medida en que el país asuma la actualización del conocimiento hidrogeológico como un proceso continuo y estratégico para su desarrollo.

Más allá de lo técnico, **este estudio ofrece una plataforma sólida para respaldar la planificación territorial, el crecimiento urbano ordenado, la producción agrícola sostenible, el desarrollo de nuevos emprendimientos y la protección de ecosistemas dependientes del agua subterránea.** Se trata, en definitiva, de una herramienta de soporte clave para avanzar hacia la seguridad hídrica, la adaptación al cambio climático y el cumplimiento de compromisos internacionales como la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2018) y el Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015–2050.

Panamá cuenta ahora con las bases necesarias para construir una **política hídrica moderna, transparente y técnicamente robusta.** La continuidad y expansión de este esfuerzo será decisiva para garantizar un uso equitativo y sostenible de sus recursos hídricos subterráneos en las próximas décadas.

NIPPON KOEI
LATIN AMERICA - CARIBBEAN

# 02.
# Objetivos del **estudio**



## El Estudio tuvo como **objetivo general**

"Caracterizar integralmente los sistemas hidrogeológicos de la República de Panamá y desarrollar un conjunto de herramientas técnicas que fortalezcan la capacidad institucional del país para **gestionar de forma sostenible e integrada sus aguas subterráneas."**

Con el fin de alcanzar este propósito, se establecieron los siguientes objetivos específicos:

**Diseñar e implementar el Sistema Nacional de Información Hidrogeológica (SNIH),** como una plataforma digital centralizada para consolidar, digitalizar, sistematizar y visualizar la información técnica existente sobre aguas subterráneas en el país.

**Actualizar el Mapa Hidrogeológico Nacional,** incorporando nueva información técnica y llevando su resolución cartográfica a una escala de 1:250.000, con el fin de mejorar la identificación, delimitación y clasificación de las unidades hidrogeológicas.

**Elaborar productos cartográficos temáticos a escala nacional,** a partir de la recopilación e integración de datos geoespaciales de diversas entidades gubernamentales, incluyendo:

- **Mapa de recarga hídrica potencial.**
- **Mapa de zonas con indicios de intrusión salina.**

**Construir mapas de zonificación del potencial acuífero,** diferenciando los niveles someros, intermedios y profundos, en aquellas regiones del país donde se dispone de información suficiente.

**Realizar una evaluación cuantitativa del potencial nacional de aguas subterráneas,** basada en métodos de balance hídrico y análisis hidrometeorológico.

**Desarrollar un manual técnico de perforación de pozos y piezómetros,** con criterios unificados de buenas prácticas para la exploración, construcción y monitoreo de captaciones subterráneas.

**Identificar y delimitar áreas acuíferas prioritarias,** y llevar a cabo en ellas estudios técnicos detallados mediante:

- **Modelación hidrogeológica** conceptual y numérica, incluyendo escenarios de cambio climático.
- **Aplicación de modelos económicos** de optimización del uso del agua subterránea.
- **Zonificación de áreas** con potencial para proyectos de recarga gestionada de acuíferos (GRA), utilizando metodologías multicriterio como el Análisis Jerárquico de Procesos (AHP).
- **Diseño de redes de monitoreo hidrogeológico** para la observación de parámetros clave.

**Generar el primer inventario sistemático de acuíferos del país,** acompañado de fichas técnicas normalizadas que consoliden información hidrogeológica, hidroquímica y de uso del recurso.

**Desarrollar un aplicativo móvil vinculado al SNIH,** acompañado de su respectivo manual de uso, que permita la consulta, actualización y georreferenciación de información en campo, con énfasis en el registro de captaciones subterráneas.

**Fortalecer las capacidades técnicas institucionales,** mediante la realización de seminarios y actividades de capacitación dirigidas a profesionales de las entidades nacionales vinculadas a la gestión del recurso hídrico.

NIPPON KOEI
LATIN AMERICA - CARIBBEAN

# 03.
# Metodología **desarrollada**

# El Estudio de Prospección, Exploración y Evaluación de **Aguas Subterráneas** en la República de Panamá

se estructuró en dos fases metodológicas diferenciadas y complementarias, que permitieron avanzar desde una caracterización regional a nivel nacional hacia un análisis detallado en áreas acuíferas prioritarias.

**Fase I: Análisis regional y caracterización nacional (enero – septiembre 2024)**

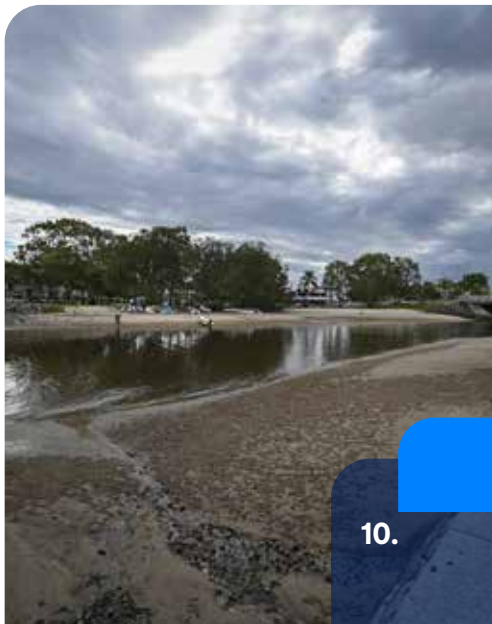
La primera fase del estudio tuvo un enfoque de alcance nacional y se centró en la recopilación, organización y análisis de información hidrogeológica secundaria existente, dispersa en diversas fuentes institucionales y bibliográficas. Se sistematizaron datos provenientes de entidades como **IDAAN, MINSA, MIDA, ACP y MiAMBIENTE,** así como de tesis universitarias, informes técnicos de perforadores privados y estudios previos relevantes como el de Tahal Consulting (1997), el Mapa Hidrogeológico de ETESA (1999) y otros realizados por Nómadas de Centroamérica (2003, 2010).

Este esfuerzo de integración fue acompañado por la construcción de una base de datos hidrogeológica en entorno Microsoft Access, que permitió homogeneizar formatos y facilitar el uso de herramientas SIG para el análisis espacial y cartográfico.

Un componente metodológico central en esta fase fue el **aprovechamiento de tecnologías de sensores remotos.** Se incorporaron imágenes satelitales Landsat y Sentinel, junto con Modelos Digitales de Elevación (DEM) de 30 metros de resolución, aplicados a nivel nacional. Esta información permitió la generación de índices como el Índice Topográfico de Humedad (ITH), el NDWI y otros indicadores útiles para evaluar la respuesta del territorio panameño frente a la precipitación, e inferir su capacidad para transformar el agua de lluvia en recarga subterránea. **Estos insumos fueron clave para la elaboración del Mapa de Recarga Potencial Hídrica y para identificar zonas con condiciones favorables para la infiltración.**

Con base en esta información consolidada y analizada, se construyeron los primeros productos nacionales del proyecto, incluyendo el Mapa Hidrogeológico actualizado a escala 1:250.000, el Mapa de Intrusión Marina, la zonificación del potencial de los acuíferos someros, intermedios y profundos, y el primer inventario sistemático de acuíferos del país.

Asimismo, se identificaron cinco áreas acuíferas de interés a partir de su relevancia estratégica, disponibilidad de información y características hidrogeológicas: Pacífico Occidental, Pacífico Central 1, Pacífico Central 2, Pacífico Central 3 y Pacífico Oriental. A partir de estas, se seleccionaron tres **áreas prioritarias** para un análisis técnico más profundo: **Pacífico Occidental, Pacífico Central** (antiguo Pacífico Central 2) **y Azuero** (antiguo Pacífico Central 1).



**Fase II: Análisis detallado en áreas prioritarias (septiembre 2024 – mayo 2025)**

La segunda fase se enfocó en el análisis localizado de las tres áreas acuíferas prioritarias, con el objetivo de **profundizar en la comprensión hidrogeológica, evaluar su potencial de desarrollo y diseñar herramientas para su gestión sostenible.** Esta fase representó un cambio de escala, metodológicamente orientado a generar información aplicable directamente a la toma de decisiones en regiones con alta demanda y vulnerabilidad hídrica.

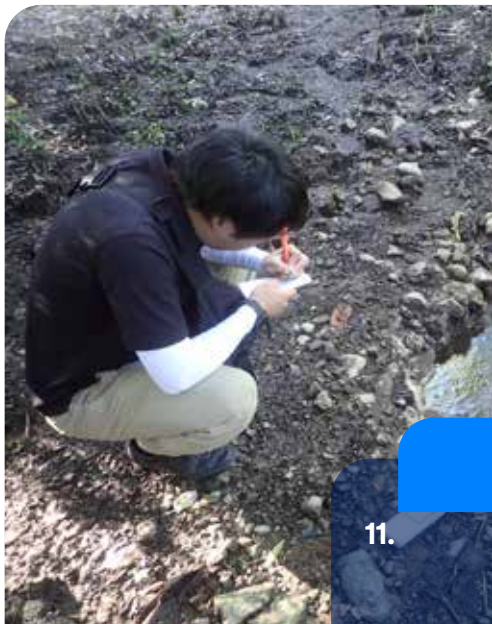
Para esta etapa se utilizaron **Modelos Digitales de Elevación de alta resolución** (5 metros), que permitieron refinar la caracterización del relieve, la morfología superficial y la definición de zonas de recarga y descarga con mayor precisión. Estos datos se integraron con información del SNIH, registros piezométricos, perfiles litológicos, información climática e hidrométrica, y resultados geofísicos disponibles.

Se desarrollaron **modelos hidrogeológicos conceptuales y numéricos,** que permitieron cuantificar las principales variables del ciclo hidrológico subterráneo: reservas activas, zonas de recarga y descarga, dirección del flujo subterráneo y principales salidas del sistema. La modelación matemática facilitó también la simulación de escenarios de uso, contribuyendo a establecer límites técnicos de extracción sostenible y evaluar los impactos de la variabilidad climática.

De forma complementaria, **se construyeron modelos económicos de optimización del uso del agua subterránea,** aplicados en las tres regiones priorizadas. Estos modelos permitieron estimar beneficios netos bajo distintos esquemas de asignación sectorial (doméstico, agropecuario, industrial), identificando combinaciones más eficientes desde el punto de vista económico y ambiental.

Esta fase también incluyó la actualización del inventario de acuíferos a nivel local, el diseño de una red de monitoreo hidrogeológico adaptada a las características de cada región y la implementación del **Aplicativo del SNIH,** concebido para capturar y actualizar datos en campo desde dispositivos móviles, con sincronización automática a la base de datos nacional.

Finalmente, como parte del enfoque de fortalecimiento institucional, se llevaron a cabo cuatro seminarios interinstitucionales para la transferencia de conocimientos y tecnologías, promoviendo el uso activo de los productos generados y fortaleciendo las capacidades técnicas de los actores nacionales vinculados a la gestión del agua subterránea.



NIPPON KOEI
LATIN AMERICA - CARIBBEAN

# 04.
# Productos desarrollados **en el Estudio**

# 4.1 Sistema Nacional de Información Hidrogeológica

El Sistema Nacional de Información Hidrogeológica (SNIH) es uno de los productos más estratégicos del estudio y representa un hito en la gestión del agua subterránea en la República de Panamá. Por primera vez, se consolida en una plataforma única toda la información hidrogeológica previamente dispersa, permitiendo su consulta, visualización y actualización de manera eficiente. Esta herramienta no solo centraliza datos técnicos clave, sino que establece una base sólida para una gestión moderna, integrada y transparente del recurso hídrico subterráneo.

**El SNIH integra información georreferenciada de más de 3.500 captaciones subterráneas, incluyendo niveles freáticos, litología, parámetros hidroquímicos, condiciones de diseño y uso (Figura 1).**

Esta información alimenta un conjunto de plataformas complementarias que permiten su consulta y actualización tanto en entornos de oficina como en campo, mediante aplicaciones específicas de escritorio y móviles. El sistema cuenta con una interfaz intuitiva, mecanismos de validación interna y funcionalidades que permiten vincular a cada registro documentos técnicos, imágenes, reportes y demás archivos relevantes.

## Su desarrollo implicó

la recopilación intensiva de información secundaria proveniente de instituciones como **IDAAN, MINSA, MIDA, ACP y MiAMBIENTE,** así como de tesis, publicaciones y perforadores privados. Todos los datos fueron estandarizados e integrados en una base de datos relacional visualizable mediante herramientas SIG, apoyada en una ficha técnica estructurada que asegura la trazabilidad y consistencia de los datos.

# El valor de **este producto**

radica en su capacidad para **garantizar el acceso y la permanencia de la información hidrogeológica en el tiempo,** incluso más allá del ciclo de vida de los proyectos que la generaron. Reduce la incertidumbre técnica, permite establecer un punto de partida confiable para nuevos estudios y facilita una mejor toma de decisiones. El **SNIH tiene múltiples aplicaciones: apoya evaluaciones ambientales, el diseño de nuevas perforaciones, la planificación territorial y la formulación de políticas públicas.** Se espera que, a partir de este punto, todos los estudios hidrogeológicos del país se integren y alimenten esta plataforma, consolidándola como una herramienta clave para la sostenibilidad, la seguridad hídrica y la protección de los acuíferos de Panamá.

**Figura 1: Vista inicial del tablero de control del Sistema Nacional de Información Hidrogeológica (SNIH). Esta herramienta constituye un componente clave para acceder, visualizar y consultar en tiempo real la información hidrogeológica del país, representando un avance sustancial hacia una gestión más eficiente, integrada y transparente.**

# 4.2 Mapa Hidrogeológico Actualizado a escala 1:250,000

El nuevo Mapa Hidrogeológico de la República de Panamá, a escala 1:250.000 **(Figura 2),** representa una actualización sustancial respecto al producto elaborado por **ETESA en 1999.** Este mapa permite visualizar de manera integrada la distribución espacial y las características de las principales unidades hidrogeológicas del país, estableciendo una base técnica homogénea para la **evaluación, exploración y gestión de las aguas subterráneas.** Por primera vez en más de dos décadas, Panamá cuenta con una cartografía hidrogeológica nacional sistematizada, ajustada a estándares internacionales y respaldada por datos técnicos actualizados.

**El proceso de elaboración se basó en la integración de información geológica existente, imágenes satelitales, datos de perforaciones y registros hidrogeológicos disponibles,**

a los que se aplicó una **reclasificación detallada de las unidades litológicas en función de su potencial hidrogeológico.** La clasificación adoptada siguió las directrices metodológicas de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH), conforme a la Guía para la elaboración de mapas hidrogeológicos (Struckmeier y Margat, 1995), asignando a cada unidad un valor de permeabilidad cualitativa y representándolas mediante simbología y colores estandarizados según normativas internacionales.

## El mapa no solo mejora

la resolución y cobertura del insumo preexistente, sino que incorpora criterios actualizados para identificar las unidades con mayor potencial acuífero, diferenciando zonas de alta, media o baja productividad, y **considerando factores como el tipo de roca, su grado de alteración, la presencia de estructuras geológicas y registros de caudales específicos.** Este enfoque permite una lectura funcional del territorio desde el punto de vista hidrogeológico y facilita la priorización de áreas para estudios más detallados.

# El valor de este **producto es significativo:**

establece un marco de referencia nacional uniforme para **caracterizar acuíferos, delimitar áreas estratégicas de recarga o aprovechamiento, y reducir incertidumbres en estudios técnicos o procesos de evaluación ambiental.** Además, su disponibilidad en formato digital georreferenciado permite integrarlo a herramientas de planificación, modelación o monitoreo, maximizando su utilidad práctica.

Este mapa se convierte así en una herramienta fundamental para organismos de planificación, reguladores del recurso hídrico, operadores de agua y tomadores de decisiones. También es clave para la orientación de nuevas perforaciones, el diseño de redes de monitoreo, y la identificación de zonas sensibles a sobreexplotación o contaminación.

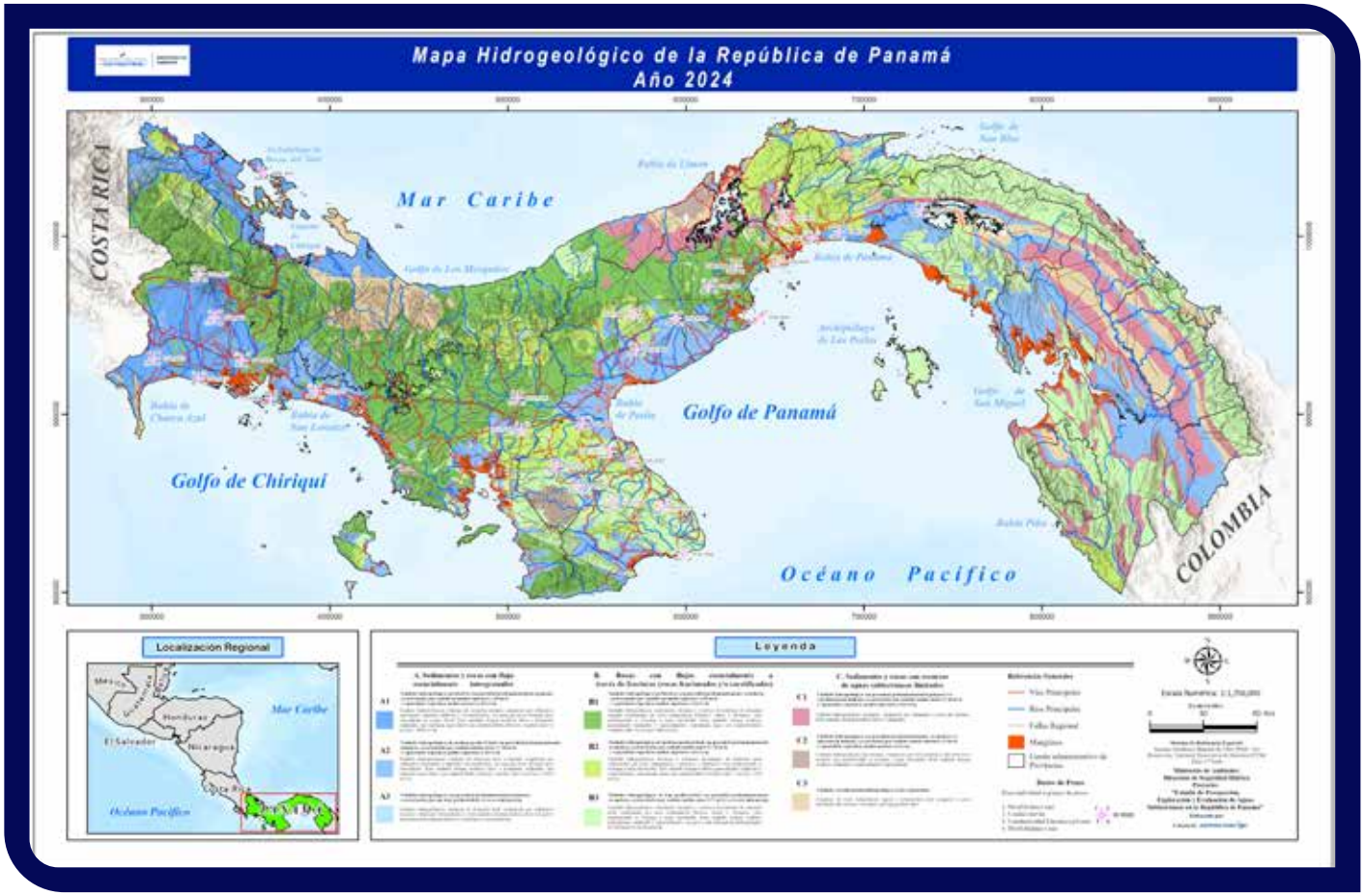



**Figura 2: Mapa hidrogeológico actualizado de la República de Panamá a escala 1:250.000. Consolida y reclasifica las unidades hidrogeológicas del país en función de su potencial acuífero, sirviendo como herramienta clave para la exploración, evaluación y gestión sostenible del agua subterránea.**

# 4.3 Mapa de Recarga Potencial Hídrica

El Mapa de Recarga Potencial Hídrica representa una **herramienta estratégica para la planificación y gestión del agua subterránea** en Panamá, al identificar las zonas con mayor aptitud natural para la infiltración y almacenamiento del agua de lluvia en los acuíferos **(Figura 3).**

**Este producto permite visualizar de forma integrada los sectores del territorio nacional con condiciones favorables para la recarga, sirviendo como base para orientar acciones de conservación, protección de áreas críticas y planificación territorial.**

Su elaboración se basó en un análisis multicriterio que **integró doce variables ambientales, hidrogeológicas y climáticas.** A través de este enfoque se clasificó el territorio nacional en cinco categorías de potencial de recarga: Muy Bajo, Bajo, Moderado, Alto y Muy Alto, reflejando las diferencias naturales en la capacidad del terreno para infiltrar y retener agua subterránea.

## Los resultados muestran

que las **zonas con mayor potencial de recarga se concentran en áreas con suelos permeables, vegetación conservada, baja pendiente y buena disponibilidad de precipitación,** mientras que las zonas de menor potencial están asociadas a formaciones geológicas poco permeables, pendientes elevadas o superficies impermeabilizadas. La validación de este producto se apoyó en la comparación con datos de nivel freático y localización de captaciones existentes.

# El valor de este **producto radica**

en su utilidad para **priorizar zonas estratégicas de protección, delimitar áreas sensibles, apoyar decisiones de ordenamiento del territorio y diseñar políticas públicas de gestión hídrica más eficaces.** Además, constituye una base técnica clave para la evaluación del comportamiento natural de los acuíferos frente a la precipitación, especialmente en un contexto de creciente presión sobre los recursos hídricos subterráneos.

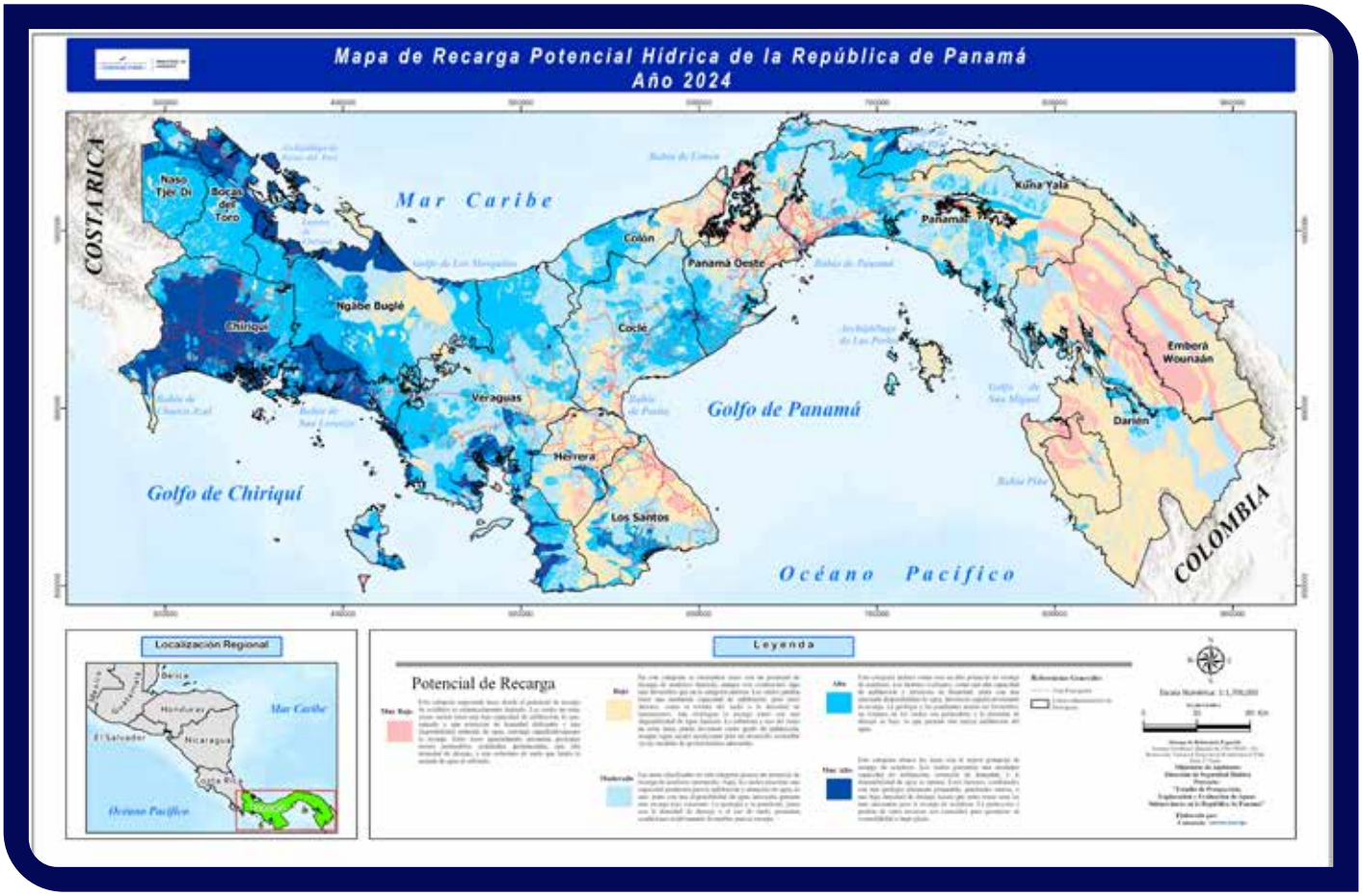



**Figura 3: Mapa de Recarga Potencial Hídrica de la República de Panamá. Muestra la distribución espacial de cinco clases de potencial de recarga de agua subterránea, derivadas del análisis multicriterio de variables ambientales, geológicas e hidrológicas. Su aplicación contribuye a priorizar acciones de gestión y protección en función del comportamiento natural del territorio frente al ingreso de agua por precipitación.**

# 4.4 Mapa de Intrusión Marina

El Mapa de Zonas con Evidencia de Intrusión Marina constituye una herramienta clave para la identificación de sectores costeros vulnerables a la intrusión salina en los acuíferos de Panamá **(Figura 4).**

**Este fenómeno, provocado por el avance del agua de mar hacia el interior de los sistemas acuíferos debido a una sobreexplotación o disminución del gradiente hidráulico, compromete la calidad del recurso hídrico subterráneo y limita su uso para consumo humano, agrícola e industrial.**

El mapa fue elaborado mediante el **análisis de datos hidroquímicos provenientes de fuentes secundarias e históricos institucionales,** considerando parámetros como la conductividad eléctrica, el contenido de cloruros y la relación entre aniones y cationes en captaciones cercanas a la línea de costa. **Se realizó una clasificación cualitativa en tres niveles de evidencia: Posible, Moderada y Alta,** asignando a cada zona un grado de afectación en función de la información disponible y su coherencia espacial.

**Los resultados muestran indicios de intrusión marina en diversos sectores del litoral Pacífico y Caribe panameño,** especialmente en zonas donde existe una alta densidad de captaciones o donde los acuíferos se encuentran sin una adecuada gestión de recarga. La mayoría de los casos se concentran en áreas con uso intensivo del recurso, escaso monitoreo de calidad del agua y limitada regulación del bombeo.

Este producto tiene un **alto valor para la planificación del uso del agua subterránea en zonas costeras,** ya que permite anticipar riesgos, orientar medidas de protección y monitoreo, y establecer umbrales de uso sostenible en función de la vulnerabilidad. Además, su actualización periódica es **esencial para detectar cambios en la dinámica salina y aplicar medidas correctivas oportunas.** El mapa se convierte así en una referencia técnica indispensable para reforzar la resiliencia hídrica de las zonas costeras ante el avance de la salinización.

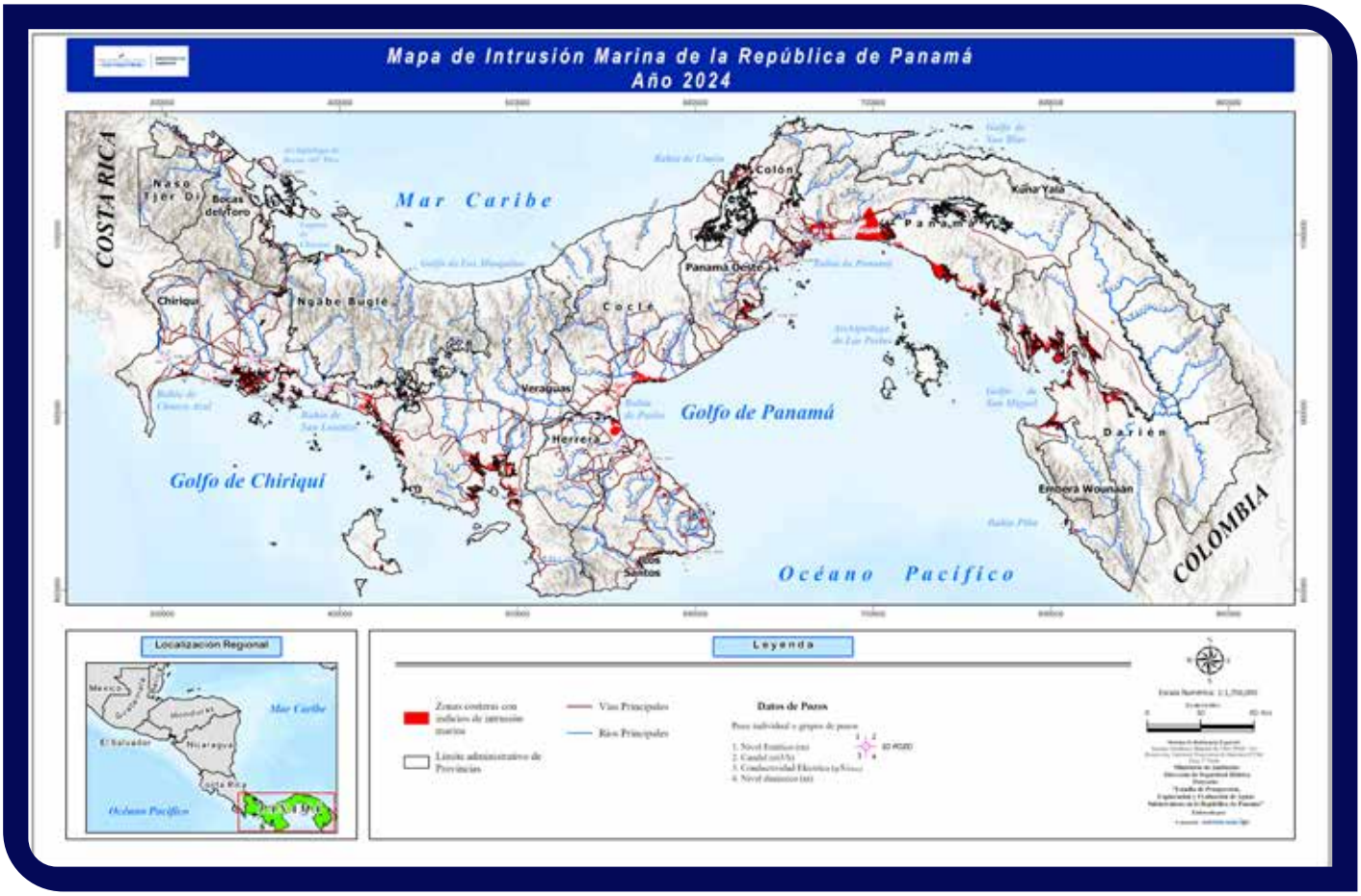
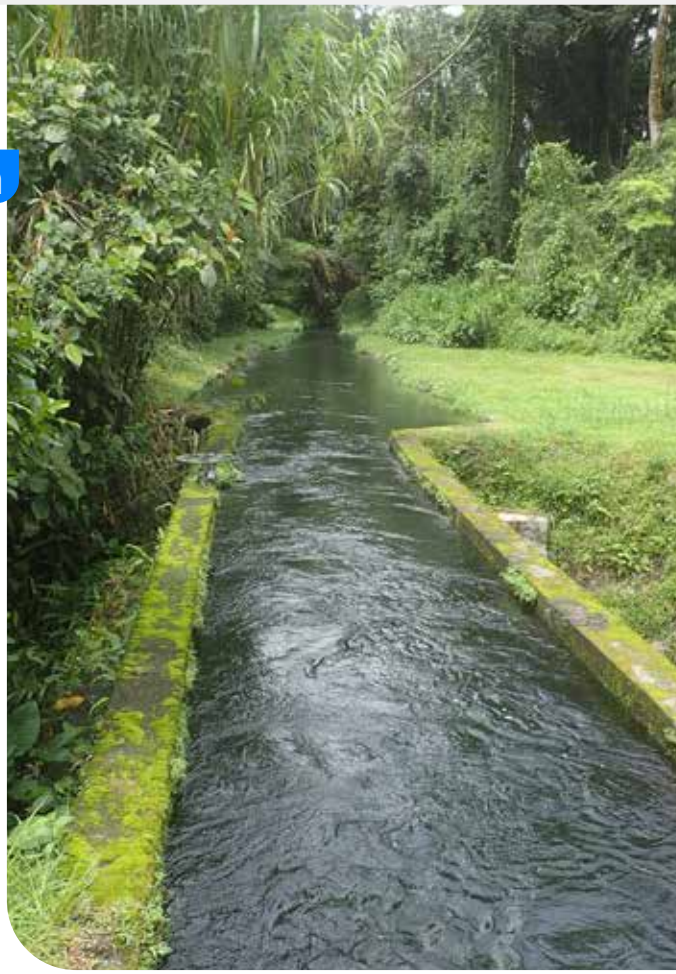



**Figura 4: Mapa de Zonas con Evidencia de Intrusión Marina en la República de Panamá. Identifica áreas costeras donde se han detectado indicios hidroquímicos de avance de agua salina hacia los acuíferos. Su análisis permite alertar sobre riesgos potenciales y orientar acciones de manejo y control en zonas vulnerables del país.**



## 4.5 Mapa de zonificación de potencial acuífero en la República de Panamá

Este producto **permite identificar las zonas con mayor o menor capacidad para almacenar y transmitir agua subterránea en distintos niveles de profundidad,** aportando una herramienta clave para orientar decisiones sobre exploración, evaluación y aprovechamiento racional del recurso hídrico. **Se delimitaron tres niveles de análisis:** acuíferos someros (0–30 metros), intermedios (31–150 metros) y profundos (más de 150 metros), considerando las particularidades geológicas e hidrogeológicas de cada uno **(Figura 5).**

**La elaboración del mapa se centró exclusivamente en el sector Pacífico del país, integrando cartografía geológica, estudios geofísicos existentes y productos derivados de sensores remotos.**

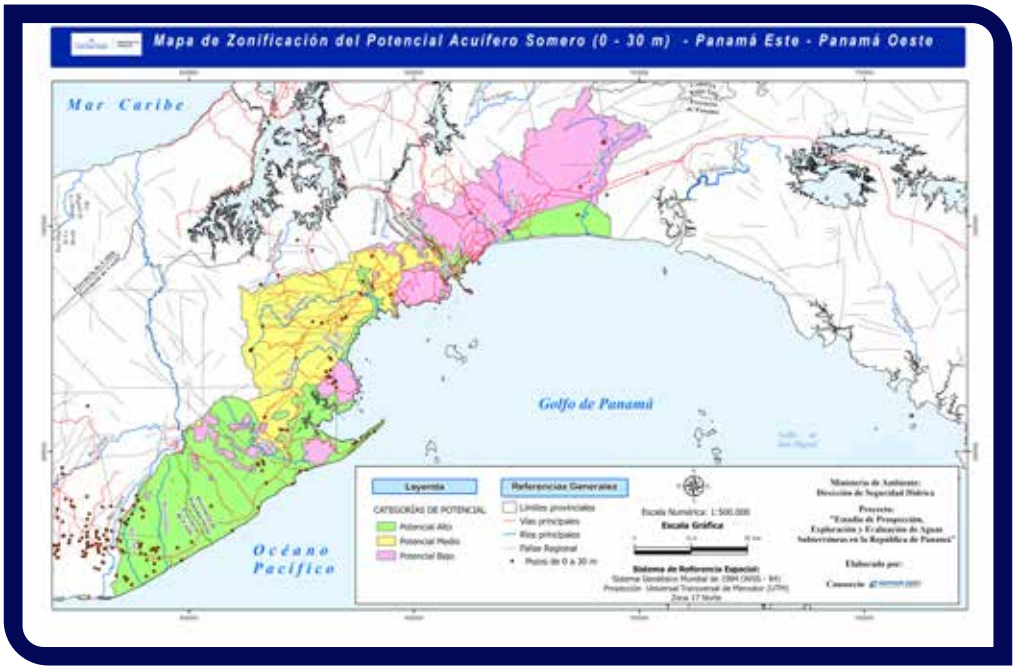
Mediante **herramientas SIG** se interpretaron **variables clave como la litología, las estructuras del subsuelo y las características morfológicas del terreno,** lo que permitió identificar zonas con distinto nivel de potencial acuífero para cada una de las profundidades analizadas.

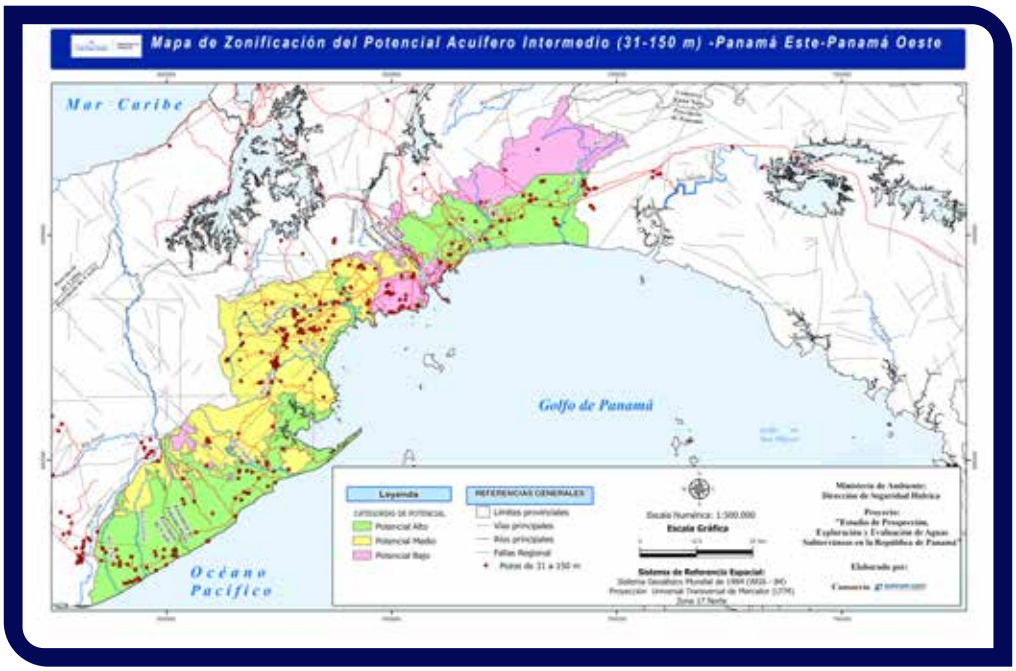
## Los resultados muestran

que, en términos generales, **los niveles somero e intermedio presentan predominantemente un potencial acuífero medio a alto.** En el caso de los acuíferos profundos, el mayor potencial se concentra en el Área Acuífera del Pacífico Occidental, asociado a la presencia de la Formación Tonosí (TEO-TO), caracterizada por su alta porosidad. En cambio, las áreas de Panamá Este-Oeste, Azuero y Pacífico Central muestran potenciales acuíferos profundos de medio a bajo, lo cual se vincula a las condiciones estructurales de las rocas presentes.

# El valor de este **producto radica**

en que proporciona una base técnica robusta para identificar **sectores con mayor aptitud para nuevas captaciones de agua subterránea, así como para delimitar zonas donde podrían requerirse estudios más detallados o medidas de protección.** Permite reducir la incertidumbre en procesos de planificación, apoyar la toma de decisiones en contextos de presión hídrica y orientar futuras campañas de perforación en función del potencial estimado.



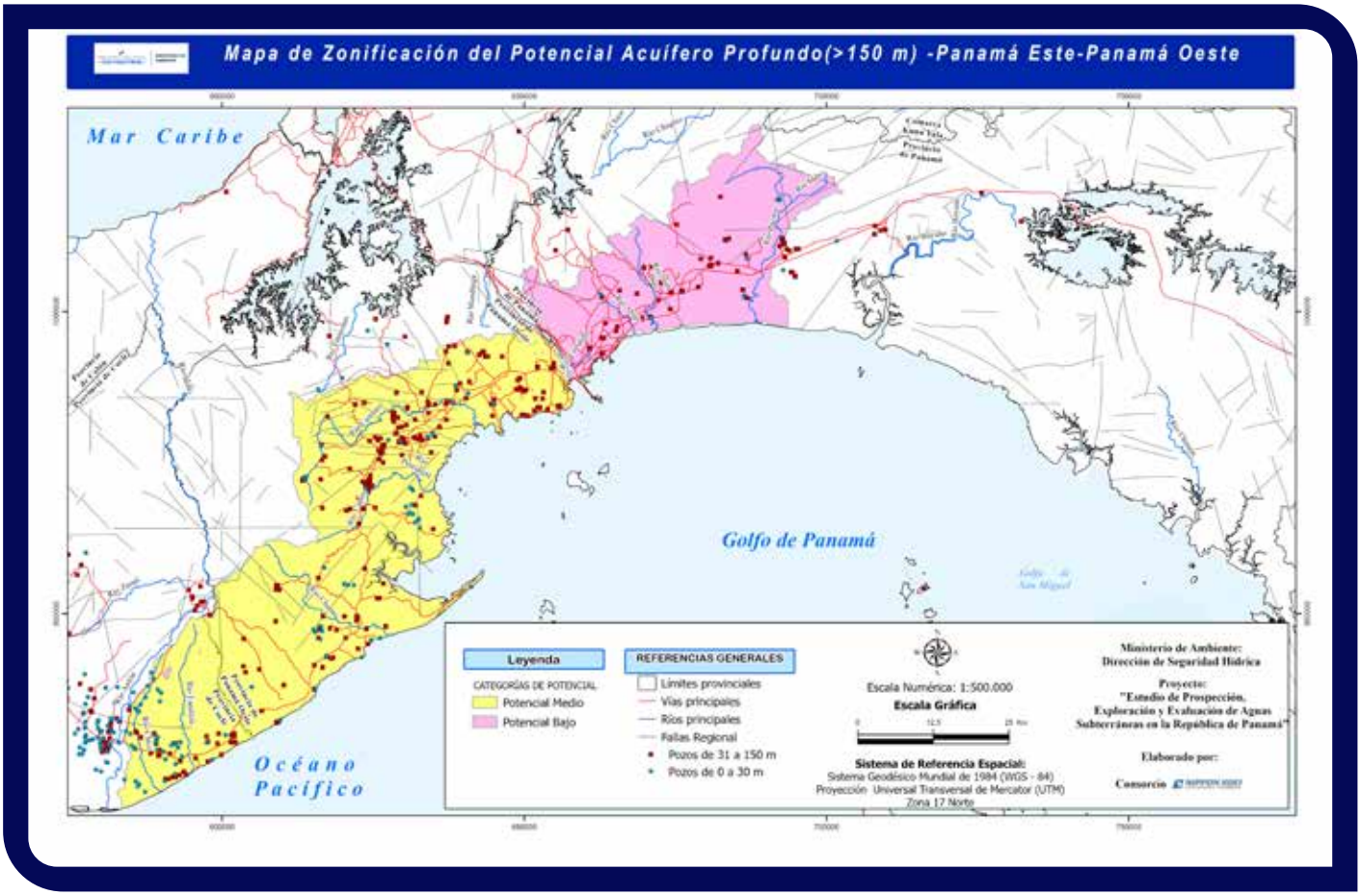



**Figura 5: Zonificación del potencial acuífero para el área de Panamá Este – Panamá Oeste, para tres niveles de profundidad. El producto permite visualizar áreas con diferente aptitud para el almacenamiento y transmisión de agua subterránea, aportando insumos para la planificación y gestión del recurso.**

# 4.6 Evaluación del Potencial de Aguas Subterráneas

Este producto representa el primer esfuerzo técnico-metodológico de alcance nacional orientado a cuantificar, de forma integrada, el potencial de aprovechamiento de las aguas subterráneas en Panamá para fines domésticos **(Figura 6).** Su elaboración se fundamenta en el principio de que para gestionar de manera sostenible el recurso, **es necesario contar con una estimación objetiva de la cantidad de agua subterránea disponible para uso humano, económico y ambiental.** De este modo, se consolida una herramienta estratégica para avanzar hacia una planificación más racional y equilibrada del recurso hídrico subterráneo.

**El enfoque aplicado para su obtención se basa en el análisis de balance hídrico por cuenca hidrográfica, que permite estimar el volumen de recarga renovable disponible en el sistema acuífero.**

Esta recarga, determinada a partir de la diferencia entre precipitación efectiva y otras salidas como evapotranspiración o escorrentía, fue considerada como proxy del potencial de agua subterránea utilizable. El análisis se sustentó en datos hidrológicos y meteorológicos suministrados por el Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá (IMHPA) y la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), lo que permitió realizar una evaluación comparativa para 51 cuencas hidrográficas del país. Parte del análisis contempló **estimar el uso actual de aguas subterráneas para fines domésticos a partir de datos del Instituto de Acueductos y Alcantarillados (IDAAN) y del Censo 2023, Acceso al Agua y Saneamiento.**

La metodología fue complementada con herramientas de sensores remotos y productos satelitales, permitiendo contrastar los resultados con estimaciones independientes y validar la consistencia del enfoque. **Esta triangulación metodológica aseguró una mayor robustez en las estimaciones y permitió observar patrones regionales de disponibilidad subterránea** coherentes con la fisiografía y el régimen pluviométrico del país.

Los resultados obtenidos indican que **las cuencas con mayor potencial de recarga renovable se concentran en las zonas montañosas del centro y occidente del país,** donde coinciden altos niveles de precipitación y condiciones favorables para la infiltración. En contraste, las cuencas localizadas en sectores áridos o de baja permeabilidad presentan menores valores de recarga estimada. Se obtuvo que la cuenca con mayor nivel de aprovechamiento actual para uso doméstico alcanza apenas el 15.15% del potencial total estimado, lo que indica que **más del 80% del recurso subterráneo permanece disponible para ser utilizado en todo el país.** Esta diferenciación espacial del potencial es fundamental para orientar la planificación del uso del recurso y la priorización de zonas para futuras investigaciones.

# El valor estratégico **de este producto radica**

en su utilidad para delimitar, a escala nacional, **las zonas con mayor viabilidad técnica y ambiental para el otorgamiento de nuevas concesiones de agua subterránea.** Asimismo, sirve como insumo para identificar áreas donde podrían presentarse conflictos por disponibilidad, o donde se requiere mayor atención en términos de conservación y gestión del acuífero. Esta evaluación sienta las bases para la implementación de mecanismos de control más eficaces y para el diseño de políticas públicas que integren la dimensión cuantitativa del recurso dentro del proceso de toma de decisiones.

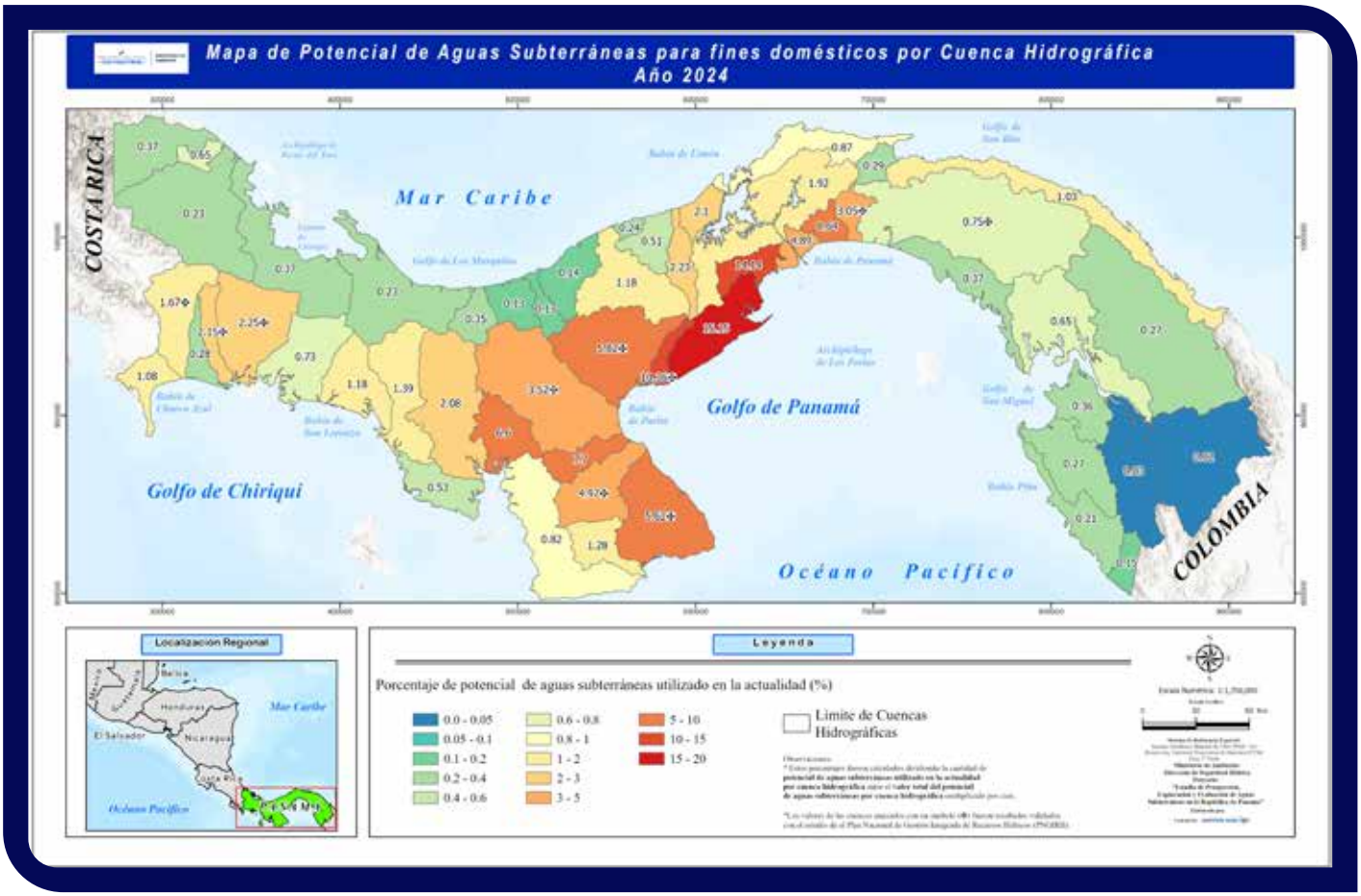



**Figura 6: Mapa del potencial de aguas subterráneas en Panamá. Refleja la distribución espacial de la recarga renovable estimada por cuenca hidrográfica, constituyendo un insumo clave para la gestión sostenible del recurso (Unidad: %).**

# 4.7 Manual de Perforación de pozos

La elaboración de un manual técnico de perforación de pozos constituye un paso clave hacia la estandarización de criterios y prácticas asociadas a la captación y monitoreo de aguas subterráneas en Panamá. Este documento representa una guía de referencia técnica diseñada para unificar procedimientos, mejorar la calidad de la información recolectada en campo y reducir la variabilidad asociada a enfoques empíricos o dispersos. Su objetivo principal es **fortalecer la capacidad institucional para el desarrollo ordenado y sustentable de nuevas captaciones, garantizando la obtención de datos hidrogeológicos confiables y trazables.**

**El manual integra principios fundamentales de hidrogeología aplicados al diseño y construcción de pozos, así como lineamientos normativos vigentes en el país (Figura 7).**

Incluye descripciones claras sobre **métodos de perforación, tipos de equipos, técnicas de registro y pruebas de bombeo, además de protocolos para el monitoreo telemétrico y la correcta instalación de piezómetros.** Se propone como una herramienta técnica común para entidades como MiAMBIENTE, IDAAN, MINSA y MIDA, y como documento de consulta para consultores, perforadores y técnicos operativos involucrados en proyectos de aguas subterráneas.

## Su desarrollo se sustentó

en un **análisis comparativo de manuales y normativas internacionales, adaptado al contexto hidrogeológico, normativo y operativo de Panamá.** Para su redacción se consideraron también prácticas vigentes en el país, las cuales fueron sistematizadas y reorganizadas a fin de generar procedimientos estandarizados, aplicables en diferentes contextos y regiones. El contenido fue validado en talleres interinstitucionales, donde se integraron aportes técnicos provenientes de distintas disciplinas vinculadas a la perforación y al monitoreo de acuíferos.

# El resultado es **un documento técnico**

estructurado que **aborda el ciclo completo de intervención de un pozo, desde su planificación hasta la etapa de monitoreo.** Incluye fichas técnicas de campo, recomendaciones operativas y consideraciones sobre seguridad, ambiente y calidad de datos. Se destaca también la inclusión de criterios para garantizar la interoperabilidad de la información generada con el **SNIH,** lo cual fortalece el flujo de datos hacia plataformas oficiales. El valor de este manual radica en su capacidad para orientar, ordenar y profesionalizar los procesos de perforación en el país. **Su aplicación permitirá reducir errores técnicos, evitar diseños inadecuados y minimizar el riesgo de contaminación de los acuíferos.** Además, estandarizará la información recolectada en campo, facilitando su integración a sistemas de análisis y planificación, lo cual resulta fundamental para optimizar el uso y la protección de los recursos hídricos subterráneos.

**Figura 7: Imagen referencial del proceso de perforación, incluida en el Manual de Perforación de Pozos como parte del esfuerzo por establecer un marco técnico unificado para la captación, construcción y monitoreo de pozos de agua subterránea en la República de Panamá.**

# 4.8 Estudio Técnico con los resultados de la Evaluación Hidrogeológica

Este producto presenta el **desarrollo de modelos hidrogeológicos conceptuales y numéricos en las tres Áreas Acuíferas Prioritarias:** Pacífico Occidental, Pacífico Central y Azuero. A partir de la información disponible, incluyendo datos litológicos, piezométricos, meteorológicos, de perforaciones y parámetros hidráulicos, se construyeron modelos conceptuales que representan la geometría, funcionamiento y dinámica de los sistemas acuíferos en cada región **(Figura 8).** Estos modelos conceptuales fueron luego traducidos a modelos matemáticos implementados en el software MODFLOW.

**Cada modelo numérico fue calibrado de forma manual y automática, comparando niveles piezométricos observados y simulados, y ajustando iteративamente los parámetros para lograr una representación confiable del sistema.**

Posteriormente, se realizaron simulaciones bajo distintos escenarios: **extracción sostenida, incremento de la demanda y condiciones de estrés hídrico o cambio climático.** A partir de estos escenarios fue posible identificar zonas vulnerables a la sobreexplotación y áreas con mayor sensibilidad a la presión antrópica, brindando insumos clave para la planificación y gestión técnica del recurso.

Los modelos **permitieron estimar de forma preliminar el volumen de agua subterránea disponible en cada área bajo condiciones específicas.** Los recursos calculados para una profundidad máxima de 30 metros en las regiones acuíferas, con un valor de coeficiente de almacenamiento medio de 0.2 y un nivel piezométrico medio de 5 metros por debajo de la superficie fueron de cerca de 20,000 hectómetros cúbicos para el Área Acuífera Pacífico Occidental; 18,000 hectómetros cúbicos en el Área Acuífero Azuero y 22,000 hectómetros cúbicos para el Acuífero Pacífico Central.

**Los resultados muestran que el balance hídrico en las tres áreas está dominado por la recarga directa por precipitación,** con tasas anuales estimadas entre el 20 % y el 30 % del total precipitado, dependiendo de las condiciones geomorfológicas y litológicas. Se identificaron zonas preferenciales de recarga y descarga, así como flujos subterráneos orientados principalmente hacia sistemas hídricos superficiales, con baja descarga directa al mar.

Si bien el nivel actual de explotación es bajo, los modelos advierten que, en escenarios futuros de crecimiento urbano o expansión agrícola, podrían alcanzarse situaciones críticas como las descritas anteriormente.

Este producto marca un **hito en el paso desde una comprensión cualitativa hacia un conocimiento cuantitativo de los sistemas acuíferos,** integrando información dispersa en una herramienta robusta de simulación y predicción. Permite responder con sustento técnico a interrogantes clave como: ¿cuánto puede extraerse sin comprometer la sostenibilidad?, ¿cómo responde el acuífero ante escenarios extremos?, ¿dónde conviene ubicar nuevos puntos de monitoreo?

# Su aplicación directa **se vincula con**

**la planificación de concesiones, estrategias de protección del recurso, diseño de redes de monitoreo y evaluación de riesgos.** Además, establece una base sólida para futuras actualizaciones a través del **SNIH,** que facilitará la incorporación de datos nuevos y garantizará la operatividad, mejora continua y vigencia de este instrumento en los procesos de toma de decisiones sobre la gestión del agua subterránea en Panamá.

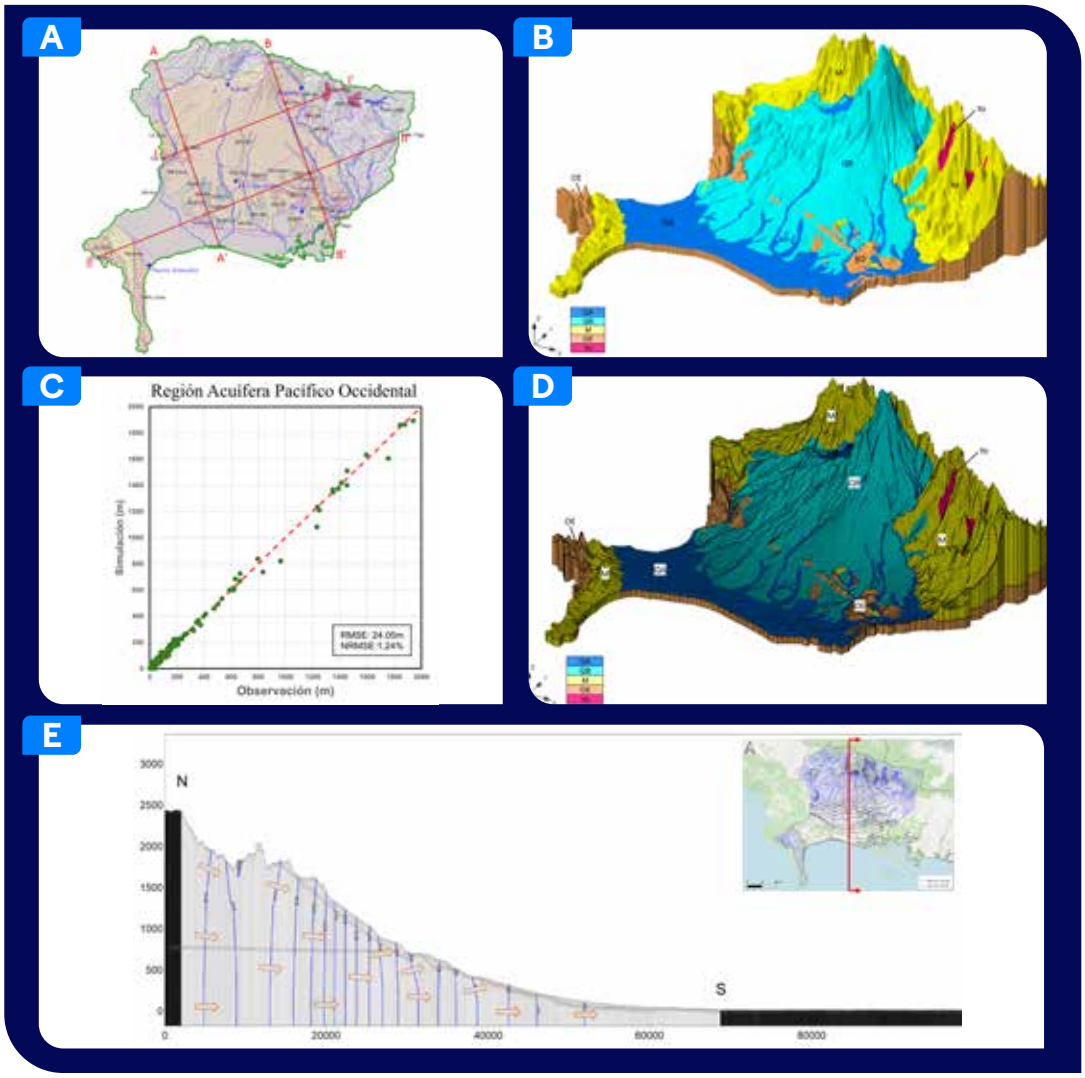



**Figura 8: Información utilizada en el proceso de modelación en la región acuífera Pacífico Occidental. a) Perfiles estratigráficos empleados en la construcción del modelo conceptual. b) Representación tridimensional de las unidades geológicas aflorantes. c) Proceso de calibración del modelo numérico. d) Visualización 3D de las unidades hidrogeológicas. e) Mapa vectorial del flujo subterráneo en una sección transversal del modelo.**

## 4.9 Evaluación Económica de acuerdo **al Modelo de Optimización**

Este producto presenta un análisis del **uso actual del recurso hídrico subterráneo desde una perspectiva económica, con el objetivo de evaluar su eficiencia y proponer lineamientos para una asignación más racional.** Para ello, se desarrollaron modelos económicos en tres **Áreas Acuíferas Prioritarias: Pacífico Occidental, Pacífico Central y Azuero,** considerando los principales sectores de demanda: doméstico, agropecuario e industrial. Los modelos aplicaron principios de la microeconomía del bienestar para estimar precios sombra y beneficios económicos netos asociados al uso del recurso en cada escenario para el periodo 2023-2040. Este período permite evaluar la sostenibilidad y viabilidad económica del uso del recurso bajo diferentes escenarios futuros, incluyendo crecimiento poblacional, cambios en demanda y variaciones climáticas.

**A modo de evaluación inicial, se calcularon los volúmenes máximos extraíbles, sin considerar recarga, bajo un umbral de descenso piezométrico uniforme de 2 metros en toda la región modelada,**

lo cual **provocaría una desconexión entre los sistemas subterráneos y superficiales,** generando condiciones de sequía extrema. Estos valores, que representan un límite teórico máximo de explotación, fueron de 1,900 $hm^3$ para el Pacífico Occidental, 1,910 $hm^3$ para Azuero y 2,420 $hm^3$ para el Pacífico Central. Aunque no constituyen recomendaciones directas de extracción, permiten visualizar el margen operativo y la capacidad relativa de almacenamiento de cada acuífero.

## Los resultados muestran

diferencias importantes en la eficiencia económica entre las zonas analizadas **(Figura 9).** En el Área Acuífera Pacífico Occidental, **la extracción actual de agua subterránea no alcanza aún los niveles óptimos de asignación, lo que genera una pérdida de beneficios económicos** estimada en 443,6 millones de dólares. En este caso, el Valor Actual Neto (VAN) bajo el modelo actual representa apenas el 41 % del VAN estimado bajo condiciones óptimas (303,7 vs. 747,4 millones de dólares).

# En el Área Acuífera **Pacífico Central**

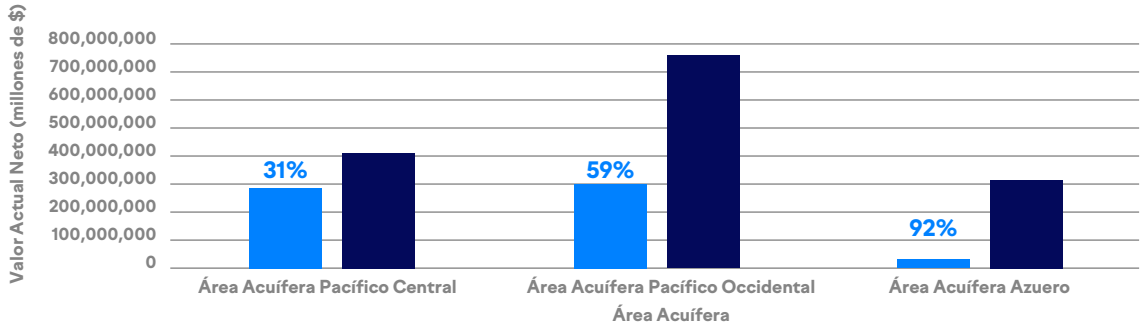
se observa una situación similar, donde el modelo actual de uso no sobrepasa el volumen óptimo, aunque las utilidades proyectadas son menores que las potenciales. **El VAN estimado bajo el uso actual alcanza 292,3 millones de dólares,** lo que equivale al 69 % del VAN óptimo (421 millones de dólares), dejando de percibirse alrededor de 128,6 millones de dólares en beneficios posibles.

En contraste, en el Área Acuífera de Azuero, **el modelo actual proyecta una extracción por encima de lo considerado óptimo,** lo que conduce a una pérdida económica en el largo plazo. A pesar de generarse utilidades durante todo el periodo **2023–2040,** estas tienden a decrecer, reflejando una tendencia insostenible. El VAN bajo el modelo actual se estimó en 26,7 millones de dólares, mientras que el modelo óptimo proyecta un VAN de 318,7 millones de dólares, lo que implica una diferencia de 291,9 millones de dólares no captados.

En términos relativos, el modelo actual representa solo el 8 % del VAN óptimo.

Estos resultados reflejan que, en las tres áreas priorizadas, existen oportunidades significativas para **mejorar la eficiencia económica en el uso del agua subterránea** mediante una asignación más adecuada del recurso.

**Comparación de VAN total para el periodo 2023-2040 en las áreas acuíferas**




- **Estado actual:** Extracción y uso actual del agua subterránea (no planificado), para los tres sectores (doméstico, agropecuario e industrial).
- **Estado optimizado:** Extracción y uso optimizado del agua subterránea, garantizando una sostenibilidad económica en el futuro.

**Figura 9: La comparación entre los escenarios actuales y óptimos proporciona evidencia útil para la formulación de políticas públicas que promuevan un uso más estratégico del agua, especialmente en contextos de presión creciente sobre los recursos hídricos.**

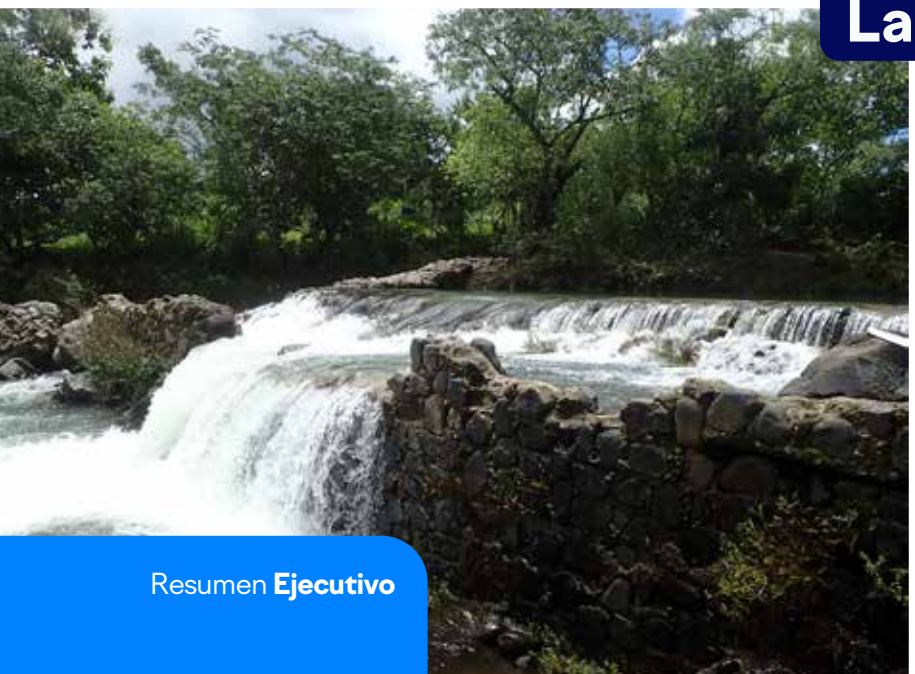
# 4.10 Zonificación de áreas para proyectos de Gestión de Recarga de Acuífero para las 3 áreas prioritarias.

Este producto ofrece una **zonificación preliminar del potencial para implementar proyectos de recarga artificial de acuíferos en las regiones priorizadas** de Pacífico Occidental, Pacífico Central y Azuero. Se trata de una herramienta técnica que establece una línea base para orientar futuras iniciativas, sin implicar una recomendación inmediata de ejecución. **Su utilidad radica en identificar áreas** que, bajo determinadas condiciones hidrogeológicas y ambientales,

**podrían ser aptas para intervenciones de gestión activa del agua subterránea, cuando el conocimiento del sistema y los mecanismos de monitoreo lo permitan (Figura 10).**

A diferencia del mapa de recarga potencial elaborado a escala nacional, este producto se enfoca exclusivamente en zonas priorizadas del Pacífico y orienta la identificación de áreas estratégicas para intervenciones específicas de infiltración gestionada.

En el contexto actual, caracterizado por vacíos en la información y una limitada red de observación de variables clave, **no es recomendable avanzar con proyectos de recarga artificial a gran escala.** Sin embargo, esta zonificación constituye un insumo estratégico que permitirá, a futuro, focalizar estudios específicos, identificar posibles sitios piloto y fortalecer la planificación hídrica frente a escenarios de presión creciente sobre los recursos subterráneos.



## La metodología se apoyó

en **técnicas de análisis espacial, combinando variables hidrogeológicas, geográficas, ambientales y climáticas relevantes, integradas mediante herramientas de evaluación multicriterio.** Esta aproximación permitió clasificar las regiones en función de su aptitud relativa para la recarga inducida, estableciendo categorías de alto, medio y bajo potencial, que reflejan las diferencias naturales entre las áreas evaluadas.

# Los resultados muestran un

comportamiento heterogéneo. **En el Pacífico Occidental se identificaron sectores amplios con condiciones favorables para iniciativas GRA, mientras que en Azuero predominaron zonas con limitaciones naturales para este tipo de intervenciones.** El Pacífico Central mostró un escenario intermedio, con zonas potenciales que podrían mejorarse mediante acciones técnicas. Esta zonificación aporta así un marco de referencia útil para la planificación hídrica y el desarrollo de estrategias diferenciales de manejo según las características de cada región.

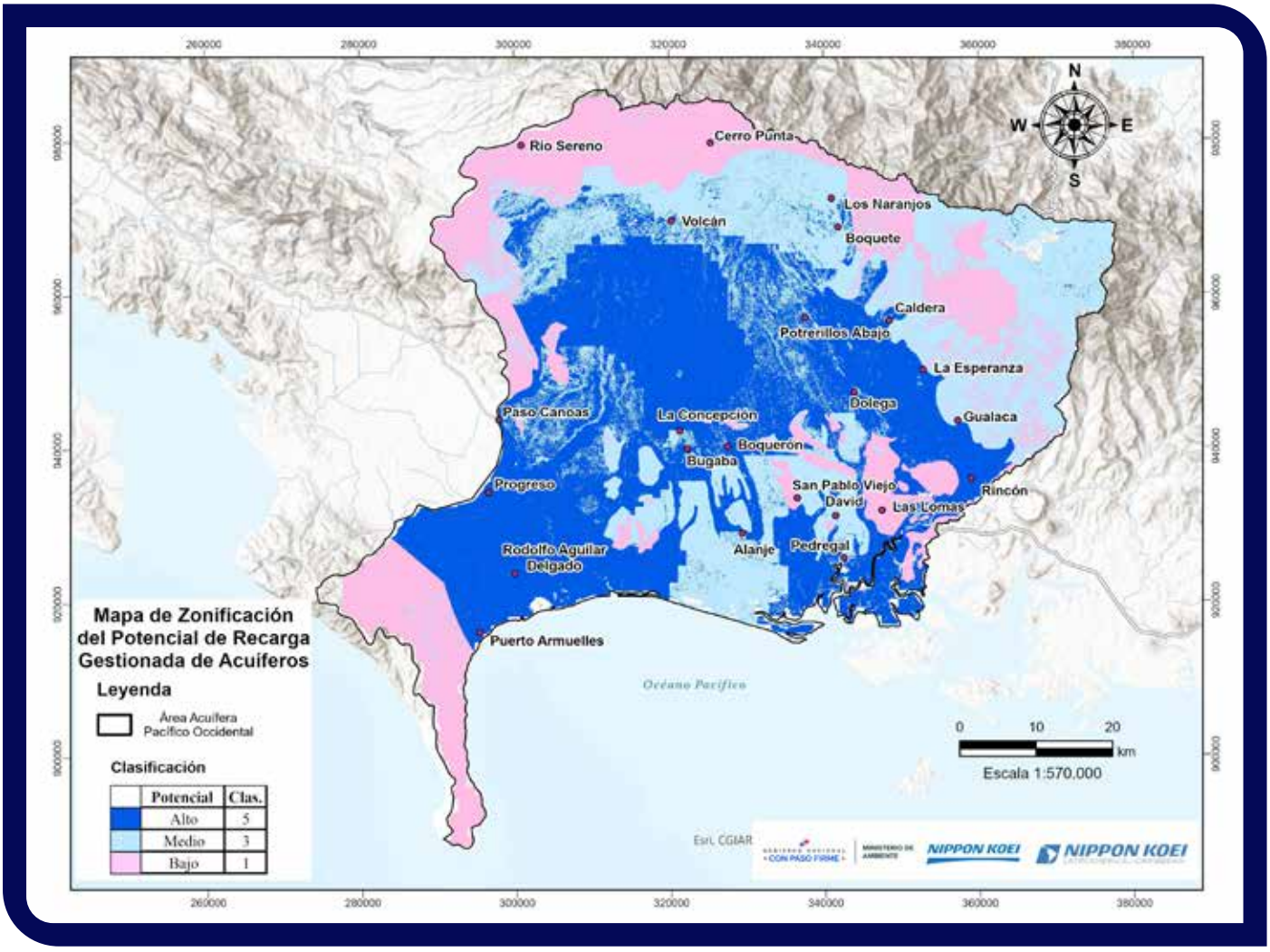
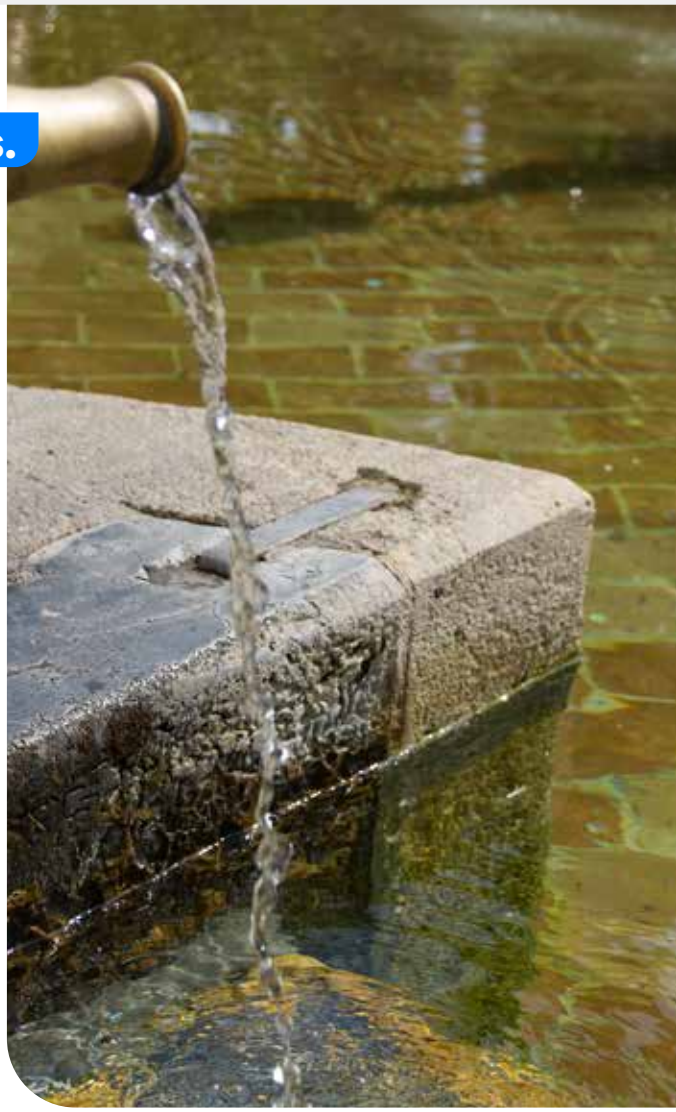



**Figura 10: Mapa de zonificación del potencial para proyectos de recarga de acuíferos en el Área Acuífera Pacífico Occidental, elaborado como insumo estratégico para planificación futura.**



## 4.11 Red de Monitoreo Hidrogeológico

## Acuífero para las 3 áreas prioritarias.

Este producto presenta una propuesta técnica de red de monitoreo hidrogeológico para las tres regiones priorizadas del estudio: Pacífico Occidental, Pacífico Central y Azuero (Figura 11). Su diseño se fundamenta en los modelos hidrogeológicos desarrollados y en la zonificación del potencial de los acuíferos,

**permitiendo identificar ubicaciones estratégicas para el seguimiento de variables clave como nivel freático, temperatura y conductividad eléctrica del agua subterránea.**

El objetivo es establecer una estructura de observación que facilite la evaluación sistemática del comportamiento de los sistemas acuíferos ante diferentes condiciones de presión y recarga.

La propuesta **incluye la localización de pozos de observación y piezómetros distribuidos en función de criterios técnicos e hidrogeológicos,** considerando además la accesibilidad, representatividad y cobertura espacial. Se definieron tres niveles de implementación posibles (mínimo, aceptable e ideal), en función del número de puntos de control requeridos y el grado de instrumentalización asociado. Para cada uno de estos escenarios se establecieron especificaciones técnicas que contemplan el uso de registradores automáticos, sensores multiparamétricos y opciones de transmisión remota de datos.

## Es importante señalar

que **esta red constituye una propuesta técnica que no ha sido implementada en el marco del presente estudio.** Su ejecución dependerá de decisiones institucionales posteriores, disponibilidad de recursos y capacidades operativas. No obstante, representa un paso fundamental hacia una gestión basada en datos, ya que permitirá contar con series temporales continuas, confiables y georreferenciadas, esenciales para el análisis de tendencias, evaluación de impactos y diseño de políticas públicas sobre el uso del agua subterránea.

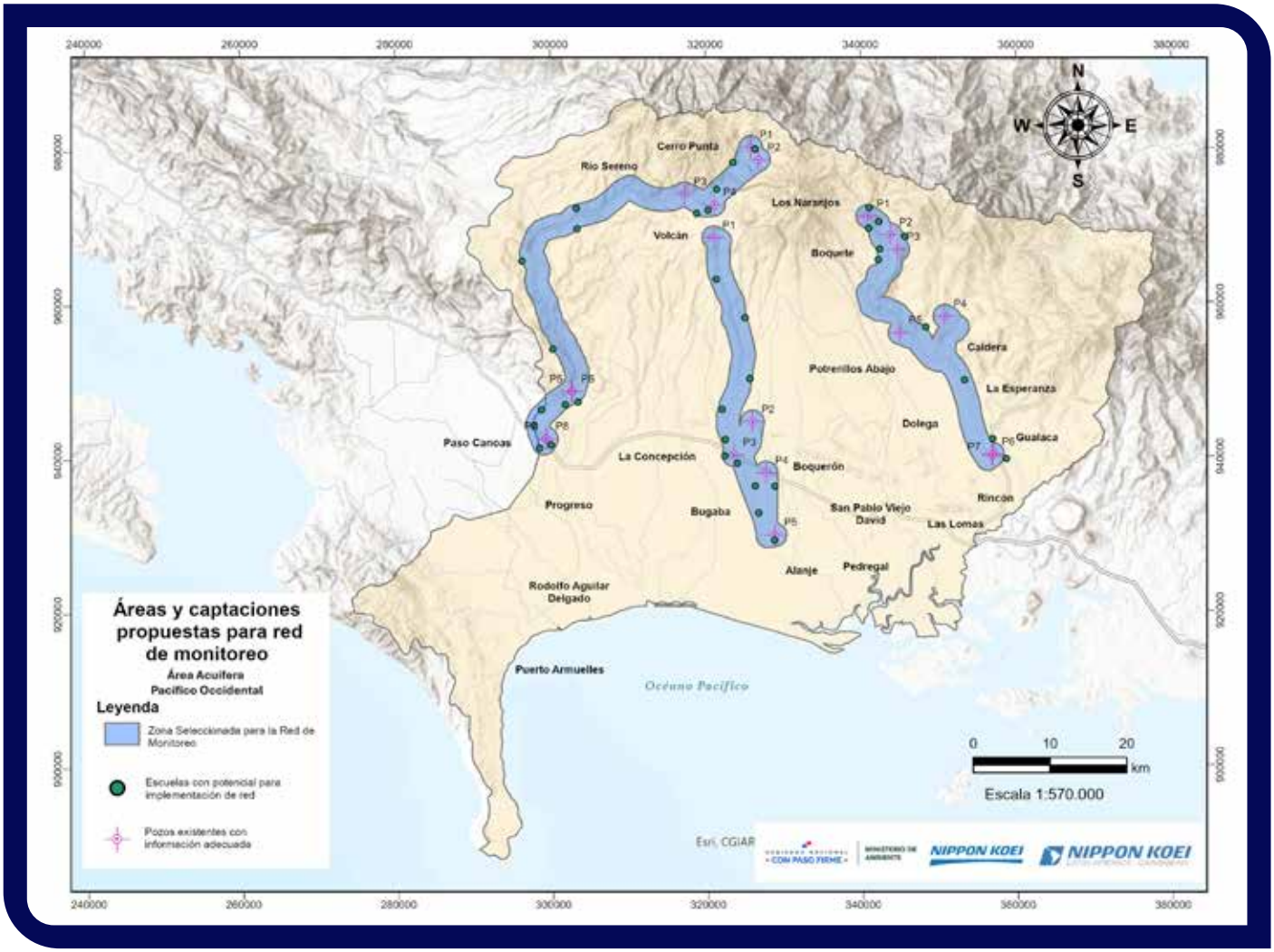



**Figura 11: Representación espacial de la propuesta de red de monitoreo hidrogeológico en el Área Acuífera Pacífico Central, indicando ubicación de puntos de observación sugeridos y niveles de implementación.**

## 4.12 Inventario de Acuíferos

Este producto reúne y sistematiza, por primera vez de forma estructurada, la información disponible sobre los principales acuíferos del territorio panameño, en función de la cantidad, calidad y cobertura de los datos hidrogeológicos existentes **(Figura 12). El inventario constituye un insumo clave para orientar la exploración, evaluación y protección de los recursos hídricos subterráneos del país,** consolidando el conocimiento actual y facilitando su uso para la planificación técnica e institucional.

**La información recolectada fue organizada en fichas técnicas que sintetizan, de manera clara y accesible, los aspectos más relevantes de cada unidad hidrogeológica analizada (Figura 13).**

Estas fichas **incluyen datos sobre ubicación geográfica, extensión, características geológicas e hidrogeológicas, calidad del agua subterránea, tipo de uso predominante, y otros elementos clave.** Además, se integran mapas e imágenes que complementan la comprensión del comportamiento del recurso en cada zona, constituyéndose en herramientas de consulta útiles para técnicos, tomadores de decisión y actores locales.

## Mas allá de su valor informativo

este inventario representa un **punto de partida esencial hacia una gestión sistemática y ordenada de los acuíferos del país.** La identificación formal de estos sistemas permite avanzar en su delimitación, priorización y monitoreo, sentando las bases para una administración sustentada en evidencia y adaptada a las particularidades hidrogeológicas de cada región. **Dada la diversidad geológica y climática de Panamá, es indispensable que este esfuerzo continúe y se actualice periódicamente,** incorporando nuevos datos y conocimientos generados por futuros estudios y proyectos.

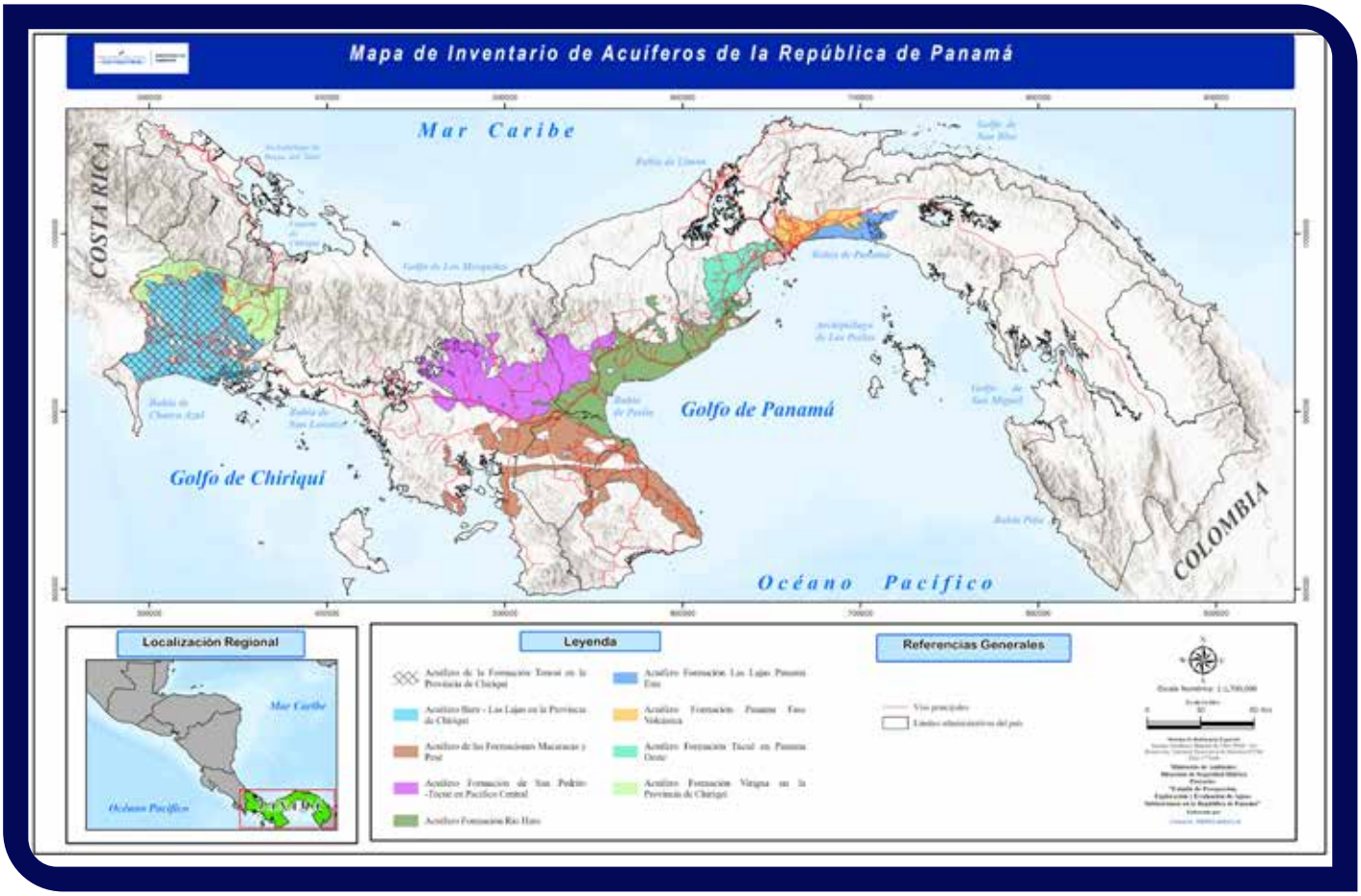



**Figura 12: Acuíferos inventariados en la República de Panamá. Este inventario permite la identificación formal de sistemas acuíferos, constituyendo un insumo clave para su delimitación, priorización y monitoreo, y marcando el inicio de una gestión sistemática y basada en evidencia de los recursos hídricos subterráneos del país.**

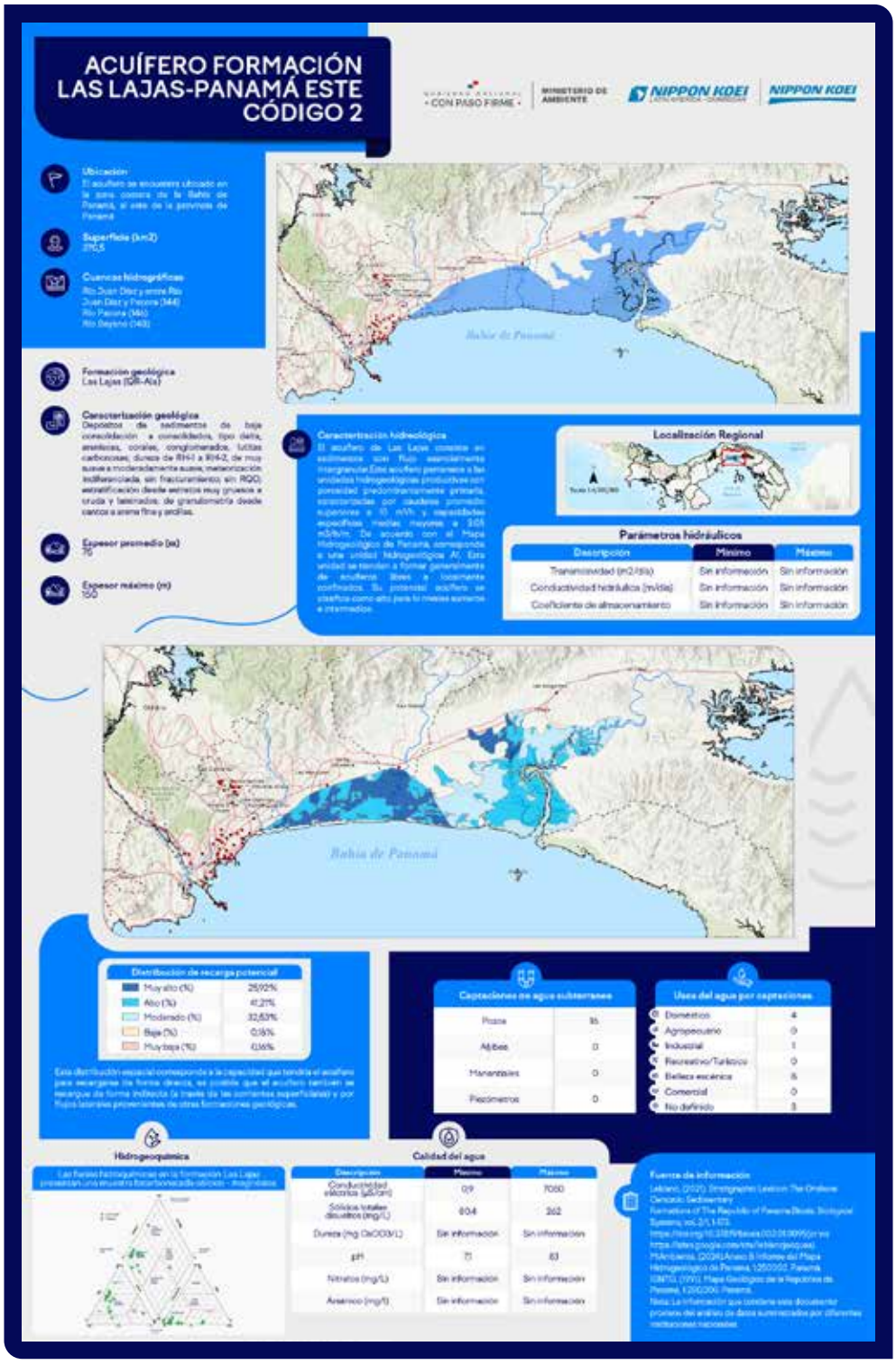



**Figura 13: Ficha ejemplo para sintetizar información de cada acuífero**

# 4.13 Aplicativo del Sistema Nacional de Información Hidrogeológica

El Aplicativo del Sistema Nacional de Información Hidrogeológica **constituye una herramienta tecnológica diseñada para facilitar el registro, la consulta y la actualización de datos hidrogeológicos directamente en campo,** mediante dispositivos móviles **(Figura 14).** Este producto complementa la estructura técnica del SNIH, permitiendo incorporar información nueva de forma ágil, organizada y georreferenciada, y fortaleciendo así la integridad, continuidad y accesibilidad de la información hidrogeológica del país.

**El Aplicativo del SNIH está basado en la base de datos estructurada desarrollada durante las primeras fases del estudio, y utiliza herramientas de SIG integradas a plataformas de recolección móvil,**

específicamente **ArcGIS Field Maps.** A través de este aplicativo, técnicos e instituciones pueden registrar y editar información sobre captaciones **(pozos, manantiales, aljibes)** incluyendo parámetros físicos, constructivos, de uso y de calidad de agua, con un respaldo espacial preciso. **La arquitectura del sistema se basa en una geodatabase relacional, compatible con los estándares técnicos de MiAMBIENTE,** y con capacidad de interoperar con otras plataformas nacionales de gestión ambiental e hídrica.

## El aplicativo promueve

una gestión descentralizada del conocimiento hidrogeológico, permitiendo que diversos actores, gubernamentales, técnicos, académicos o privados, puedan aportar datos desde el territorio, enriqueciendo de forma continua el Sistema Nacional de Información Hidrogeológica. **Su implementación es un paso concreto hacia la modernización de la gestión del agua subterránea en Panamá,** facilitando la toma de decisiones basada en evidencia y permitiendo un seguimiento más cercano y preciso de las condiciones del recurso a lo largo del tiempo.

# El Manual de Usuario

que acompaña a esta herramienta brinda **orientaciones prácticas sobre su instalación y uso,** incluyendo buenas prácticas de registro y principios básicos de manejo de la aplicación en entornos móviles. Este instrumento es esencial para asegurar la correcta operación del aplicativo y garantizar que los datos recolectados se integren de manera eficiente y segura al sistema central.

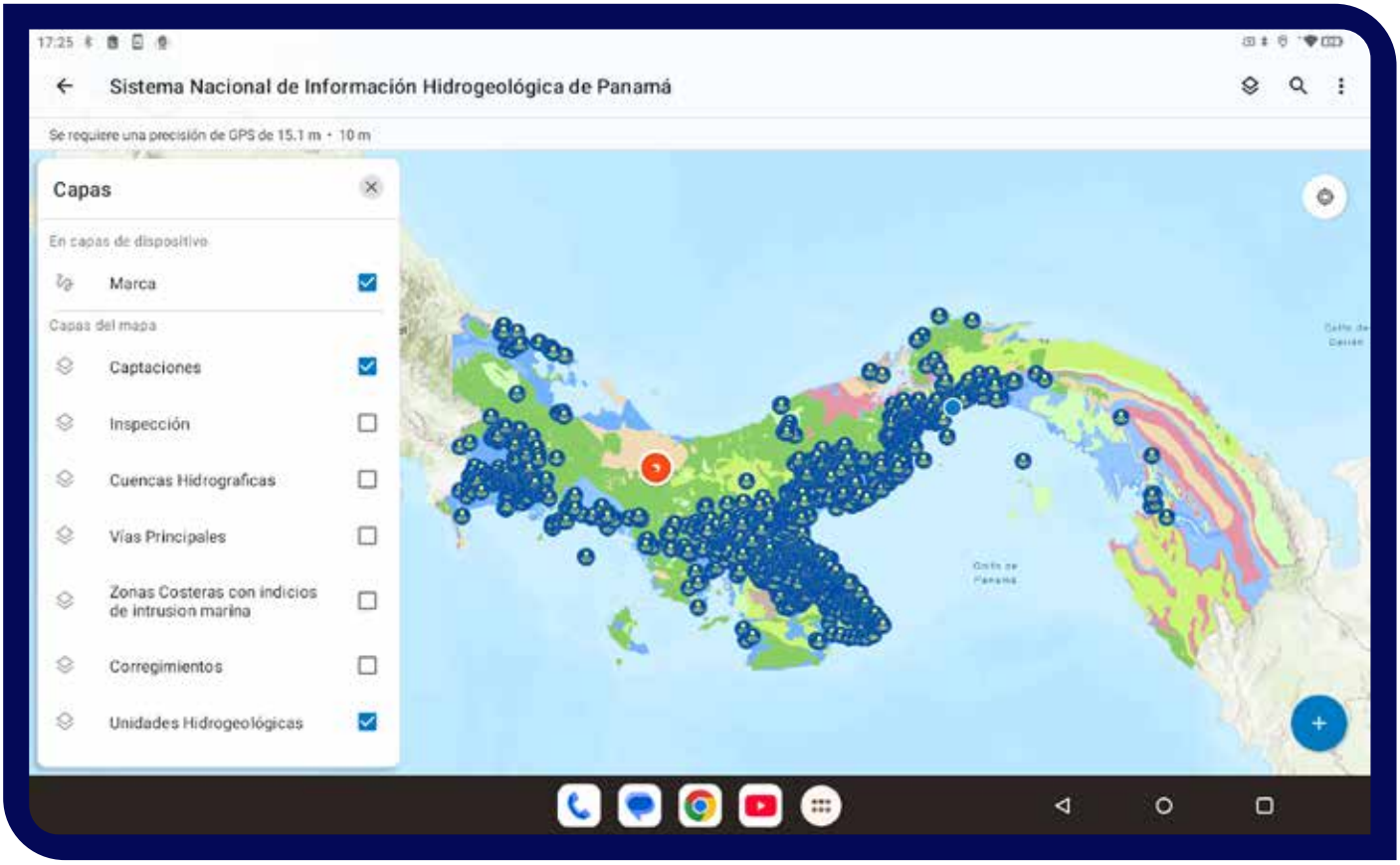



**Figura 14: Interfaz inicial del aplicativo móvil del Aplicativo del Sistema Nacional de Información Hidrogeológica para registro y consulta de captaciones en campo, con integración directa a la base de datos del Sistema Nacional de Información Hidrogeológica.**

NIPPON KOEI
LATIN AMERICA - CARIBBEAN

# 05.
# Conclusiones
# Generales del Estudio

# Por primera vez en **la historia del país,**

se ha logrado consolidar una base técnico-científica integral y sistematizada que **permite comprender, planificar y proyectar el uso sostenible de este recurso estratégico.** La importancia del agua subterránea en Panamá es innegable: constituye una fuente vital de abastecimiento para miles de personas, sostiene ecosistemas esenciales y ofrece una alternativa resiliente frente a los efectos del cambio climático y las variaciones en la disponibilidad de agua superficial.

Asimismo, la información generada a lo largo del estudio resulta fundamental para las fases de exploración y evaluación de los recursos hídricos subterráneos, brindando soporte técnico confiable a decisiones de inversión, desarrollo de nuevos emprendimientos y planificación territorial a lo largo y ancho del país. **Esta base de conocimiento permite anticipar riesgos, optimizar usos y promover iniciativas productivas sostenibles,** con un enfoque territorialmente adaptado y ambientalmente responsable.

El desarrollo metodológico del estudio se estructuró en dos fases complementarias. **La primera fase, de alcance nacional, permitió por primera vez identificar y clasificar las principales unidades acuíferas del país,** integrando datos hidrogeológicos dispersos y cartografiando el territorio bajo una mirada unificada. Este esfuerzo se tradujo en productos como el Mapa Hidrogeológico actualizado a escala 1:250.000, el Mapa Nacional de Recarga Hídrica Potencial, el Primer Mapa Nacional de Intrusión Marina, el Manual de Perforación de Pozos y, de manera emblemática, el diseño e implementación del SNIH, hoy consolidado como un **instrumento de consulta, análisis y planificación con visión de largo plazo.**

# La segunda fase **profundizó**

este trabajo, **enfocándose en tres áreas acuíferas prioritarias** seleccionadas por su relevancia estratégica: Pacífico Occidental, Pacífico Central y Azuero. En estas regiones se avanzó hacia un análisis más detallado, incorporando **modelación hidrogeológica conceptual y numérica, evaluación económica del uso del agua,** identificación de zonas apropiadas para recarga gestionada y diseño de redes de monitoreo. Este cambio de escala, de una caracterización nacional general a un estudio intensivo por regiones priorizadas, representa un salto cualitativo en el conocimiento hidrogeológico de Panamá, y sienta las bases para replicar esta metodología en otras zonas del país.

Este informe no solo resume los resultados alcanzados, sino que **también visibiliza la magnitud de los desafíos por delante.** La evidencia generada reafirma que el conocimiento de los sistemas acuíferos no es un lujo técnico, sino una condición indispensable para asegurar la sostenibilidad ambiental, el desarrollo territorial equilibrado y la gobernanza eficiente del agua. **El conjunto de productos entregados debe ser entendido como una plataforma fundacional para la hidrogeología panameña moderna,** susceptible de ser ampliada, alimentada y fortalecida con el tiempo.

A partir de este punto, el país cuenta con las herramientas necesarias para avanzar hacia una gestión más integrada, equitativa y basada en evidencia. La continuidad de este tipo de iniciativas, con participación institucional, actualización periódica de datos y formación de capacidades técnicas locales, es **indispensable para consolidar una política hídrica que reconozca el valor estratégico del agua subterránea** como soporte de bienestar, desarrollo y resiliencia.

En este contexto, se presentan a continuación las principales conclusiones técnicas del estudio, que sintetizan los aprendizajes, hallazgos y recomendaciones clave para consolidar una gestión del agua subterránea más informada, estratégica y sostenible:

**En la revisión** de la base de datos se evidenció que las entidades gubernamentales responsables de la gestión de los recursos hídricos en Panamá no cuentan con un formato común ni criterios unificados para el registro de la información hidrogeológica. Esta dispersión y heterogeneidad dificultan su análisis, interoperabilidad y aprovechamiento para la planificación. **El establecimiento de una estructura estandarizada de almacenamiento y la consolidación de una geodatabase** nacional constituyen avances estratégicos que permiten fortalecer la gestión basada en datos y evidencia.

**Durante la evaluación** de la documentación recopilada se identificó una asimetría significativa en la disponibilidad de información hidrogeológica entre la vertiente del Pacífico y la del Caribe. **La vertiente del Pacífico presenta una mayor concentración de datos y estudios, mientras que en el Caribe aún persisten importantes vacíos.** Esta diferencia refuerza la necesidad de orientar futuras campañas de exploración hacia aquellas regiones con menor cobertura de datos.

**El uso sistemático de herramientas** de Sistemas de Información Geográfica (SIG), junto con el procesamiento de imágenes satelitales y datos espaciales, se consolidó como un recurso esencial para la construcción de productos cartográficos y el análisis espacial del recurso hídrico. Su incorporación en todos los componentes del estudio permitió integrar variables físicas, climáticas y geológicas de manera coherente y con rigor técnico.

**La estructura de la base** de datos hidrogeológica diseñada durante el estudio sirvió como sustento para el desarrollo del aplicativo del Sistema Nacional de Información Hidrogeológica. **Este sistema facilita el registro, actualización y visualización de datos en tiempo real,** promoviendo la descentralización del conocimiento y el acceso equitativo a la información por parte de instituciones, usuarios y comunidades. Su implementación representa un salto cualitativo hacia una gestión más moderna, transparente y participativa de las aguas subterráneas en Panamá.

**La actualización del Mapa Hidrogeológico** de Panamá marca un avance sustantivo respecto a versiones anteriores. **Se incorporaron criterios técnicos actuales para la clasificación de unidades hidrogeológicas,** se mejoró la resolución cartográfica y se alinearon sus elementos con estándares internacionales. Este producto permite interpretar con mayor precisión el comportamiento del subsuelo, y constituye un insumo esencial para la gestión técnica y normativa del agua subterránea.

**El mapa nacional de recarga** potencial hídrica permitió identificar las zonas con mayor capacidad natural para la infiltración de agua de lluvia. Esta herramienta resulta clave para la protección de áreas estratégicas, la delimitación de zonas sensibles y la orientación de políticas de uso del suelo. El análisis multicriterio aplicado integró doce variables ambientales, hidrogeológicas y climáticas, generando una clasificación en cinco categorías que reflejan las diferencias naturales en la capacidad del terreno para contribuir a la recarga de los acuíferos.

**La identificación preliminar** de zonas con indicios de intrusión marina en áreas costeras representa un aporte clave para anticipar riesgos de salinización. Si bien se trata de un primer esfuerzo exploratorio, los resultados constituyen una **base útil para priorizar estudios adicionales y diseñar estrategias de protección en regiones** donde el agua subterránea cumple un rol estratégico para el abastecimiento humano y productivo.

**La zonificación del potencial acuífero** para tres rangos de profundidad permitió visualizar la distribución espacial de las condiciones hidrogeológicas favorables en el sector Pacífico del país. **Esta herramienta contribuye a identificar posibles fuentes de abastecimiento futuro** y apoyar la planificación del uso del recurso en función de su accesibilidad, calidad y sostenibilidad.

**El análisis del potencial de recarga** renovable mediante un enfoque de balance hídrico a escala de cuenca constituyó el primer esfuerzo en estimar cuantitativamente el volumen de agua subterránea disponible a nivel nacional. **Esta información permite evaluar la viabilidad técnica para nuevas concesiones** y fortalecer la base técnica para el ordenamiento de usos, particularmente en zonas con presión creciente sobre el recurso.

**El manual técnico de perforación** de pozos representa un paso esencial hacia la estandarización de criterios y la profesionalización de las actividades en la construcción de captaciones de agua subterránea. La definición de buenas prácticas y lineamientos operativos mejora la calidad de los datos recolectados, reduce la variabilidad técnica entre instituciones y contribuye a una gestión más segura, eficiente y sostenible del recurso hídrico subterráneo.

**El análisis económico** aplicado a las tres Áreas Acuíferas Prioritarias evidenció que las ineficiencias en la asignación actual del recurso hídrico subterráneo generan pérdidas económicas sustanciales, aunque por diferentes causas. **En el Área Acuífera de Azuero, el volumen de extracción excede el nivel óptimo,** lo que provoca una sobreexplotación innecesaria que, aunque no compromete el límite máximo de explotación reduce significativamente los beneficios económicos, con una pérdida del 92 % del potencial estimado. **En cambio, en las regiones del Pacífico Occidental y Pacífico Central, la extracción actual está por debajo del nivel óptimo,** desaprovechando oportunidades de desarrollo productivo, con pérdidas del 59 % y 31 % del potencial de beneficios, respectivamente. Estos resultados refuerzan la necesidad de incorporar criterios económicos, además de técnicos y ambientales, para avanzar hacia una gestión más eficiente, equitativa y sustentable del agua subterránea.

**La zonificación del potencial** para proyectos de gestión de recarga de acuíferos (GRA) proporciona una línea base técnica para evaluar, en el futuro, la viabilidad de este tipo de intervenciones. Si bien el actual estado del conocimiento no justifica aún su ejecución, **la metodología aplicada permite anticipar posibles escenarios de presión hídrica** y planificar estratégicamente en función de condiciones naturales, climáticas y técnicas. **Esta herramienta debe ser activada en etapas posteriores, cuando el monitoreo y el conocimiento permitan sustentar su aplicación con criterios robustos.**

**Los modelos hidrogeológicos de flujo** desarrollados para las tres áreas prioritarias constituyen una base técnica robusta para representar el comportamiento de los acuíferos y anticipar escenarios de presión futura. **Su principal valor radica en transformar información dispersa en una herramienta integrada de análisis, capaz de sustentar decisiones estratégicas en torno a la asignación, conservación y explotación racional del agua subterránea.** A partir de estos modelos fue posible cuantificar con precisión los principales componentes del balance hidrológico subterráneo en cada región, destacando la relevancia de la recarga directa por precipitación y las salidas hacia sistemas hídricos superficiales. **En el Pacífico Central,** por ejemplo, **la recarga media mensual fue de 336.3 millones de m³,** mientras que las salidas hacia cursos superficiales alcanzaron los 328.7 millones de m³, y la extracción por pozos promedió 5.2 millones de m³ por mes. **En Azuero, las salidas a sistemas superficiales representaron más del 97 % del total de la recarga,** lo que evidencia la fuerte dependencia entre el acuífero y el caudal de los ríos; en esa región, la recarga mensual fue de 164.0 millones de m³, las extracciones alcanzaron los 3.0 millones de m³ y el volumen excedente fue de apenas 0.6 millones de m³. **En el Pacífico Occidental, con una recarga promedio mensual de 451.1 millones de m³,** las salidas por cursos superficiales fueron de 442.9 millones de m³ y las extracciones por pozos alcanzaron los 3.7 millones de m³, dejando un excedente aproximado de 1.5 millones de m³ por mes. Estos valores representan el límite máximo teórico de extracción mensual que podría sostenerse sin comprometer el equilibrio del sistema, aunque deben ser considerados con precaución y validados en estudios locales más detallados. Otro hallazgo clave del análisis de estos balances obtenidos por el modelo matemático, es la marcada estacionalidad en la recarga: mientras que en la estación seca los aportes al sistema son mínimos, entre mayo y diciembre se concentra la mayor recarga, lo cual refuerza la importancia de incorporar dinámicas temporales en la planificación del uso del recurso. Todos estos datos se derivan de simulaciones realizadas para el periodo comprendido entre enero de 1991 y diciembre de 2020, y muestran cómo este tipo de análisis puede extenderse a escalas temporales específicas, años, décadas, estaciones e incluso a proyecciones futuras, considerando escenarios de cambio climático, ya que los modelos incorporan pronósticos meteorológicos. En conjunto, estos resultados refuerzan la importancia de la modelación matemática como herramienta indispensable para gestionar el agua subterránea con criterios técnicos, ambientales y económicos.

**El inventario de acuíferos** elaborado durante el estudio ofrece una primera aproximación sistemática para identificar y caracterizar las principales unidades hidrogeológicas del país. Si bien se limita a aquellas zonas con mejor disponibilidad de datos, **constituye una base estructurada que podrá ser ampliada a medida que se generen nuevas campañas de exploración y se activen las redes de monitoreo.** Este esfuerzo inicial permite avanzar hacia una visión integrada, ordenada y coherente de los sistemas acuíferos de Panamá, sentando las bases para una gestión territorial más estratégica y responsable.

NIPPON KOEI
LATIN AMERICA - CARIBBEAN

# 06. Recomendaciones

# Este estudio **constituye**

el primer esfuerzo integral orientado a **consolidar el conocimiento hidrogeológico del territorio panameño** y establecer los cimientos para una gestión moderna, integrada y sostenible del recurso hídrico subterráneo. Para asegurar su implementación efectiva y potenciar sus alcances en el futuro, se proponen a continuación una serie de recomendaciones estratégicas.

**Se recomienda** actualizar los productos cartográficos base del país, en particular el mapa geológico, **el mapa geomorfológico y el mapa de textura de suelos, preferentemente a escalas más detalladas.** Estos productos son esenciales para mejorar la precisión de futuras versiones del mapa hidrogeológico nacional y permitir una mejor delimitación y caracterización de las unidades acuíferas. En paralelo, debe avanzarse en la caracterización hidrogeológica de regiones con escasa información, como el Caribe panameño y el Darién, donde la ausencia de datos limita la identificación de sistemas acuíferos y su posterior evaluación.

**El fortalecimiento institucional** debe centrarse en la **implementación sostenida de redes de monitoreo hidrogeológico,** la actualización periódica de la base de datos nacional y el uso sistemático de criterios técnicos homologados. Esto implica no solo la inversión en equipamiento y sistemas, sino también en la **formación de personal idóneo para la exploración, evaluación, análisis y otorgamiento de concesiones de agua subterránea.** Se debe promover el uso de formularios técnicos adecuados para la captura estandarizada de información hidrogeológica en los procesos administrativos, permitiendo retroalimentar y actualizar los productos generados.

**Es necesario institucionalizar** el uso del SNIH como plataforma oficial del Ministerio de Ambiente, garantizando su mantenimiento técnico y su integración con otras bases de datos nacionales. La consolidación de este sistema, junto con la capacitación en su uso, **facilitará el acceso a información actualizada, fortalecerá los procesos de planificación** y mejorará la eficiencia de la gestión pública y privada del recurso.

**El inventario de acuíferos** y la cartografía de zonificación del **potencial hídrico** deben ser adoptados formalmente como referencias oficiales por las entidades rectoras, incluyendo la validación de los nombres, límites y coordenadas de cada unidad hidrogeológica. Este proceso debe realizarse en articulación con los organismos técnicos del Estado y **orientarse hacia la construcción de una base normativa y operativa común para la protección, planificación y uso del recurso hídrico subterráneo.**

**Se recomienda** avanzar en el diseño de mecanismos económicos que **fomenten el uso eficiente del agua subterránea,** incluyendo esquemas de tarifas, incentivos o compensaciones, en línea con los principios de equidad, sostenibilidad y eficiencia.

**El Manual de Perforación** de Pozos presentado en este estudio debe ser adoptado como instrumento técnico nacional. **Su implementación contribuirá a estandarizar procedimientos,** mejorar la calidad de los datos recolectados y reducir la dispersión de criterios entre instituciones, operadoras y consultores.

**Algunos de los productos desarrollados,** como los mapas de recarga potencial, de potencial acuífero, de intrusión marina y la zonificación para gestión de recarga de acuíferos, deben ser considerados como aproximaciones iniciales. **Su mejora dependerá de la incorporación de mayor volumen de información proveniente de estudios locales, nuevas perforaciones y el funcionamiento efectivo de redes de monitoreo.**

**La actualización periódica** de los modelos conceptuales y numéricos debe ser una prioridad para alcanzar una mayor precisión y confiabilidad en el diagnóstico hidrogeológico. Si bien los modelos desarrollados en este estudio se construyeron a partir de datos reales disponibles, la cantidad, calidad y distribución espacio-temporal de dicha información fue limitada. **Por ello, resulta fundamental avanzar en la recolección sistemática de datos empíricos,** especialmente niveles piezométricos, caudales de base, parámetros hidráulicos y datos hidroquímicos, que permitan alimentar y refinar estos modelos. La incorporación de información más representativa y continua en el tiempo fortalecerá la capacidad predictiva de los modelos y mejorará su utilidad para la toma de decisiones en escenarios de planificación, gestión del recurso y adaptación al cambio climático.

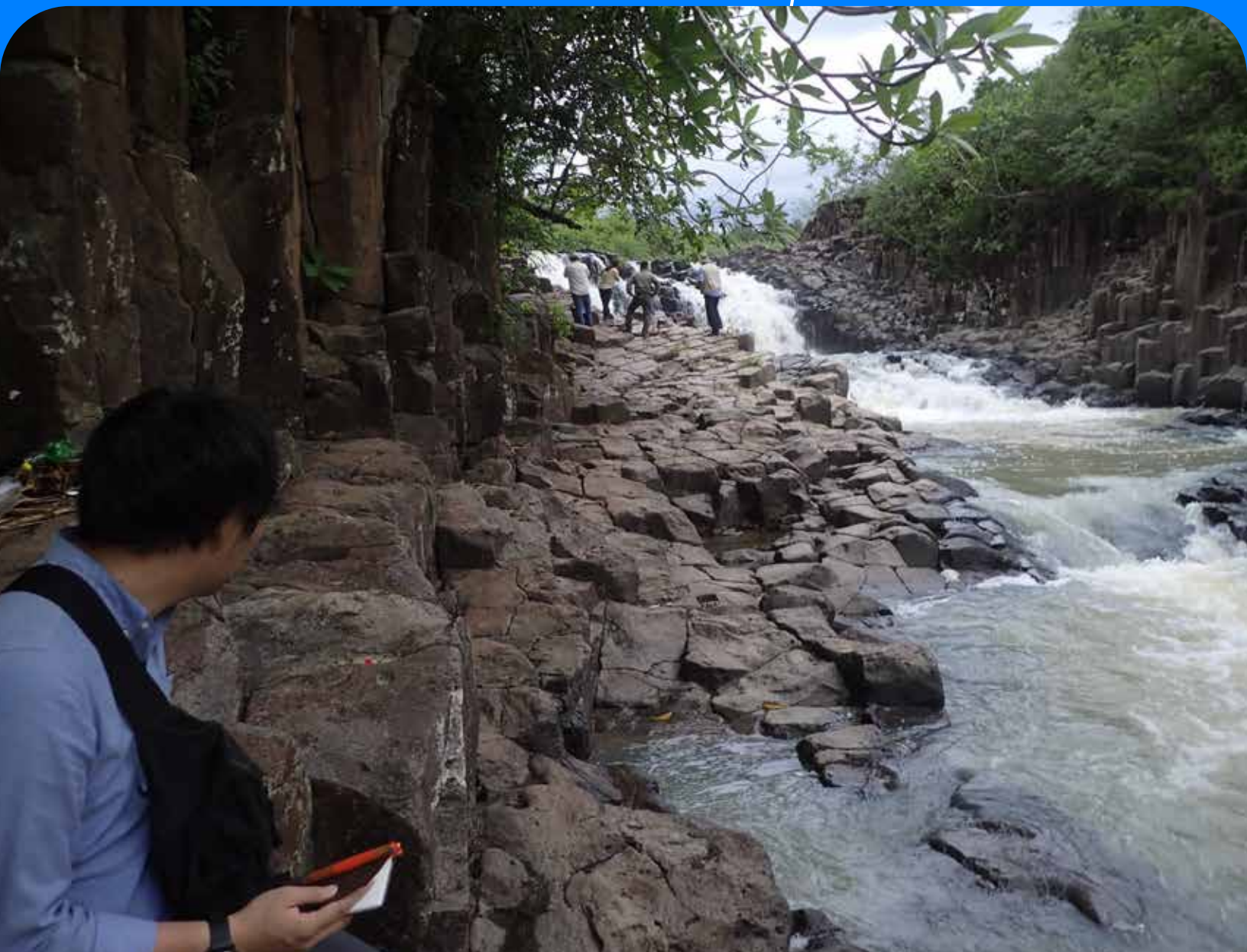
**Se alienta la incorporación** del conocimiento generado por este estudio en la agenda académica nacional, a través de tesis de grado, maestría y doctorado, en articulación con universidades e institutos de investigación. **Esta estrategia favorecerá la construcción sostenida de capacidades locales, la generación de nuevo conocimiento y la continuidad del proceso iniciado.**

**En futuras fases,** la aplicación de metodologías complementarias como el **uso de trazadores ambientales,** en particular isótopos estables, podría enriquecer sustancialmente la comprensión del funcionamiento de los acuíferos, sus tiempos de residencia, zonas de recarga y dinámicas de mezcla, **fortaleciendo la base científica de la toma de decisiones.**

**Finalmente, este estudio** debe ser entendido como un punto de partida. Su verdadero valor se expresará en la medida en que sus recomendaciones sean adoptadas y sus productos alimentados, validados y mejorados a lo largo del tiempo, en función de un esfuerzo continuo, articulado y técnicamente fundamentado para la gestión sostenible de las aguas subterráneas en Panamá.

NIPPON KOEI
LATIN AMERICA - CARIBBEAN

# 07.
# Referencias **bibliográficas**



Comité de Alto Nivel de Seguridad Hídrica. (2016). Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015- 2050: Agua para Todos.

Consorcio NK–NKLAC. (2024). Estudio de prospección, evaluación y exploración de aguas subterráneas de la República de Panamá. Ministerio de Ambiente.

ETESA. (1999). Mapa Hidrogeológico de Panamá.

Naciones Unidas. (2018). Agenda 2030 y ODS: América Latina y el Caribe.

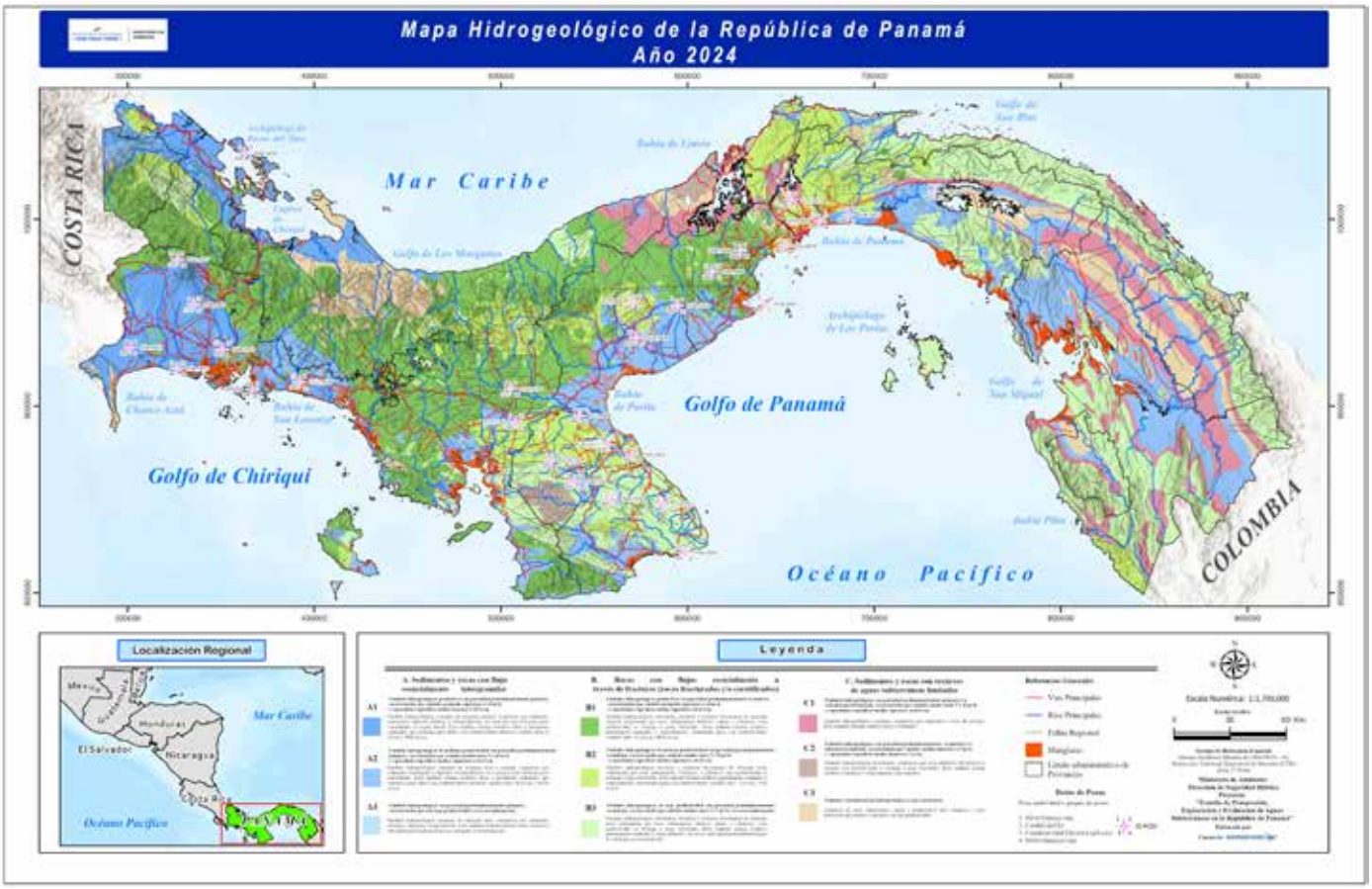
Senthilkumar, M., Gnanasundar, D., & Arumugam, R. (2019). Identifying groundwater recharge zones using remote sensing & GIS techniques in Amaravathi aquifer system, Tamil Nadu, South India. *Sustainable Environment Research, 29,* 1-9.

Zaidi, F. K., Nazzal, Y., Ahmed, I., Naeem, M., & Jafri, M. K. (2015). Identification of potential artificial groundwater recharge zones in Northwestern Saudi Arabia using GIS and Boolean logic. *Journal of African Earth Sciences, 111,* 156-169.

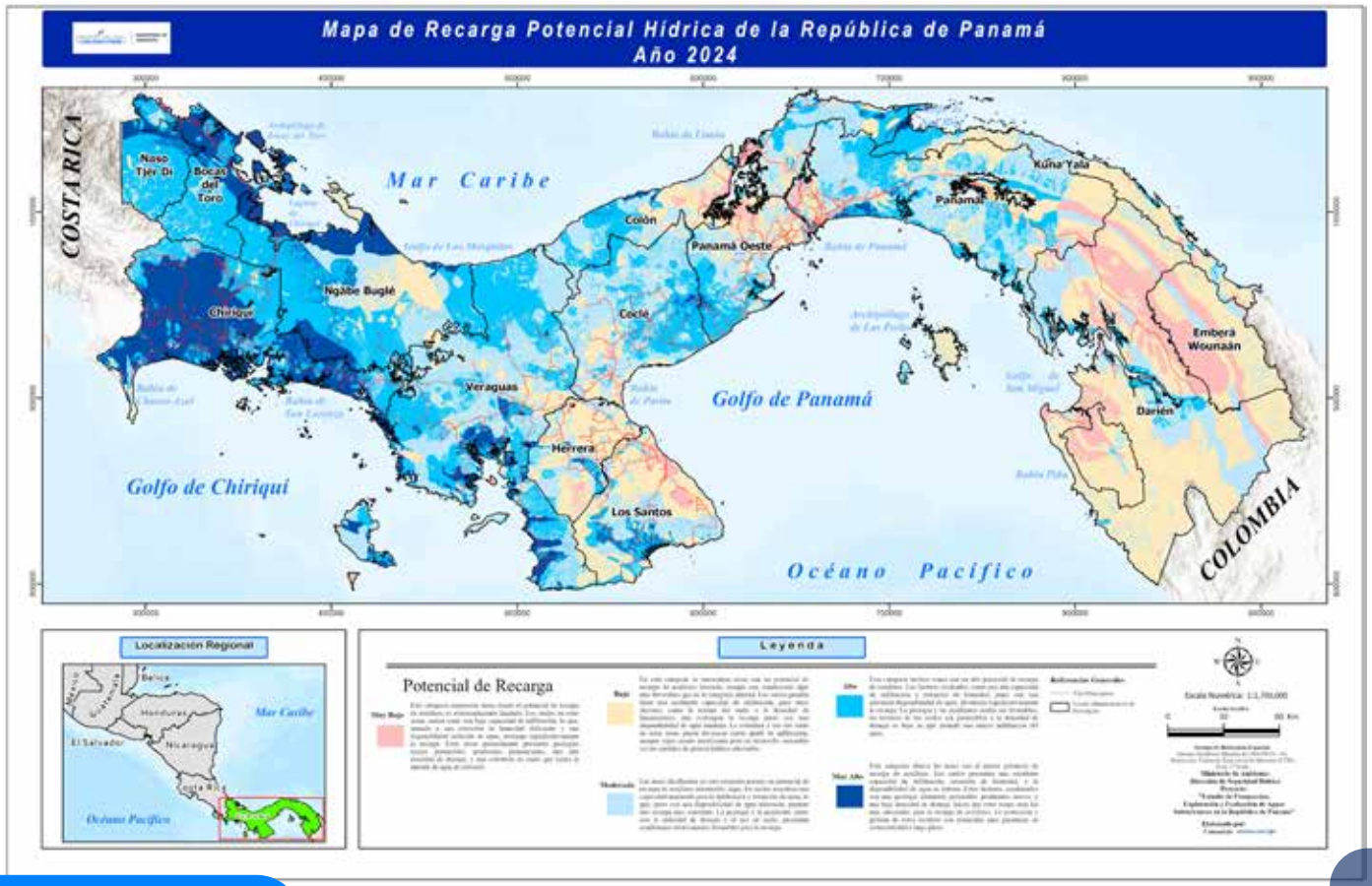
NIPPON KOEI
LATIN AMERICA - CARIBBEAN

# 08.
# Anexos

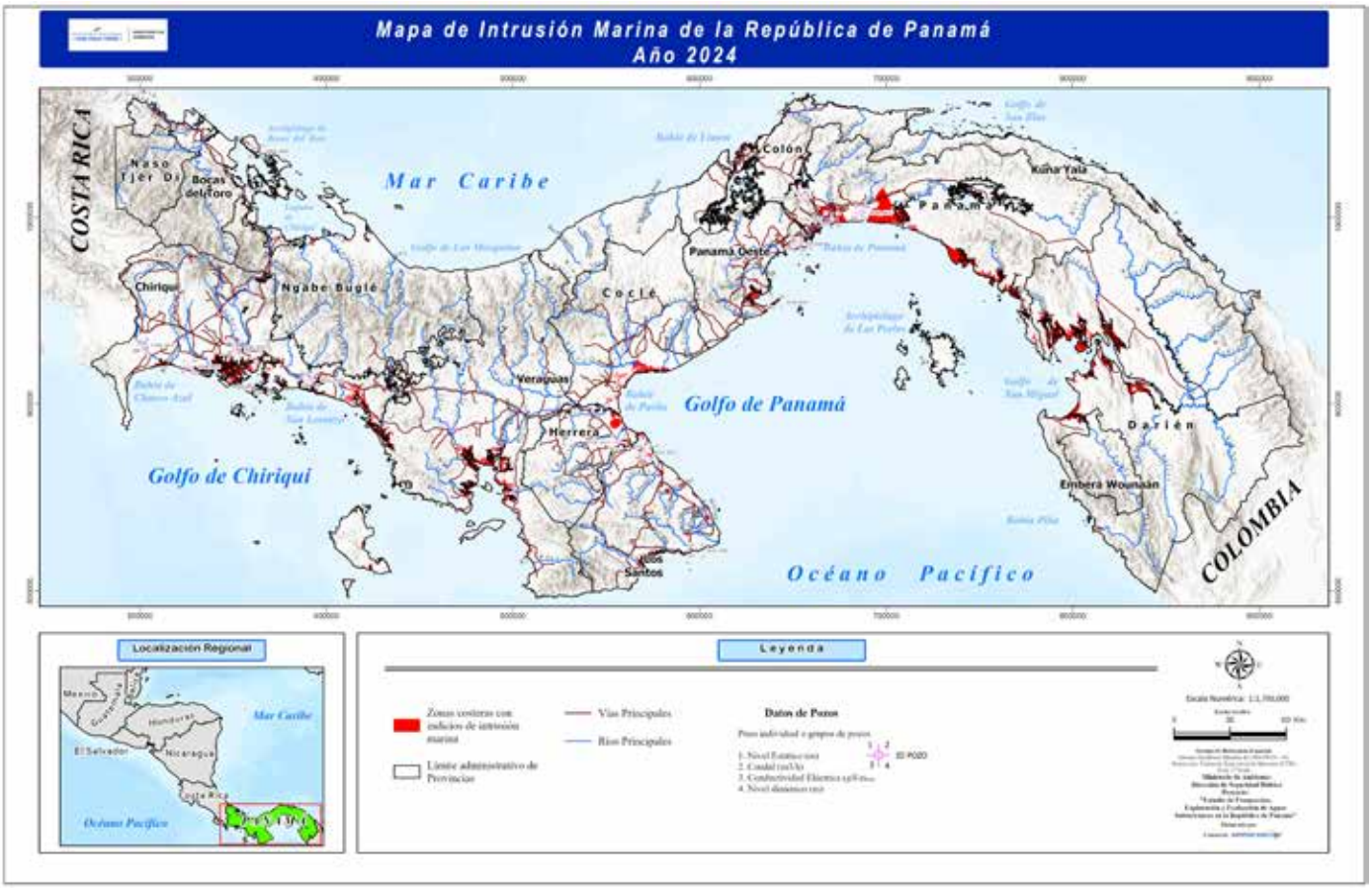
**Anexo A:** Mapa Hidrogeológico de la República de Panamá



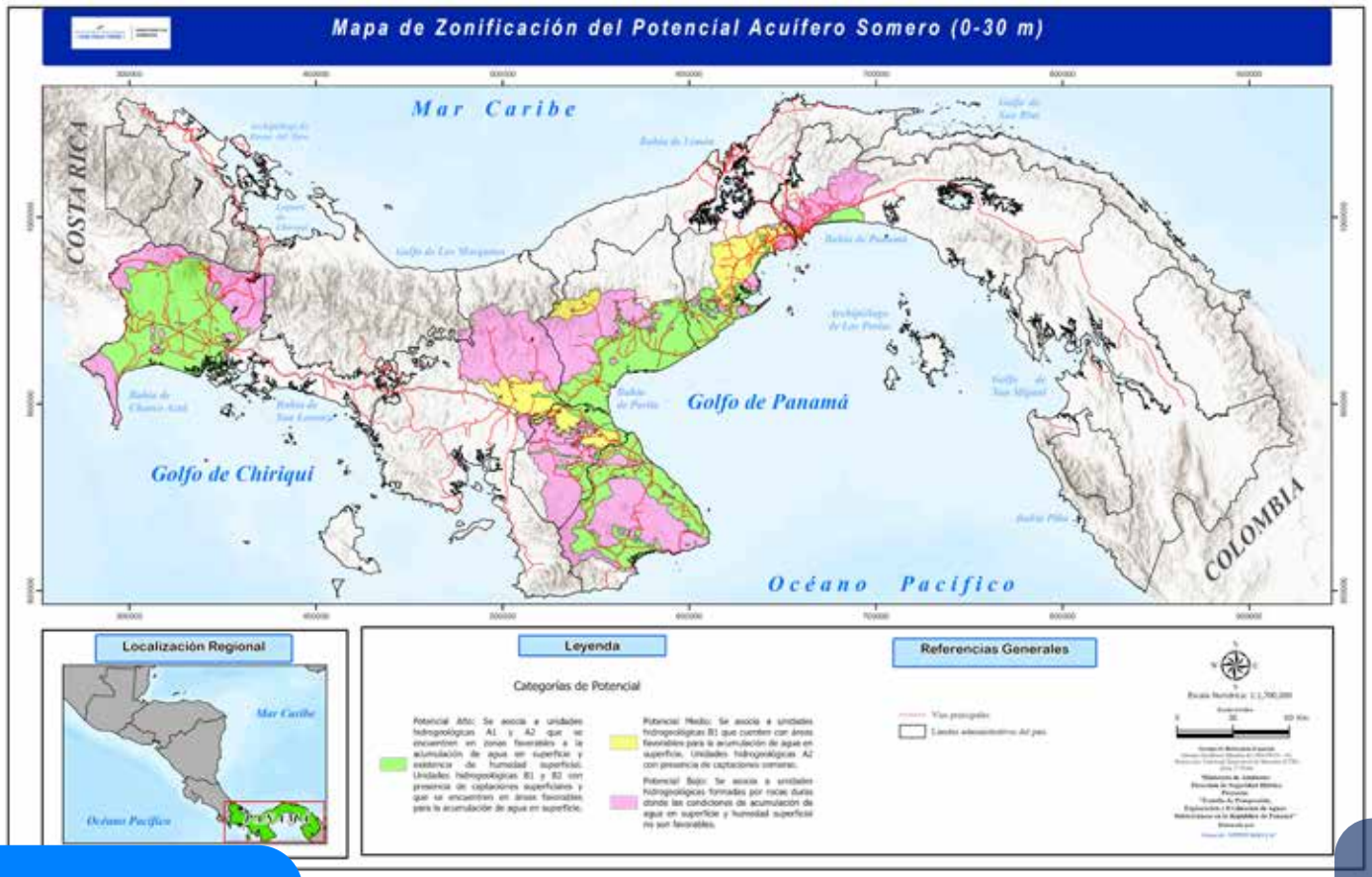

**Anexo B:** Mapa de Recarga Potencial Hídrica de la República de Panamá



**Anexo C** Mapa de Intrusión Marina de la República de Panamá

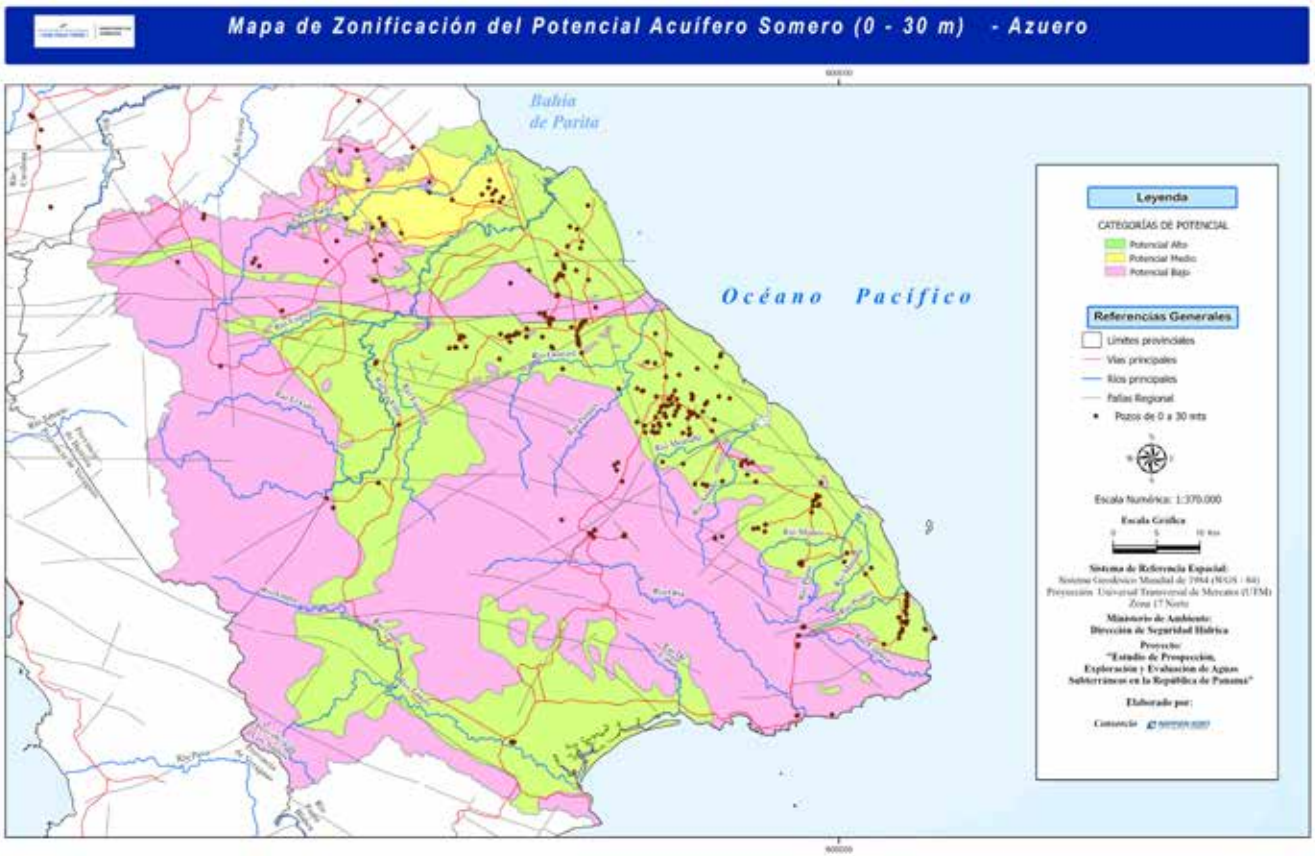



**Anexo D:** Mapas de Zonificación del Potencial Acuífero

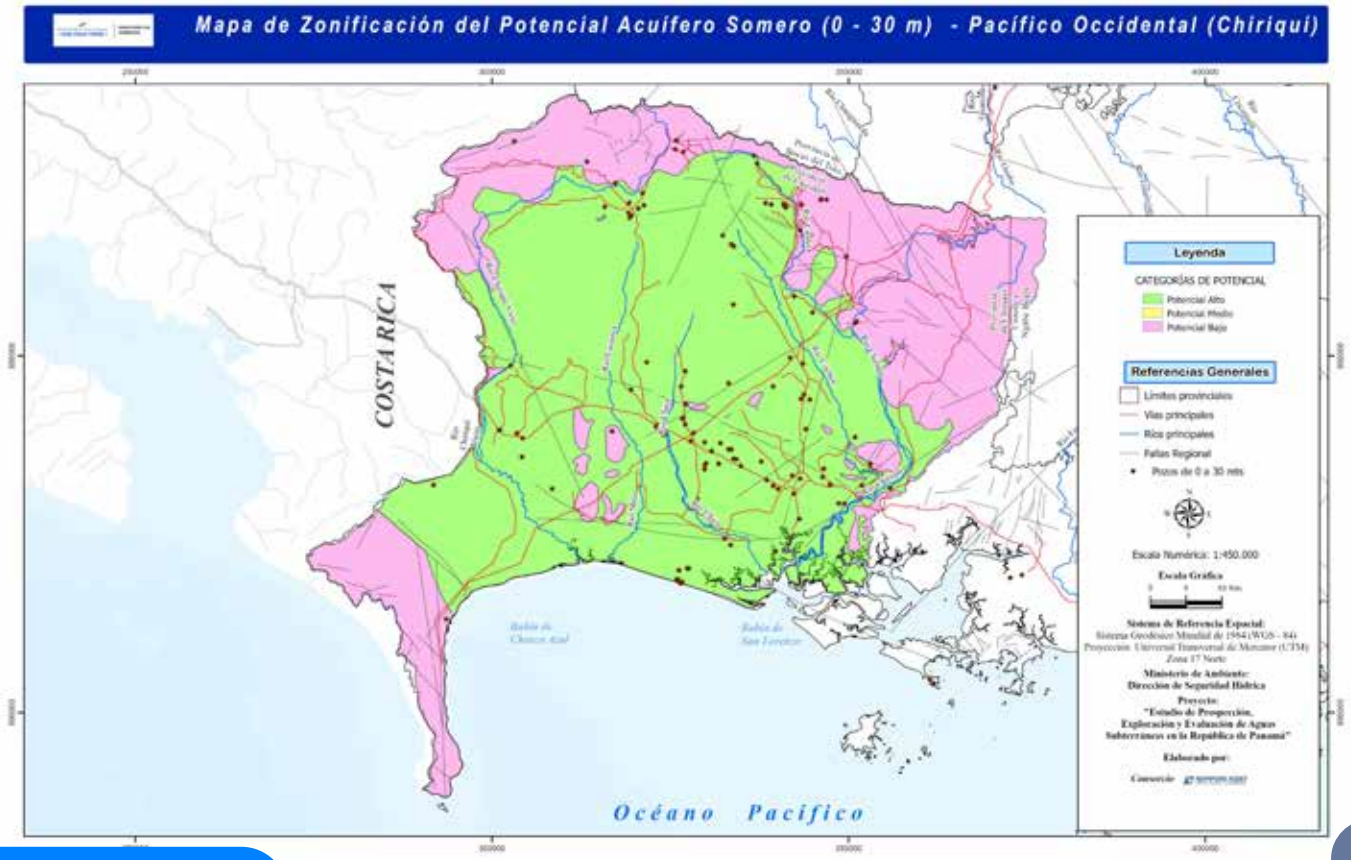


**1. Mapa de Zonificación del Potencial Somero (0-30 m)**

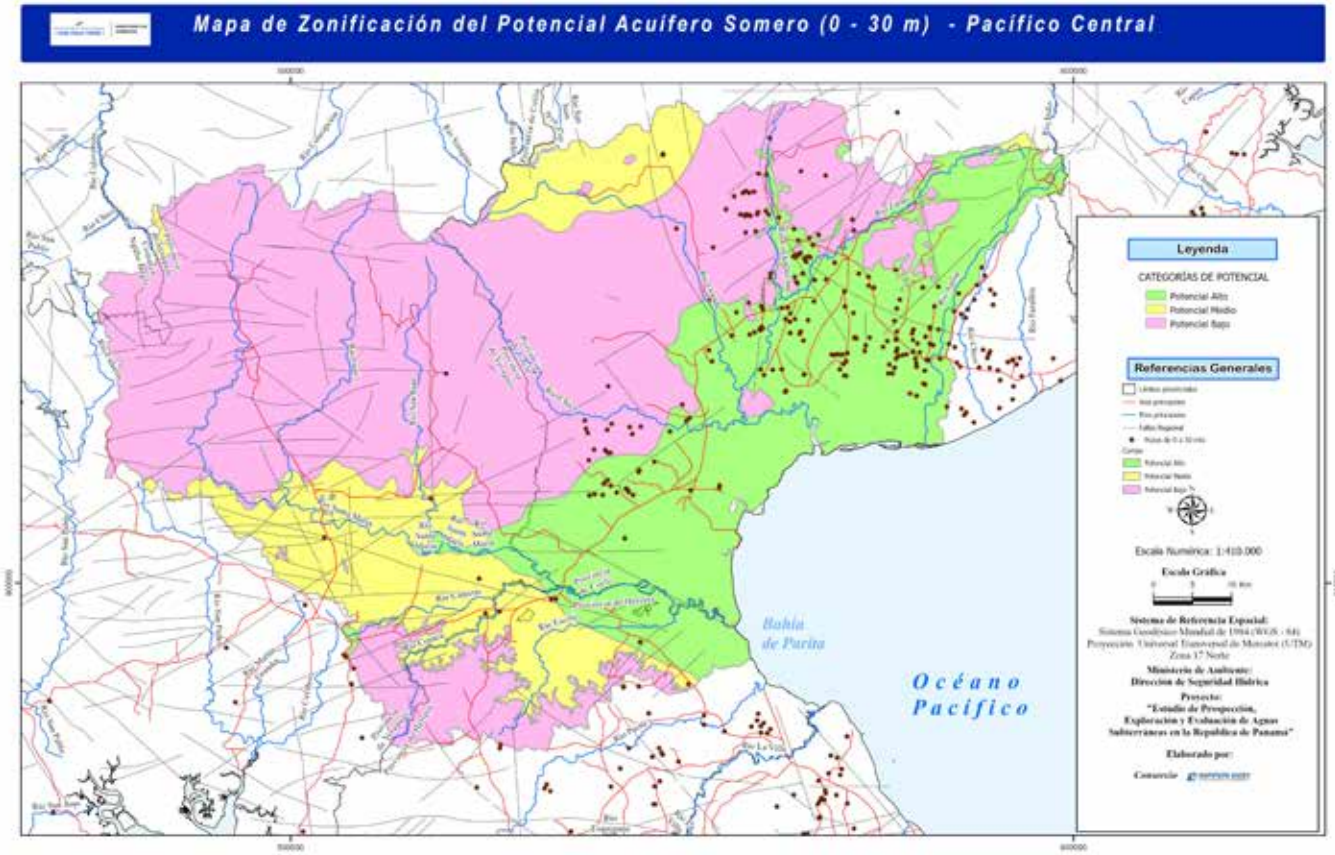
1. Mapa de zonificación del Potencial Acuífero Somero (0-30 m) – Azuero.



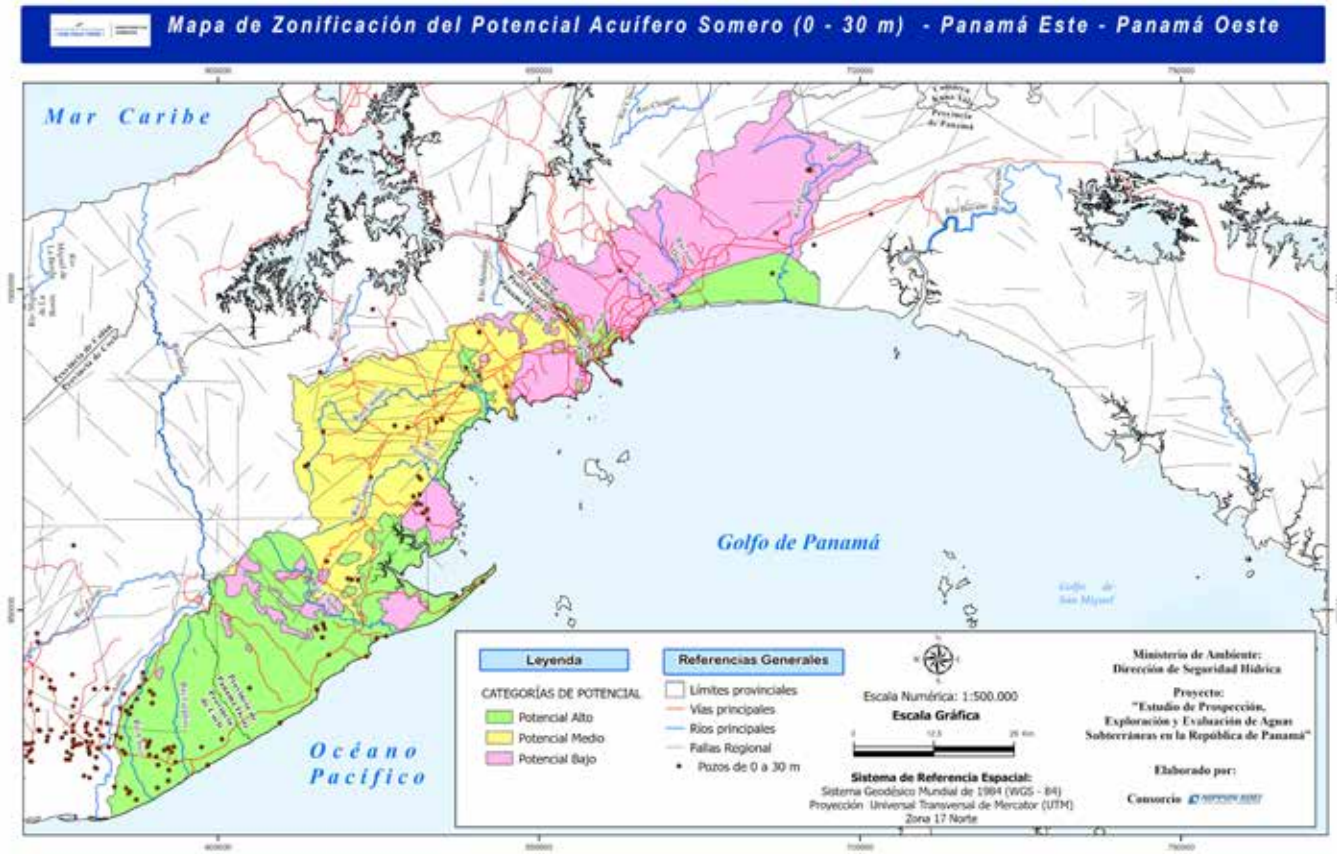

2. Mapa de zonificación del Potencial Acuífero Somero (0-30 m) – Pacífico occidental.



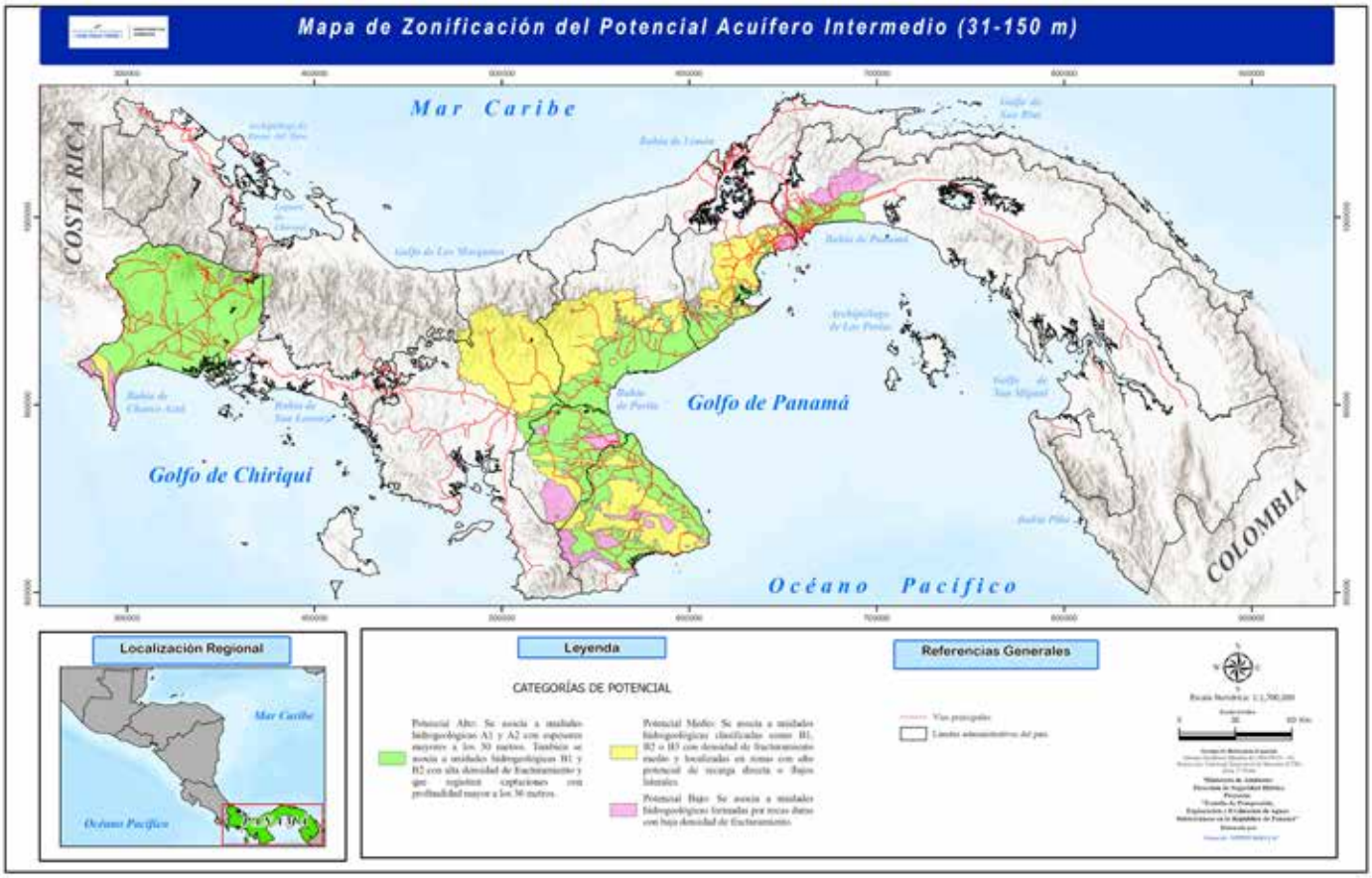
3. Mapa de zonificación del Potencial Acuífero Somero (0-30 m) – Pacífico Central.



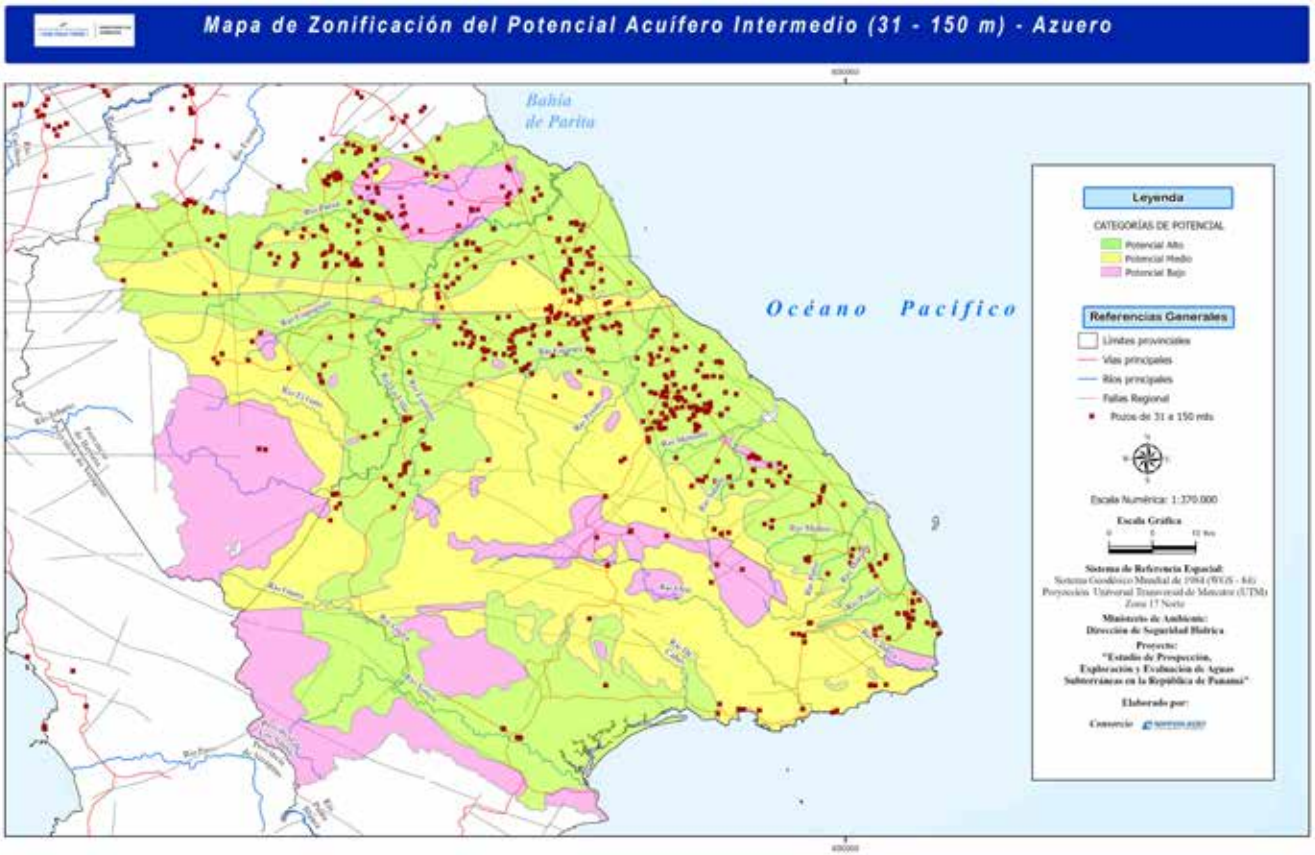

4. Mapa de zonificación del Potencial Acuífero Somero (0-30 m) – Panamá este – Panamá Oeste



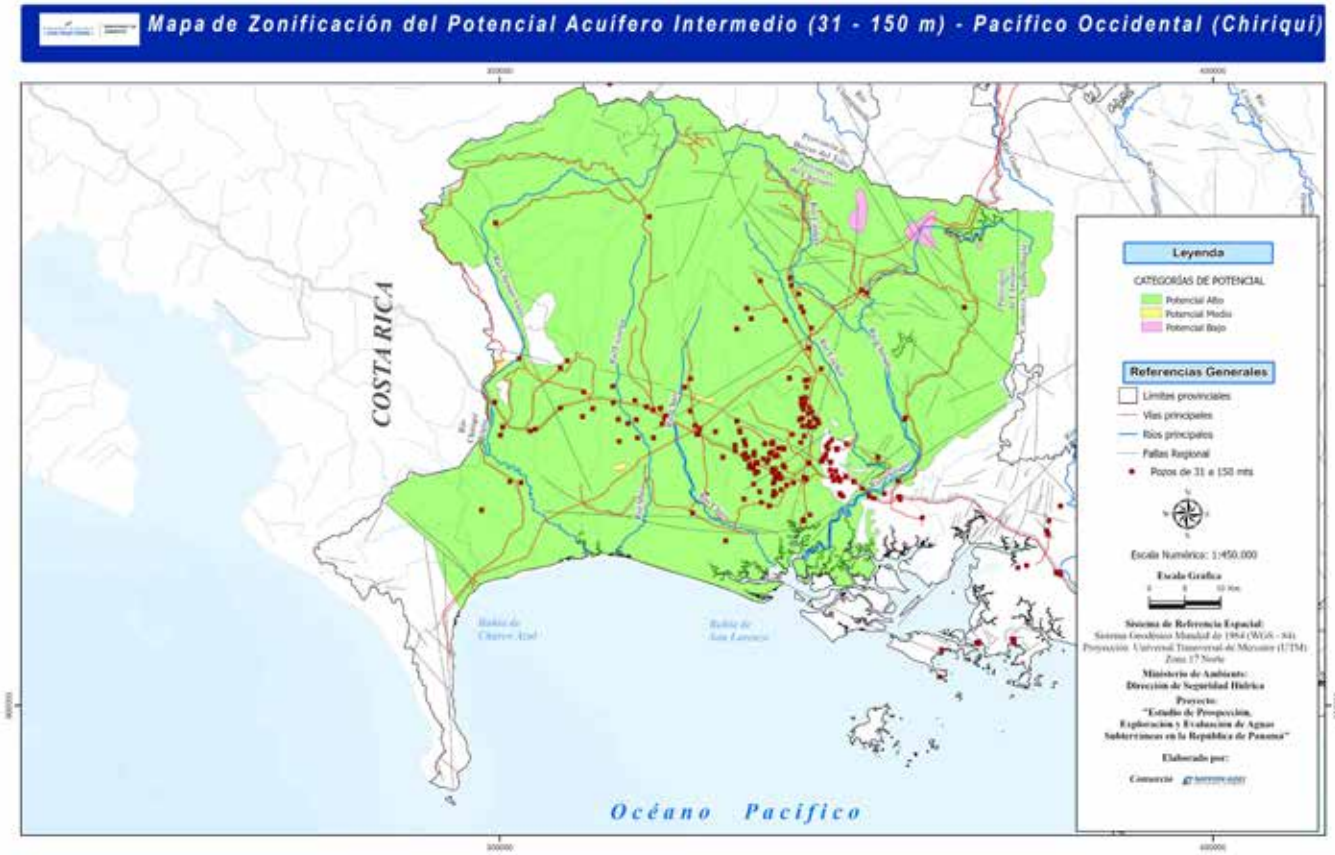
## 2. Mapa de Zonificación del Potencial Intermedio (31-150 m)



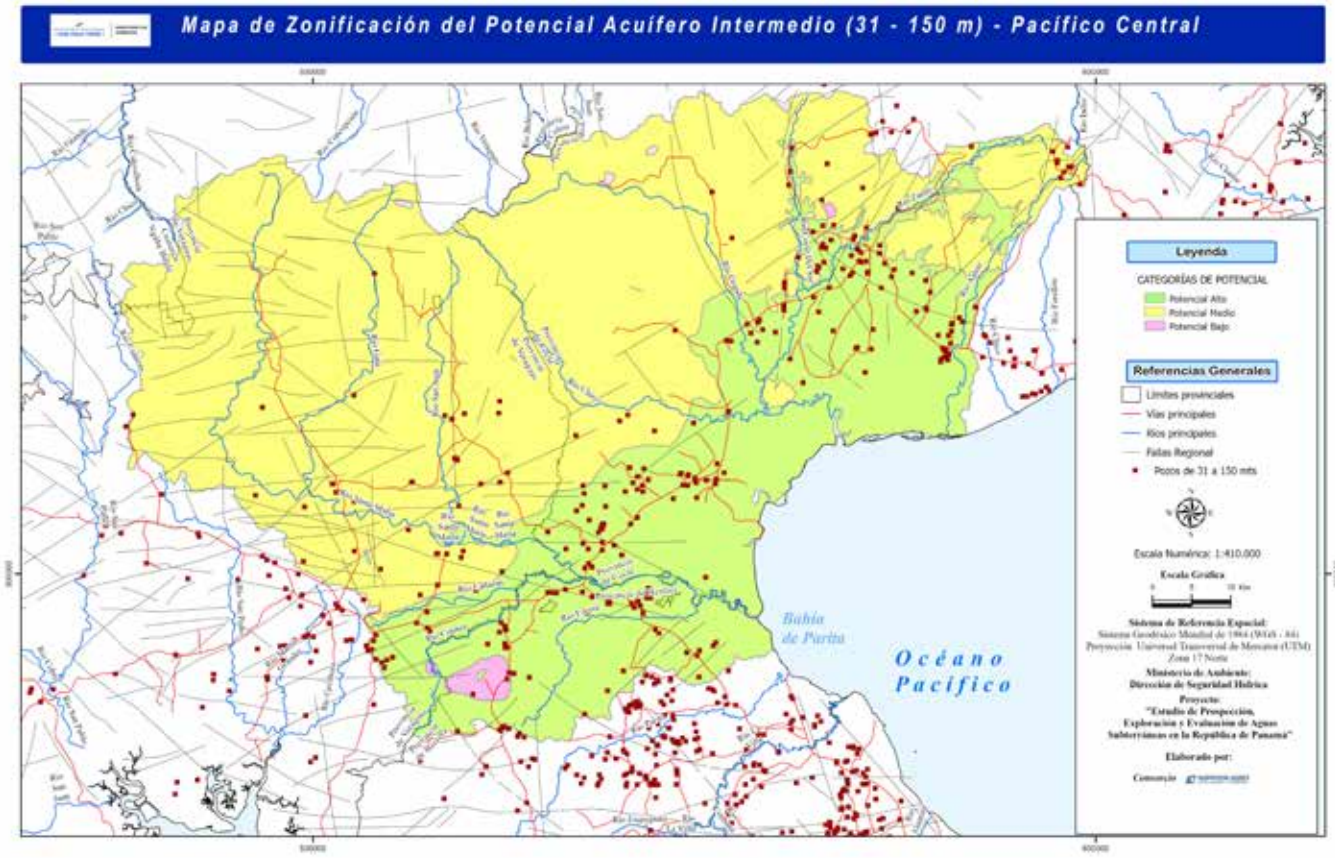

1. Mapa de zonificación del Potencial Acuífero Intermedio (31-150 m) – Azuero.



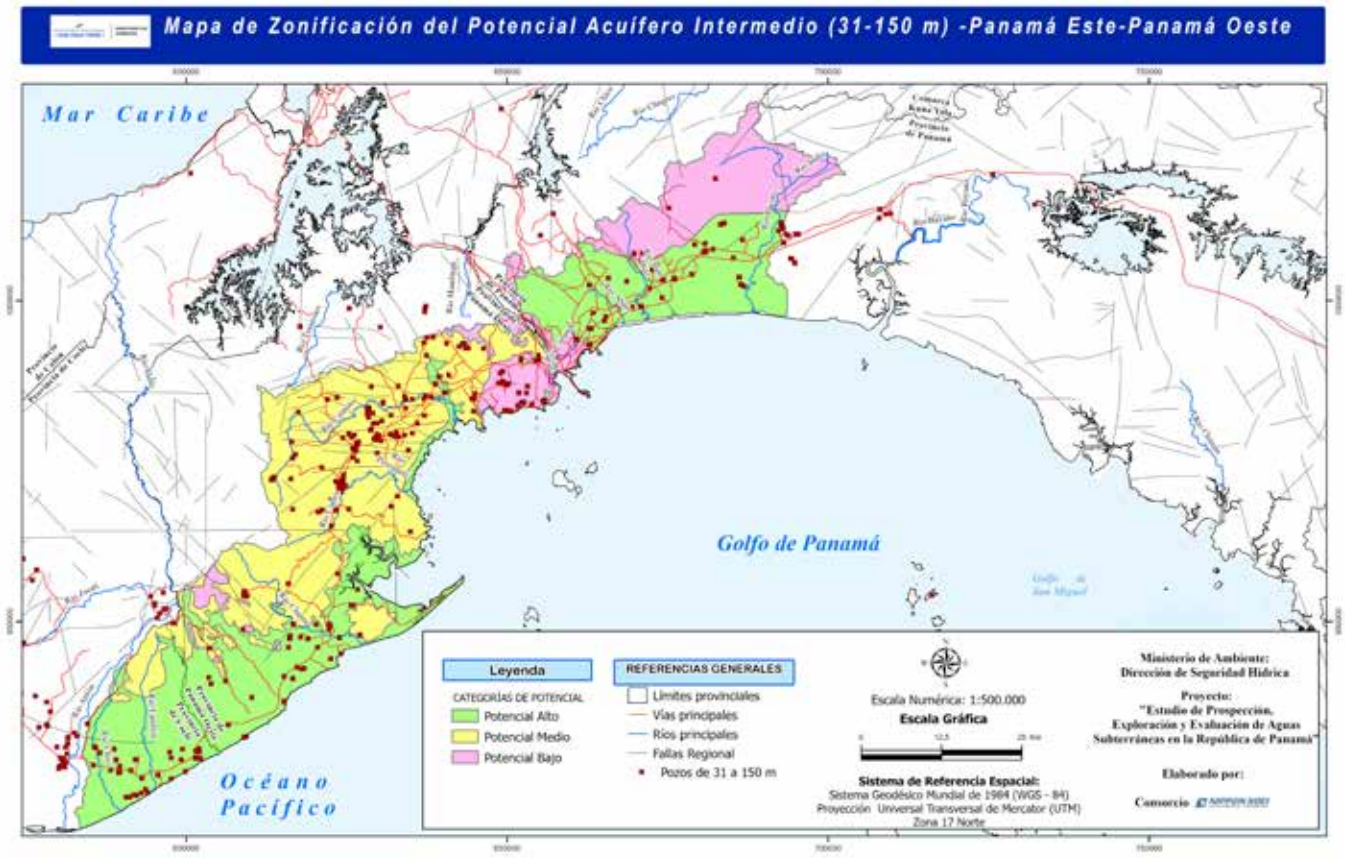
2. Mapa de zonificación del Potencial Acuífero Intermedio (31-150 m) – Pacífico occidental.



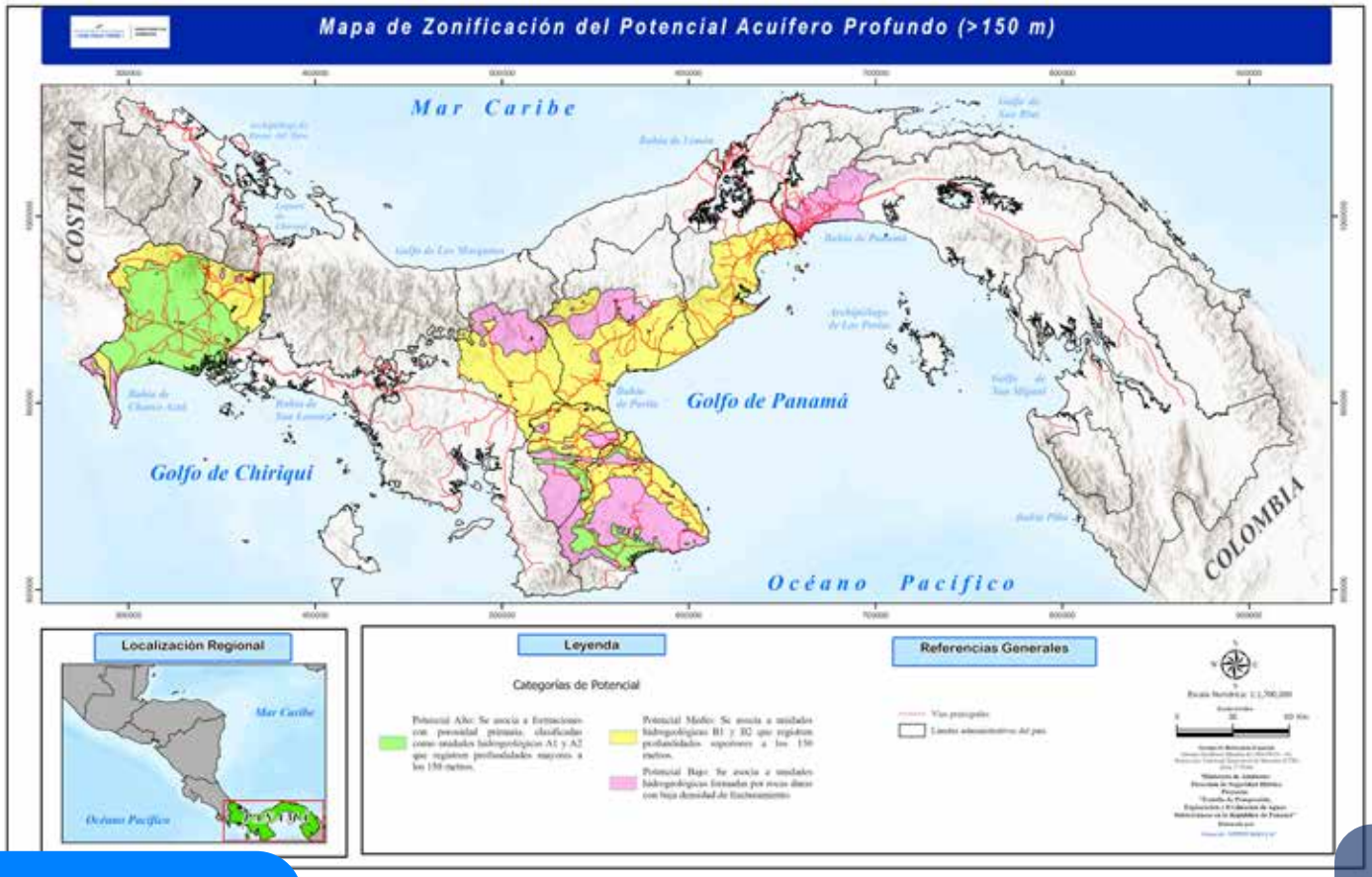

3. Mapa de zonificación del Potencial Acuífero Intermedio (31-150 m) – Pacífico Central.



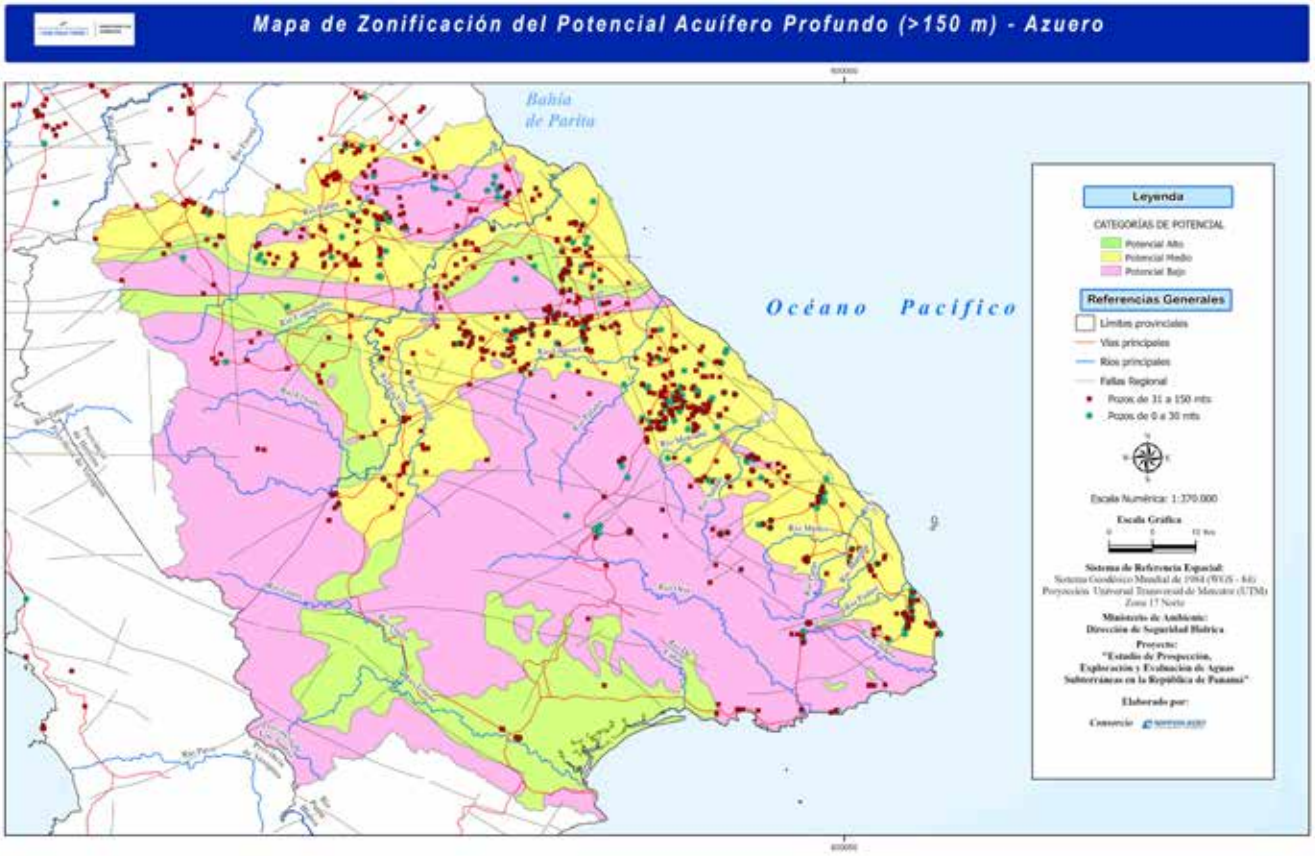
4. Mapa de zonificación del Potencial Acuífero Intermedio (31-150 m) – Panamá Este – Panamá Oeste.




**3. Mapa de Zonificación del Potencial Profundo (> 150 m)**

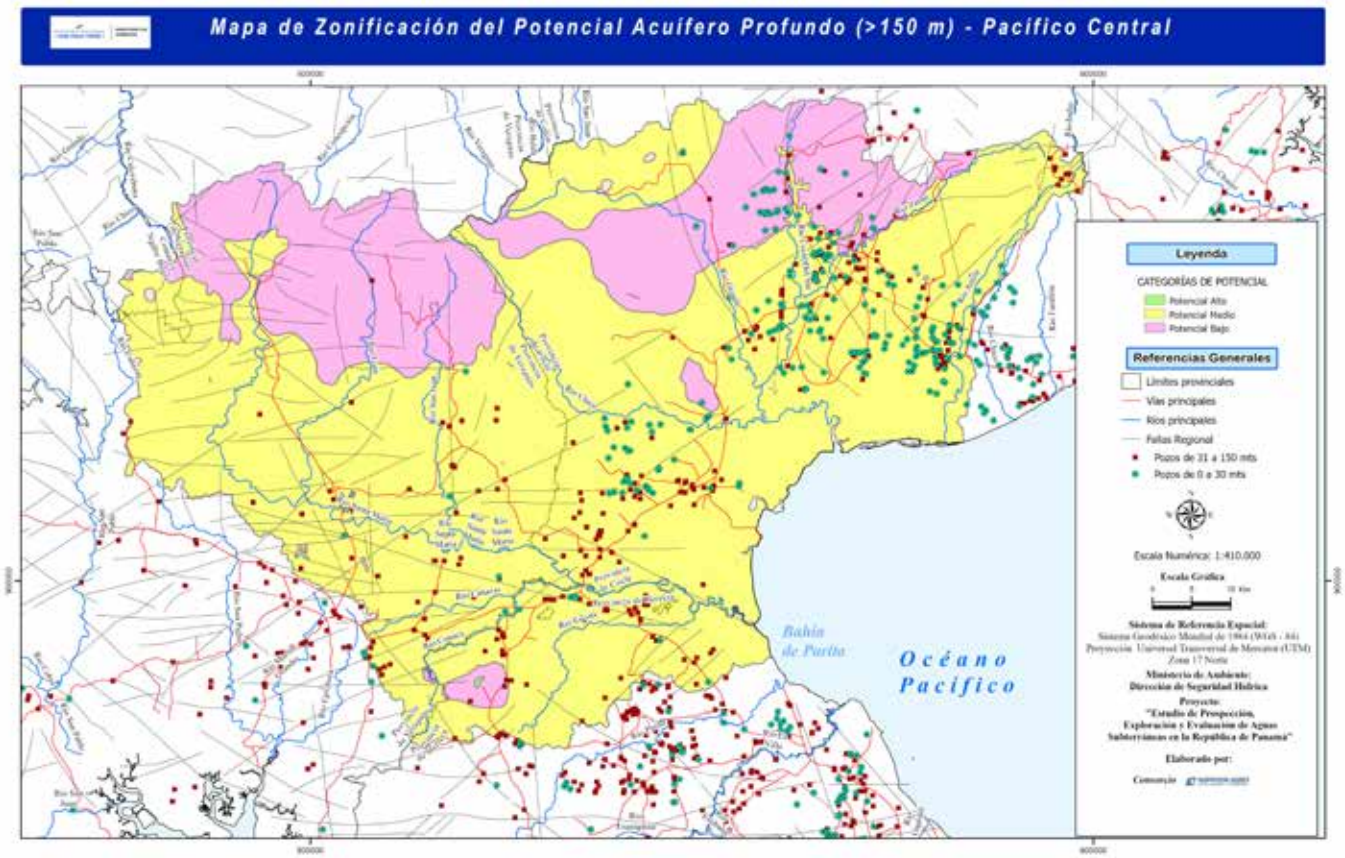


1. Mapa de zonificación del Potencial Acuífero Profundo (> 150 m) – Azuero.

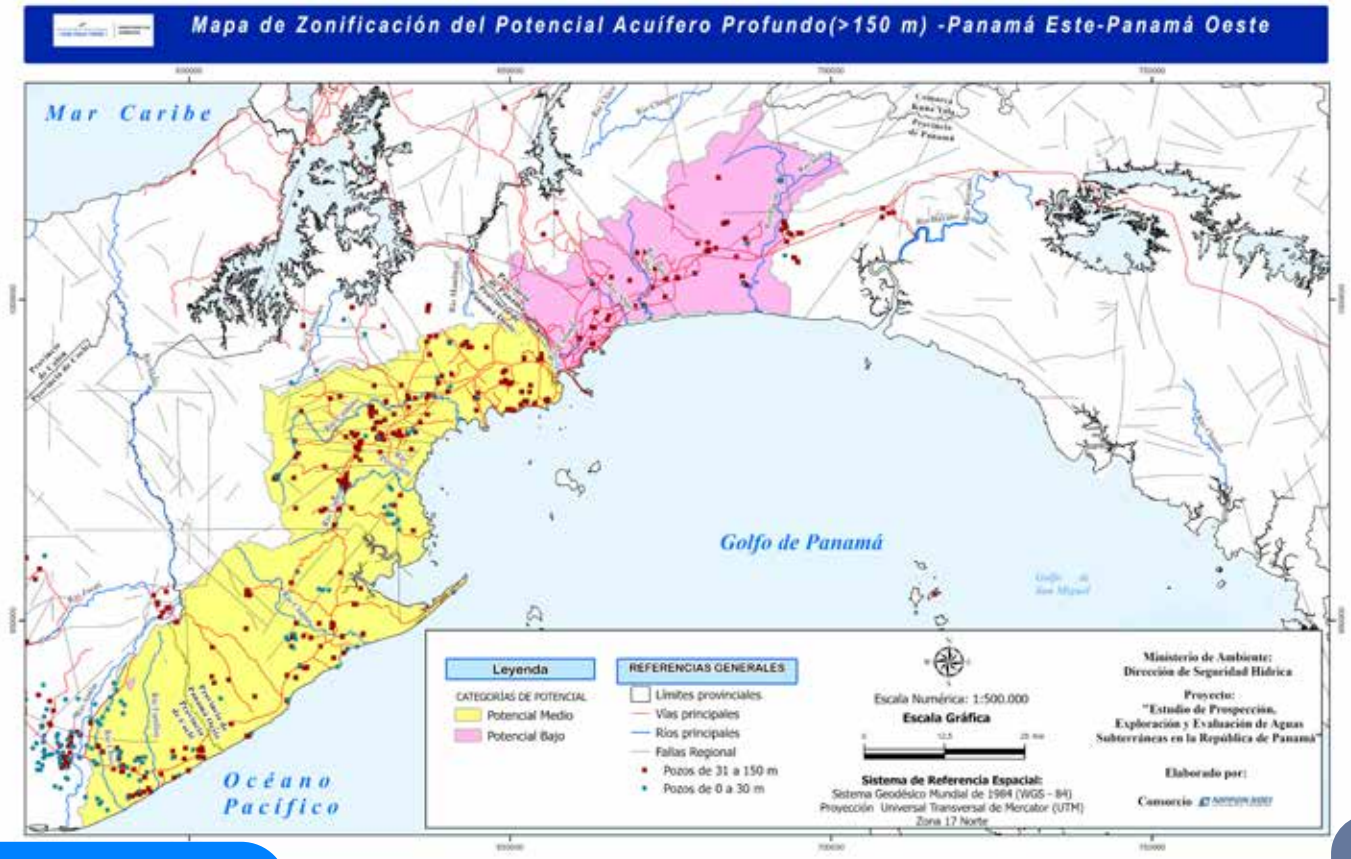



2. Mapa de zonificación del Potencial Acuífero Profundo (> 150 m) – Pacífico occidental.

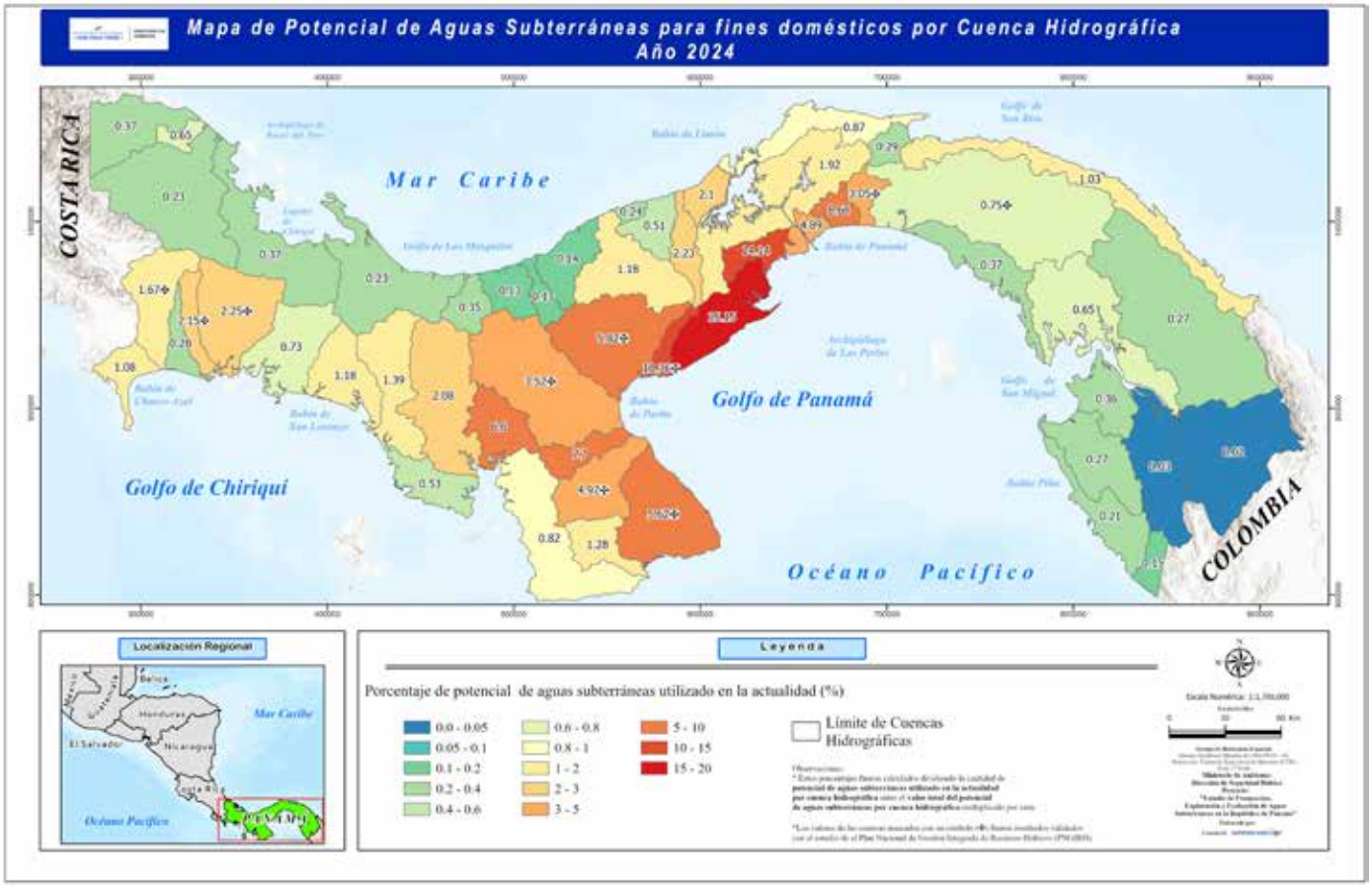
3. Mapa de zonificación del Potencial Acuífero Profundo (> 150 m) – Pacífico Central.



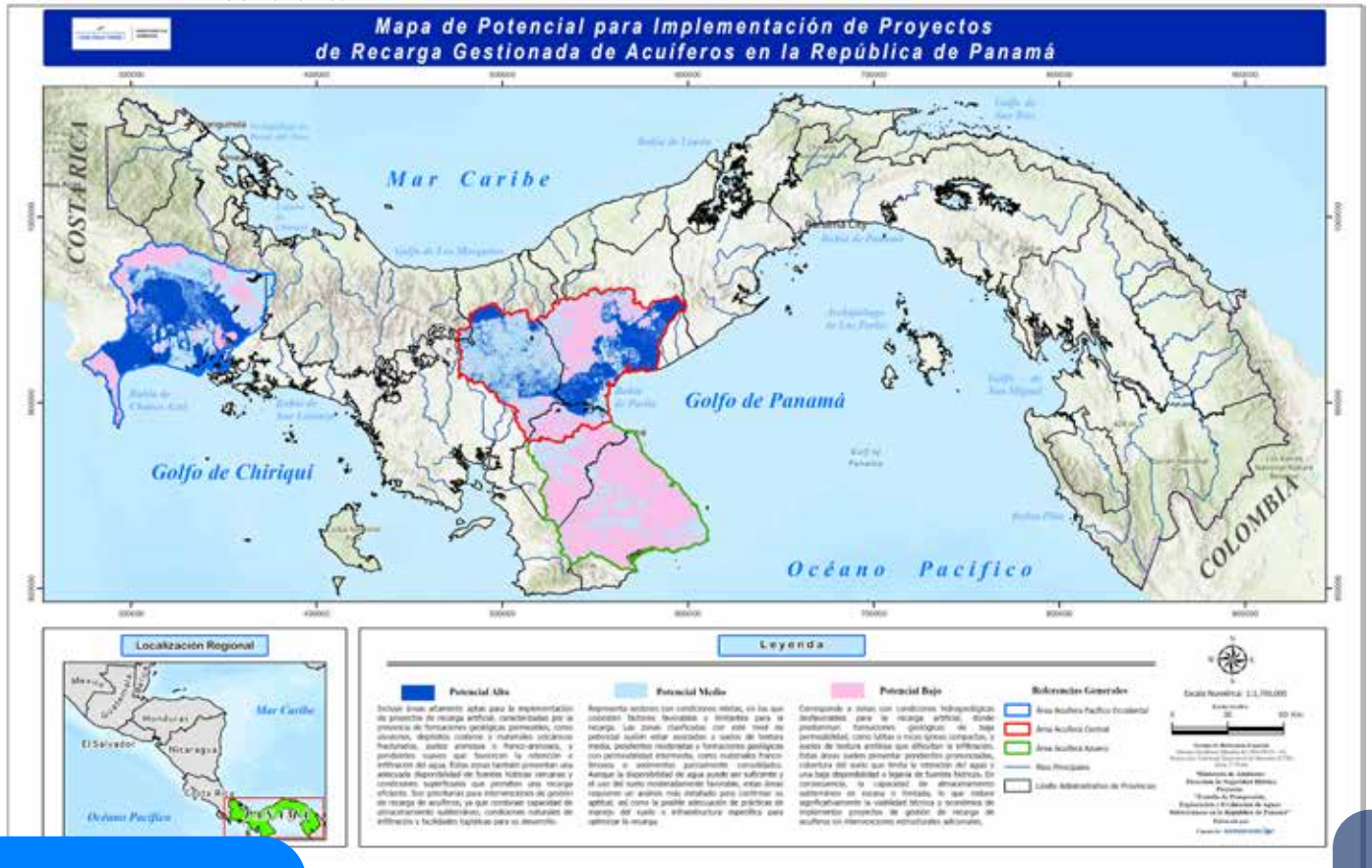

4. Mapa de zonificación del Potencial Acuífero Profundo (> 150 m) – Panamá Este – Panamá Oeste.



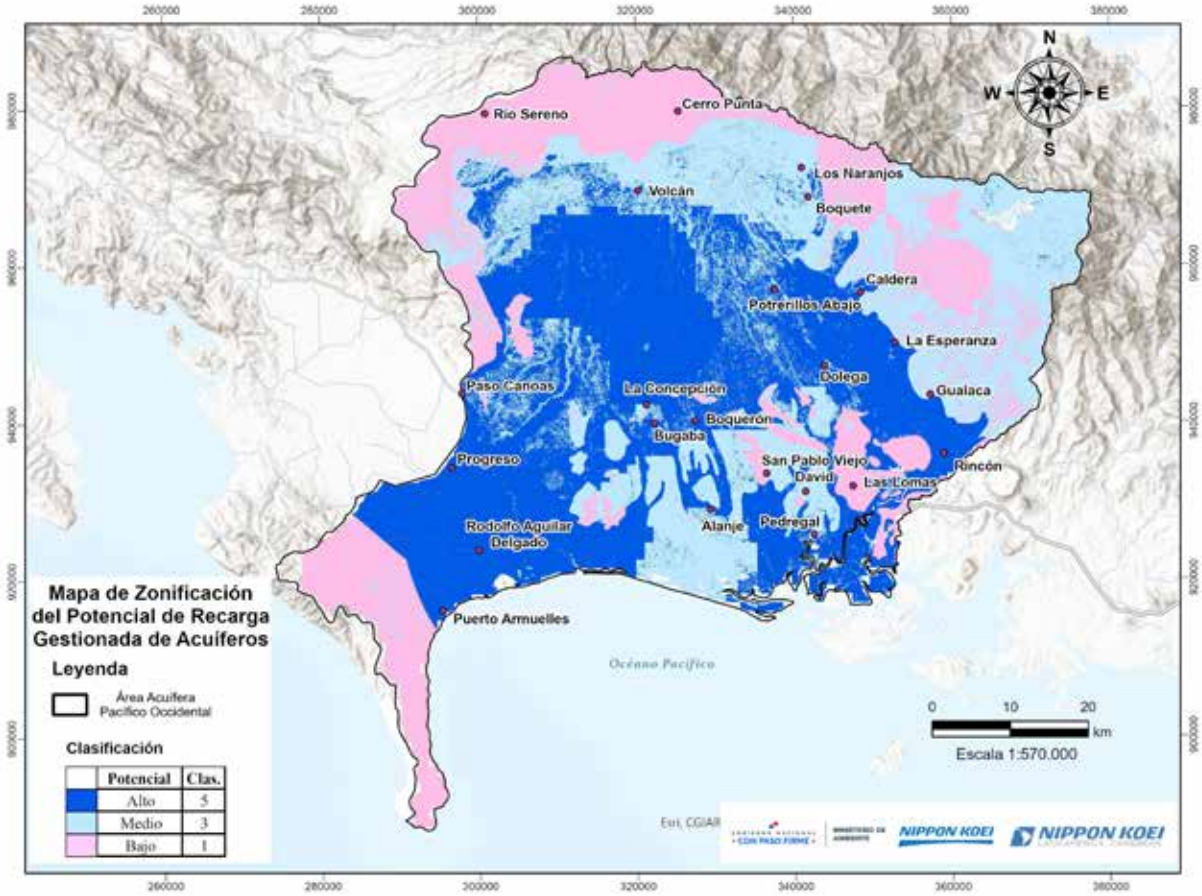
**Anexo E** Mapa de Potencial de Aguas Subterráneas por Cuenca Hidrográfica.



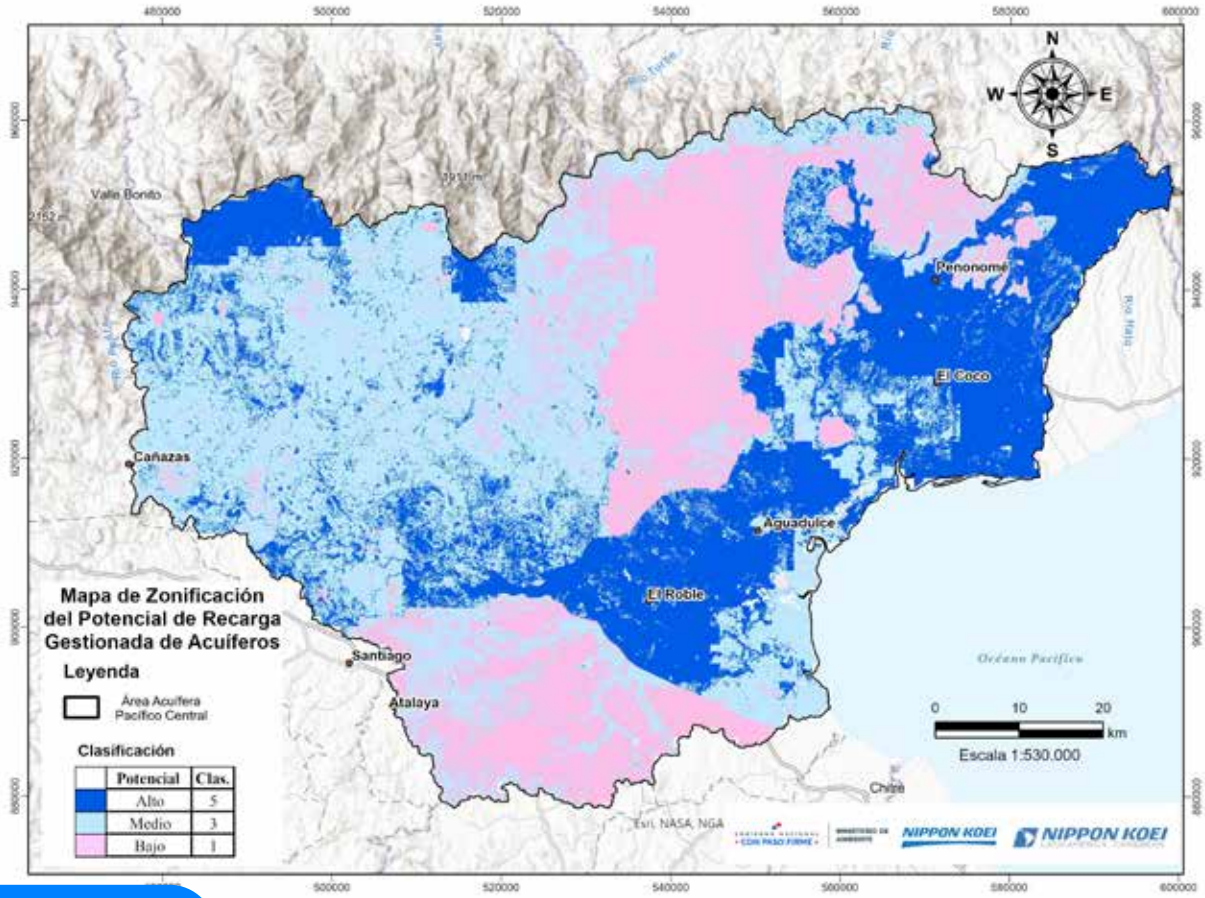

**Anexo F:** Mapa de Potencial para implementación de proyectos de Recarga Gestionada de Acuíferos en la República de Panamá.



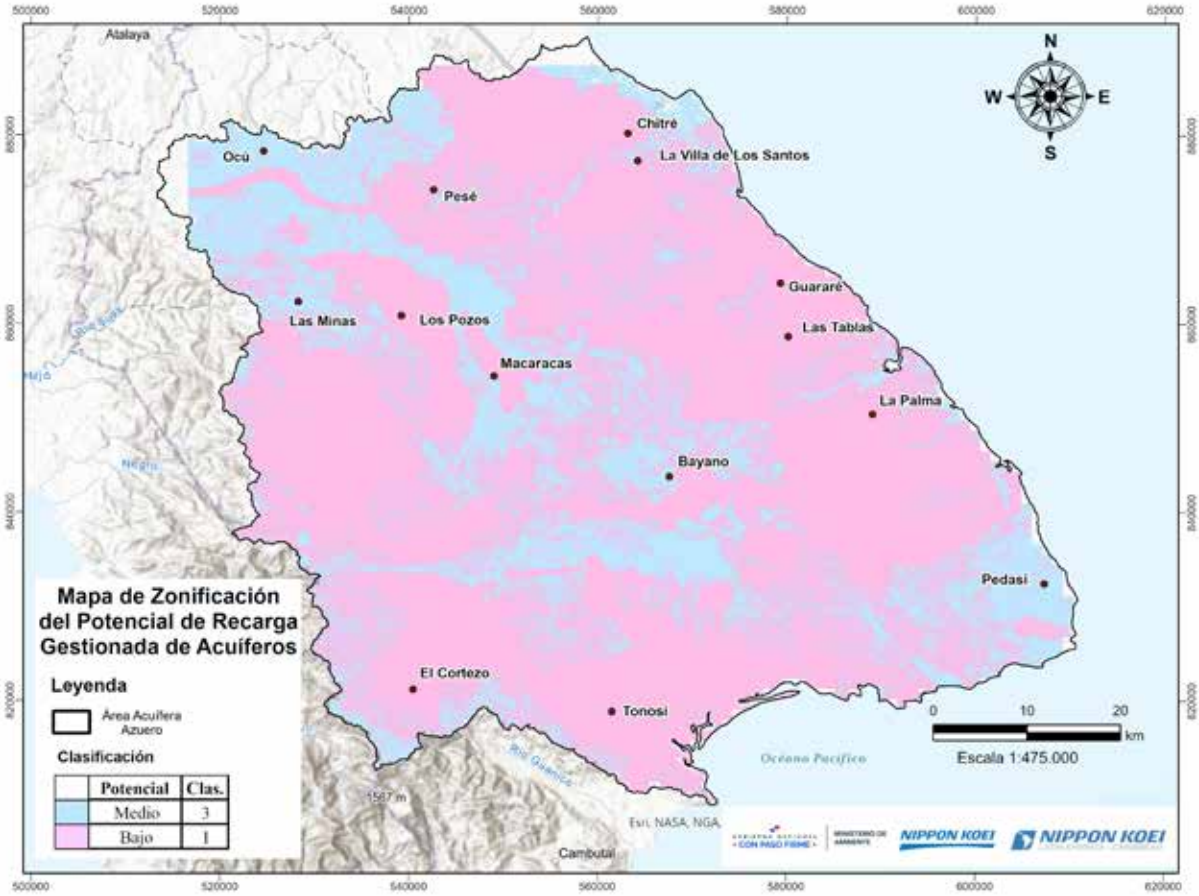
1. Mapa de Zonificación del Potencial de Recarga Gestionada de Acuíferos – Área Acuífera Pacífico Occidental.




2. Mapa de Zonificación del Potencial de Recarga Gestionada de Acuíferos – Área Acuífera Pacífico Central.

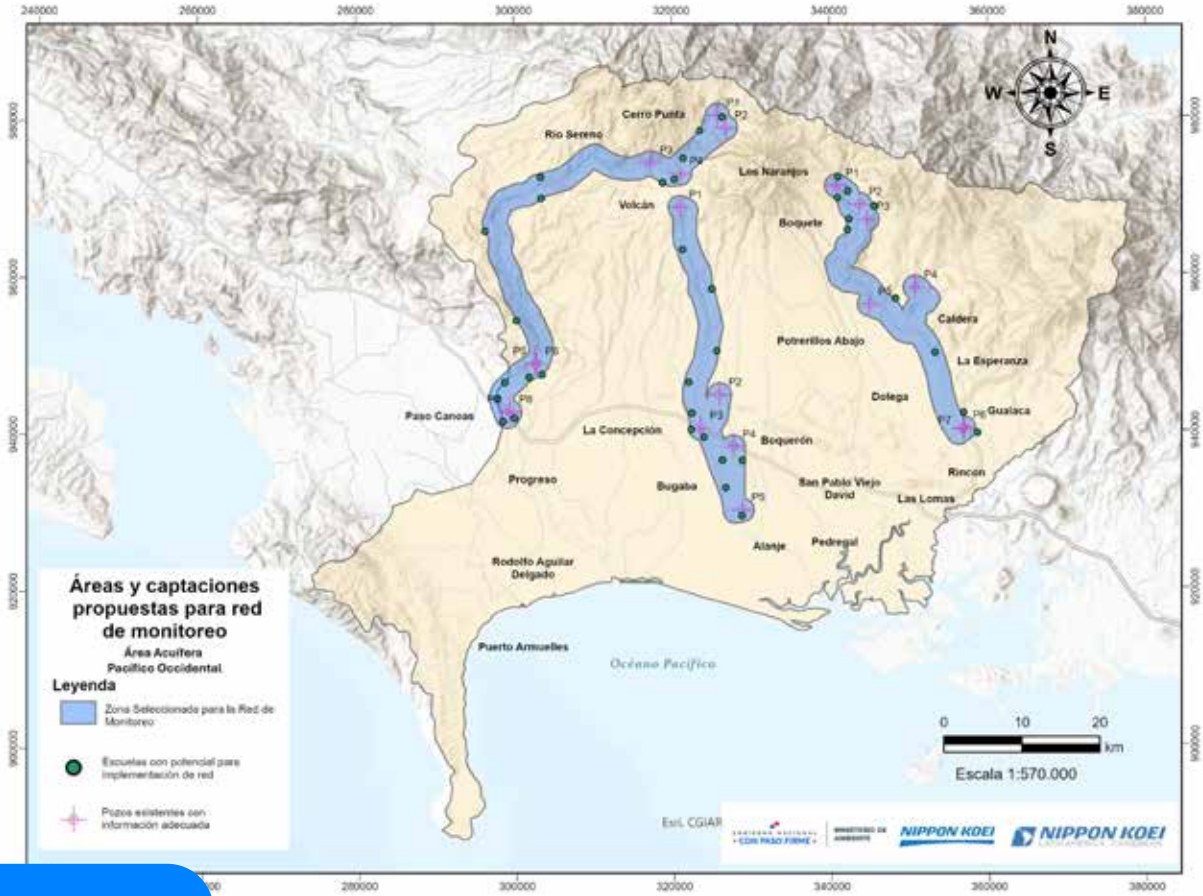


3. Mapa de Zonificación del Potencial de Recarga Gestionada de Acuíferos – Área Acuífera Azuero.

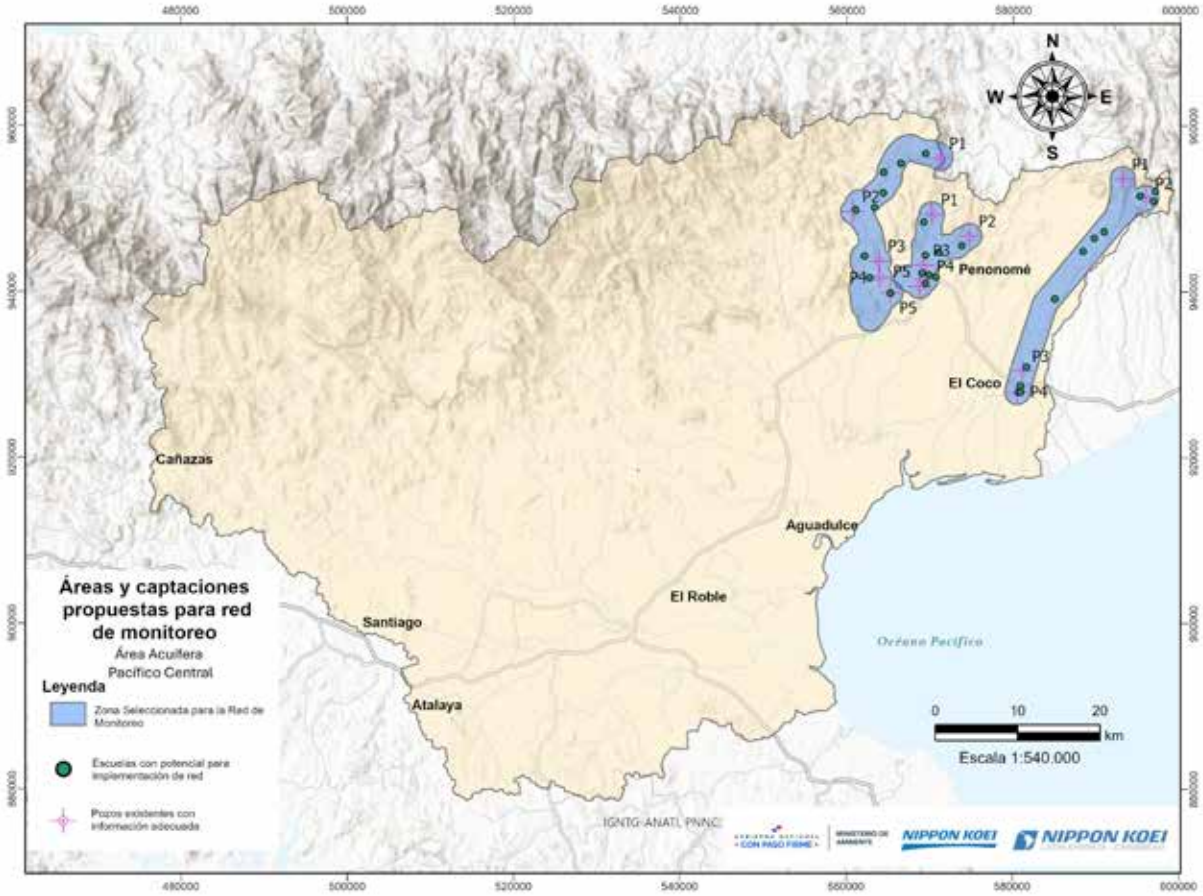



**Anexo G** Red de Monitoreo Hidrogeológico.

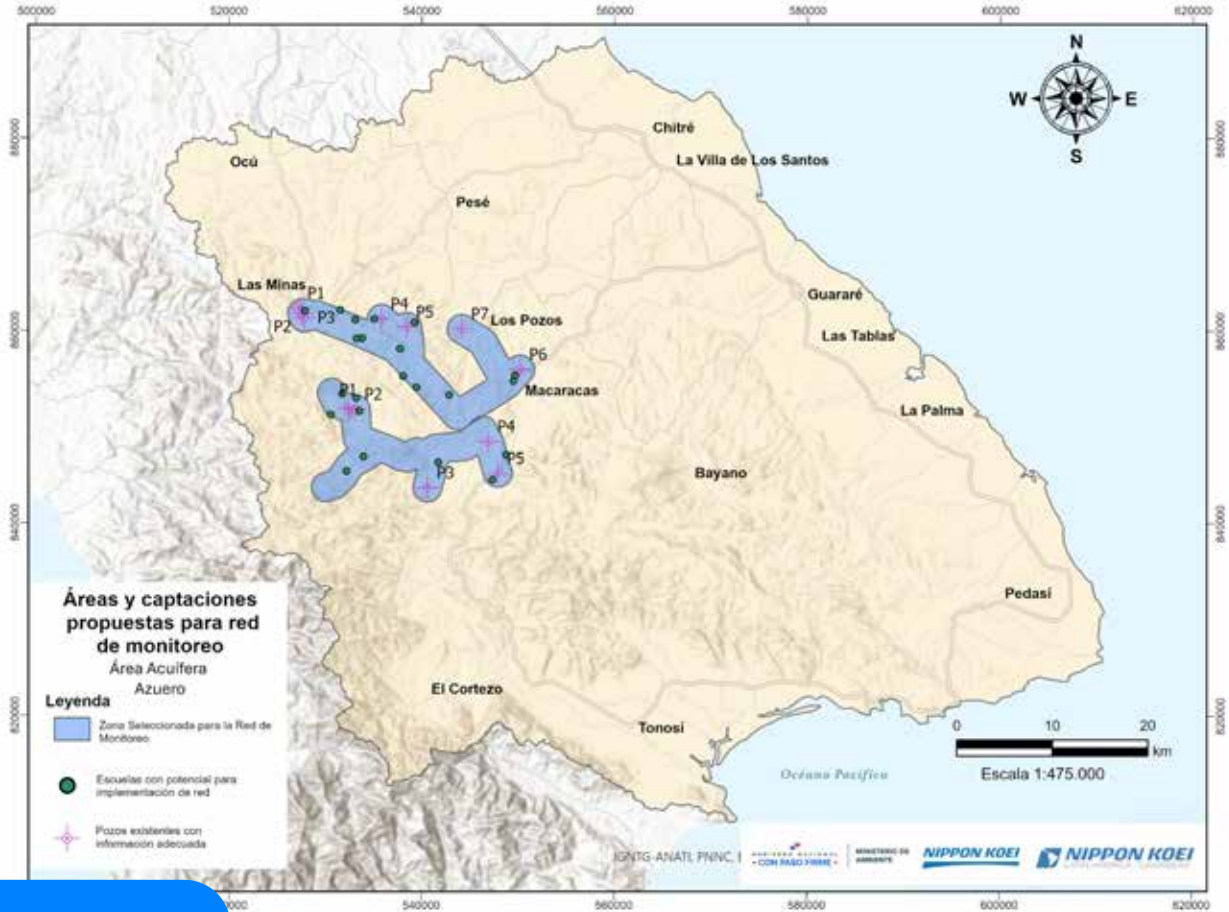
1. Áreas y Captaciones propuestas para red de monitoreo - Área Acuífera Pacífico Occidental.



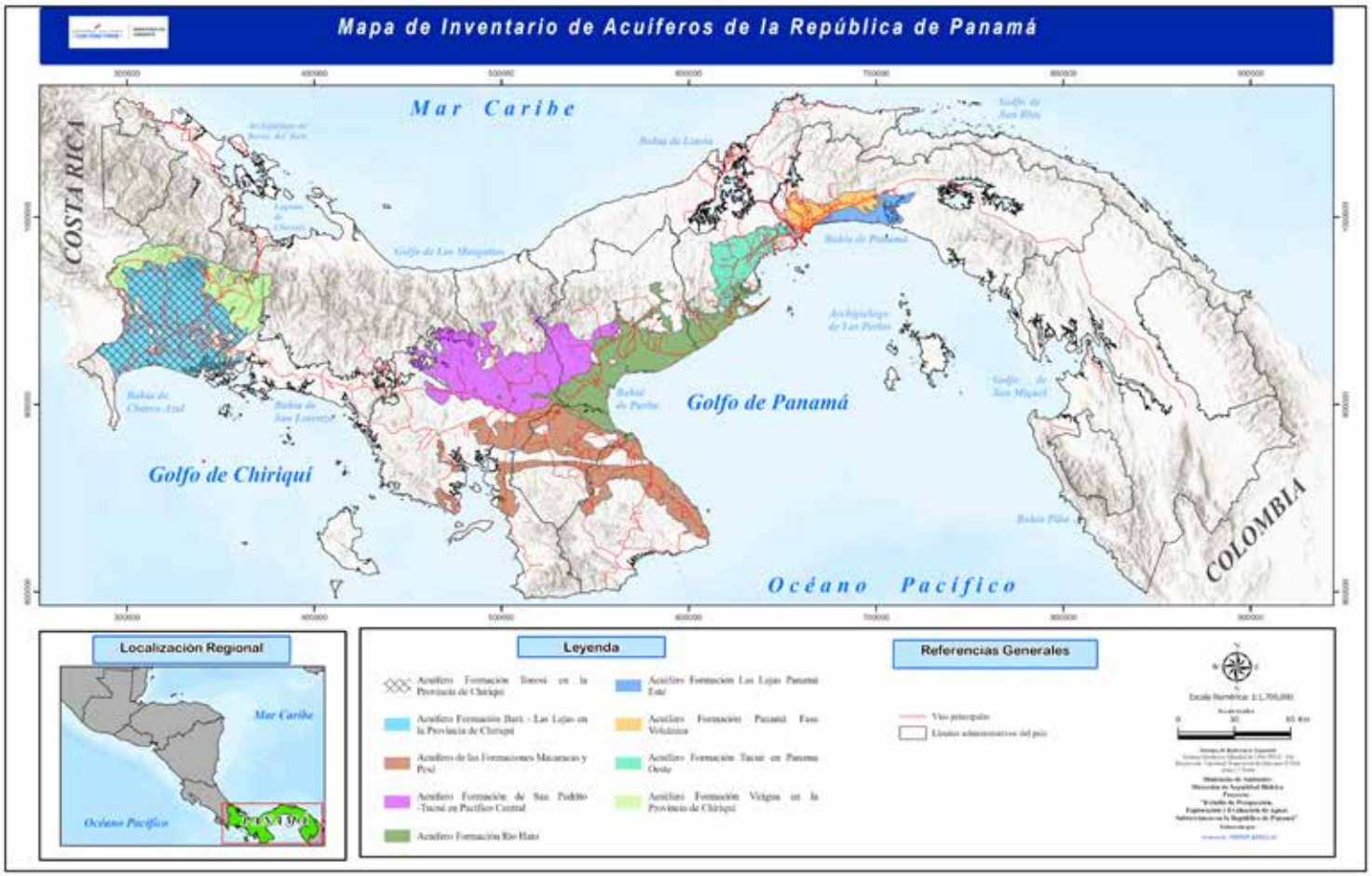
2. Áreas y Captaciones propuestas para red de monitoreo - Área Acuífera Pacífico Central.




3. Áreas y Captaciones propuestas para red de monitoreo - Área Acuífera Azuero.



**Anexo H** Mapa Inventario de Acuíferos de la República de Panamá.



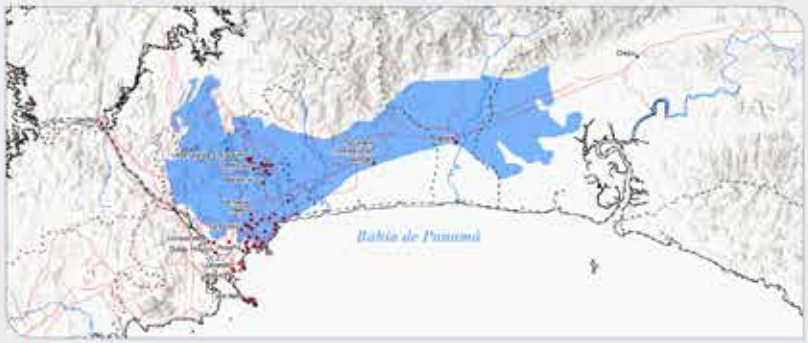
# ACUÍFERO FORMACIÓN PANAMÁ FASE VOLCÁNICA CÓDIGO 1

GOBIERNO NACIONAL · CON PASO FIRME · | MINISTERIO DE AMBIENTE | NIPPON KOEI LATIN AMERICA - CARIBBEAN | NIPPON KOEI

**Ubicación**
Ubicado en la costa del Pacífico en la parte central del país, región este. Comprende la provincia de Panamá, abarcando los distritos de Panamá, San Miguelito y Chepo.

**Superficie (km2)**
507,4

**Cuencas hidrográficas**
Ríos entre el Caimito y el Juan Díaz (142)
Río Juan Díaz y Pacora (144)
Río Pacora (146)
Río Bayano (148)




**Formación geológica**
Panamá (fase volcánica) (TO-PA)

**Caracterización geológica**
Depósitos del Oligoceno inferior al superior, consisten en tobas y areniscas tobáceas, lutitas tobáceas, lentes de depositos fluviales; dureza de RH-1 a RH-3, de muy suave a moderadamente dura; grado de meteorización de moderadamente meteorizada a fresca, dependiendo del grado de meteorización el fracturamiento puede variar de muy espaciadas a moderadamente espaciadas (0,20 a >2,00 m); el diseño de la calidad de la roca (RQD en sus siglas en inglés), dependerá del grado de fracturamiento.

**Espesor promedio (m)**
400

**Espesor máximo (m)**
600

**Caracterización hidrogeológica**
El acuífero de Panamá Fase Volcánica consiste en rocas con flujo esencialmente a través de fracturas (rocas fracturadas). Este acuífero pertenece a una Unidad hidrogeológica de mediana productividad, con porosidad predominantemente secundaria, caracterizados por caudales medios de entre 5 m³/h y 10 m³/h y capacidades específicas medias superiores a 1,0 l/s m3/h/m. De acuerdo con el Mapa Hidrogeológico de Panamá, corresponde a una unidad hidrogeológica B2. Esta unidad se tiende a formar generalmente de acuíferos confinados a semiconfinados. Su potencial acuífero intermedio y profundo se califica como alto.

**Localización Regional**

**Parámetros hidráulicos**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Transmisividad (m2/día) | 0,03 | 242,4 |
| Conductividad hidráulica (m/día) | 1 x 10-4 | 93 |
| Coeficiente de almacenamiento | 0,001 | 0,02 |

**Distribución de recarga potencial**

| | |
|---|---|
| Muy alto (%) | 0,1% |
| Alto (%) | 10,7% |
| Moderado (%) | 45,8% |
| Baja (%) | 41,5% |
| Muy baja (%) | 1,9% |

Esta distribución espacial corresponde a la capacidad que tendría el acuífero para recargarse de forma directa, es posible que el acuífero también se recargue de forma indirecta (a través de las corrientes superficiales) y por flujos laterales provenientes de otras formaciones geológicas.

**Captaciones de agua subterranea**

| | |
|---|---|
| Pozos | 70 |
| Aljibes | 0 |
| Manantiales | 0 |
| Piezómetros | 0 |

**Usos del agua por captaciones**

| | |
|---|---|
| Doméstico | 26 |
| Agropecuario | 11 |
| Industrial | 31 |
| Recreativo/Turístico | 1 |
| Belleza escénica | 0 |
| Comercial | 1 |
| No definido | 0 |

**Calidad del agua**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | 0,9 | 7090 |
| Sólidos totales disueltos (mg/L) | 80,4 | 262 |
| Dureza (mg CaCO3/L) | Sin información | Sin información |
| pH | 7 | 8,1 |
| Nitratos (+g/L) | Sin información | Sin información |
| Arsénico (mg/l) | Sin información | Sin información |

**Fuente de información**
Leblanc, (2021). Stratigraphic Lexicon. The Onshore Cenozoic Sedimentary Formations of The Republic of Panama Bioeis: Biological Systems, vol. 2/1, 1-173. https://doi.org/10.37819/bioeis.002.01.0096(or via https://sites.google.com/site/leblancjacques).
MiAmbiente. (2024).Anexo 8. Informe del Mapa Hidrogeológico de Panamá. 1:250000. Panamá.
IGNTG. (1991). Mapa Geológico de la República de Panamá, 1:250,000. Panamá.
**Nota**: La información que contiene este documento proviene del análisis de datos suministrados por diferentes instituciones nacionales.

# ACUÍFERO FORMACIÓN LAS LAJAS-PANAMÁ ESTE CÓDIGO 2

GOBIERNO NACIONAL • CON PASO FIRME • | MINISTERIO DE AMBIENTE | NIPPON KOEI LATIN AMERICA - CARIBBEAN | NIPPON KOEI

**Ubicación**
El acuífero se encuentra ubicado en la zona costera de la Bahía de Panamá, al este de la provincia de Panamá.

**Superficie (km2)**
370,5

**Cuencas hidrográficas**
Río Juan Díaz y entre Río Juan Díaz y Pacora (144)
Río Pacora (146)
Río Bayano (148)

**Formación geológica**
Las Lajas (QR-Ala)

**Caracterización geológica**
Depósitos de sedimentos de baja consolidación a consolidados, tipo delta, areniscas, corales, conglomerados, lutitas carbonosas; dureza de RH-1 a RH-2, de muy suave a moderadamente suave; meteorización indiferenciada, sin fracturamiento; sin RQD; estratificación desde estratos muy gruesos a cruda y laminados; de granulometría desde cantos a arena fina y arcillas.

**Espesor promedio (m)**
75

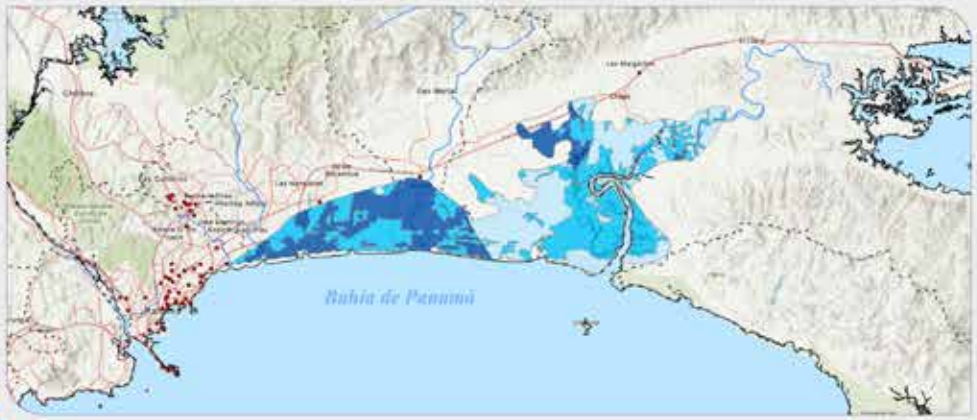
**Espesor máximo (m)**
150

**Caracterización hidrogeológica**
El acuífero de Las Lajas consiste en sedimentos con flujo esencialmente intergranular. Este acuífero pertenece a las unidades hidrogeológicas productivas con porosidad predominantemente primaria, caracterizadas por caudales promedio superiores a 10 m³/h y capacidades específicas medias mayores a 3.05 m3/h/m. De acuerdo con el Mapa Hidrogeológico de Panamá, corresponde a una unidad hidrogeológica A1. Esta unidad se tiende a formar generalmente de acuíferos libres o localmente confinados. Su potencial acuífero se clasifica como alto para los niveles someros e intermedios.

**Localización Regional**

**Parámetros hidráulicos**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Transmisividad (m2/día) | Sin información | Sin información |
| Conductividad hidráulica (m/día) | Sin información | Sin información |
| Coeficiente de almacenamiento | Sin información | Sin información |




**Distribución de recarga potencial**

| | |
|---|---|
| Muy alto (%) | 25,92% |
| Alto (%) | 41,21% |
| Moderado (%) | 32,53% |
| Baja (%) | 0,18% |
| Muy baja (%) | 0,16% |

Esta distribución espacial corresponde a la capacidad que tendría el acuífero para recargarse de forma directa, es posible que el acuífero también se recargue de forma indirecta (a través de las corrientes superficiales) y por flujos laterales provenientes de otras formaciones geológicas.

**Captaciones de agua subterranea**

| | |
|---|---|
| Pozos | 16 |
| Aljibes | 0 |
| Manantiales | 0 |
| Piezómetros | 0 |

**Usos del agua por captaciones**

| | |
|---|---|
| Doméstico | 4 |
| Agropecuario | 0 |
| Industrial | 1 |
| Recreativo/Turístico | 0 |
| Belleza escénica | 8 |
| Comercial | 0 |
| No definido | 3 |

**Hidrogeoquímica**

Las facies hidroquímicas en la formación Las Lajas presentan una mezcla bicarbonatada cálcico - magnésica.

**Calidad del agua**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | 0,9 | 7050 |
| Sólidos totales disueltos (mg/L) | 80,4 | 262 |
| Dureza (mg CaCO3/L) | Sin información | Sin información |
| pH | 7,1 | 8,1 |
| Nitratos (mg/L) | Sin información | Sin información |
| Arsénico (mg/l) | Sin información | Sin información |

**Fuente de información**
Leblanc, (2023). Stratigraphic Lexicon: The Onshore Cenozoic Sedimentary Formations of The Republic of Panama/Bioas: Biological Systems, vol. 2/1, 1-473. https://doi.org/10.37819/bioas/2023.01.0095 (or via https://sites.google.com/site/leblancacquet).
MiAmbiente (2024). Anexo B Informe del Mapa Hidrogeológico de Panamá, 1:250000. Panamá
IGNTG (1991). Mapa Geológico de la República de Panamá, 1:250,000. Panamá.
**Nota**: La información que contiene este documento proviene del análisis de datos suministrados por diferentes instituciones nacionales.

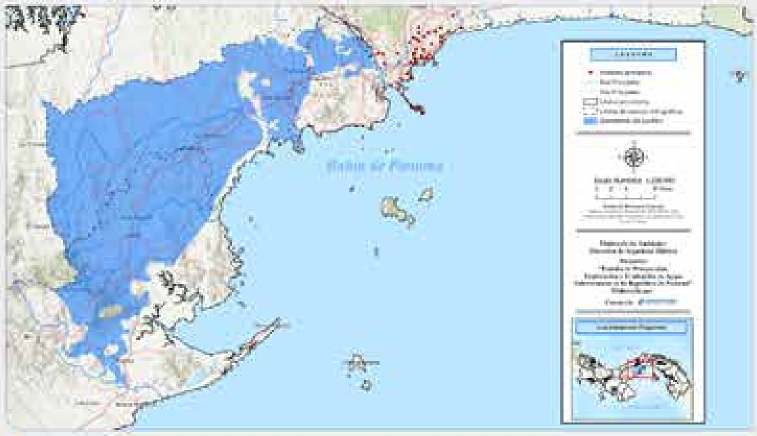
# ACUÍFERO FORMACIÓN TUCUÉ EN PANAMÁ OESTE CÓDIGO 3

GOBIERNO NACIONAL • CON PASO FIRME • | MINISTERIO DE AMBIENTE | NIPPON KOEI LATIN AMERICA - CARIBBEAN | NIPPON KOEI

**Ubicación**
Ubicado en su mayoría en la provincia de Panamá Oeste desde el distrito de Arraiján hasta el distrito de Chame.

**Superficie (km2)**
799,306

**Cuencas hidrográficas**
Ríos entre el Antón y el Caimito (138)
Río Caimito (140)
Ríos entre el Caimito y el Juan Díaz(142)




**Formación geológica**
Tucué (TM-CATu)

**Caracterización geológica**
Depósitos volcánicos del terciario Medio del grupo Cañazas; consiste de Andesitas, Basaltos, coladas de lava, brechas, tobas y algunos remanentes de intrusivos, de dureza entre RH-2 a RH-5, de moderadamente suave a muy dura, meteorización de moderadamente meteorizada a roca sana; el fracturamiento se incrementa con la cercanía a la superficie y por cercanía a fallas y a las zonas de cuerpos intrusivos; puede considerarse un RQD entre 80% a 100%; la textura de las rocas varía entre afanítica a porfídica. //Mapa Geológico de Panamá, 1:250,000/Instituto Geográfico Tommy Guardia, octubre 1991 / EAT/experiencia propia de campo.

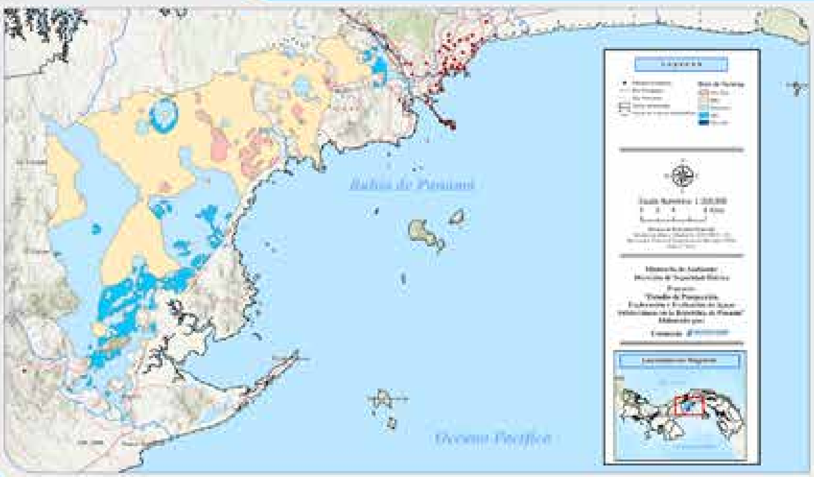
**Espesor promedio (m)**
400

**Espesor máximo (m)**
600

**Caracterización hidrogeológica**
El acuífero de Tucué consiste en rocas con flujo esencialmente a través de fracturas (rocas fracturadas). El acuífero de Tucué pertenece a las unidades hidrogeológicas productivas con porosidad predominantemente secundaria, caracterizadas por caudales promedio superiores a 10 m³/h y capacidades específicas medias superiores a 2,42 m3/h/m. De acuerdo con el Mapa Hidrogeológico de Panamá, corresponde a una unidad hidrogeológica B1. Esta unidad se tienden a formar generalmente de acuíferos confinados a semiconfinados. Su potencial acuífero se clasifica como medio.

**Parámetros hidráulicos**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Transmisividad (m2/día) | 0,057 | 807,19 |
| Conductividad hidráulica (m/día) | Sin información | Sin información |
| Coeficiente de almacenamiento | 0,00001 | 0,2 |




| Distribución de recarga potencial | |
|---|---|
| Muy alto (%) | 0% |
| Alto (%) | 8,19% |
| Moderado (%) | 38,67% |
| Baja (%) | 50,53% |
| Muy baja (%) | 3% |

Esta distribución espacial corresponde a la capacidad que tendría el acuífero para recargarse de forma directa, es posible que el acuífero también se recargue de forma indirecta (a través de las corrientes superficiales) y por flujos laterales provenientes de otras formaciones geológicas.

**Captaciones de agua subterránea**

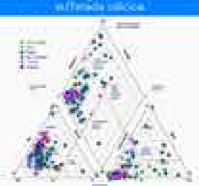
| | |
|---|---|
| Pozos | 222 |
| Aljibes | 0 |
| Manantiales | 0 |
| Piezómetros | 0 |

**Usos del agua por captaciones**

| | |
|---|---|
| Doméstico | 144 |
| Agropecuario | 31 |
| Industrial | 41 |
| Recreativo/Turístico | 2 |
| Belleza escénica | 0 |
| Comercial | 7 |
| No definido | 1 |

**Hidrogeoquímica**

Las facies hidroquímicas presentes en esta formación varían entre bicarbonatadas cálcico - magnésicas, con una muestra clorada sulfatada cálcica.



**Calidad del agua**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | 52,5 | 640 |
| Sólidos totales disueltos (mg/L) | 0,2 | 320 |
| Dureza (mg CaCO3/L) | 15 | 150 |
| pH | 6 | 8,6 |
| Nitratos (mg/L) | 0,2 | 14,1 |
| Arsénico (mg/l) | 0,01 | 0,05 |

**Fuente de información**

LeBlanc. (2021). Stratigraphic Lexicon: The Onshore Cenozoic Sedimentary Formations of The Republic of Panama.Bosq. Biological Systems, vol. 2/1, 1-172. https://doi.org/10.37819/biosis.002.01.0096 or via https://sites.google.com/site/leblancpaquez).
MiAmbiente. (2024). Anexo II Informe del Mapa Hidrogeológico de Panamá, 1:250000. Panamá.
IGNTG. (1990). Mapa Geológico de la República de Panamá, 1:250,000. Panamá.
**Nota**: La información que contiene este documento proviene del análisis de datos suministrados por diferentes instituciones nacionales.

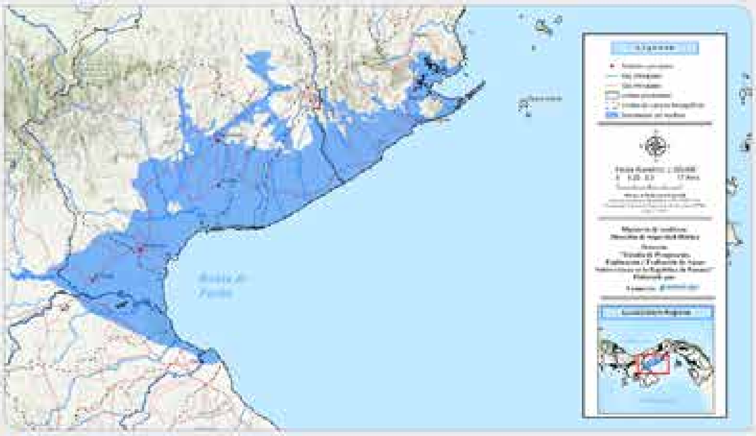
# ACUÍFERO FORMACIÓN RÍO HATO CÓDIGO 4

GOBIERNO NACIONAL • CON PASO FIRME • | MINISTERIO DE AMBIENTE | NIPPON KOEI LATIN AMERICA - CARIBBEAN | NIPPON KOEI

**Ubicación**
Ubicado en las provincias de Coclé, al sur del distrito de La Pintada, en la parte este y oeste del distrito de Penonomé y al norte del distrito de Antón y parte de la zona costera de la región de Azuero.

**Superficie (km2)**
2376,8

**Cuencas hidrográficas**
Río Coclé del Norte (105)
Río La Villa(128)
Río Parita (130)
Río Santa María (132)
Río Grande(134)
Río Antón (136)
Ríos entre el Antón y el Caimito (138)




**Formación geológica**
Río Hato (QR-Aha)

**Caracterización geológica**
Del Cuaternario Holocénico, compuesto principalmente de conglomerados, areniscas, lutitas, tobas y sedimentos indiferenciados y algo de pomez; dureza RH-1, suave a muy suave; de meteorización variada según el tipo de sedimento; sin fracturamiento; sin RQD; con estratificación cruzada y entre laminados a estratos gruesos, (<0.01 a 1.00 m).

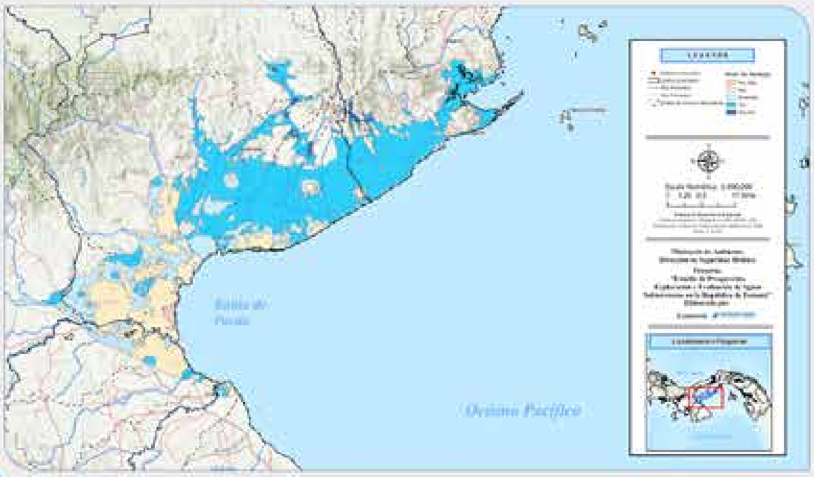
**Espesor promedio (m)**
200

**Espesor máximo (m)**
400

**Caracterización hidrogeológica**
El acuífero de Río Hato consisten en depósitos de sedimentos con flujo esencialmente intergranular. El acuífero de Río Hato pertenece a las unidades hidrogeológicas de mediana productividad con porosidad predominantemente primaria, caracterizadas por caudales medios entre 5 m³/h y 10 m³/h y capacidades específicas medias superiores a 2.76 m3/h/m. De acuerdo con el Mapa Hidrogeológico de Panamá, corresponde a una unidad hidrogeológica A2. Esta unidad se tienden a formar generalmente de acuíferos libres a localmente confinados. Su potencial acuífero se clasifica como alto en los niveles someros e intermedios.

**Parámetros hidráulicos**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Transmisividad (m2/día) | Sin información | Sin información |
| Conductividad hidráulica (m/día) | 5.25 x 10-4 | 0.2 |
| Coeficiente de almacenamiento | Sin información | Sin información |




**Distribución de recarga potencial**

| | |
|---|---|
| Muy alto (%) | 1,3% |
| Alto (%) | 52,8% |
| Moderado (%) | 22,6% |
| Baja (%) | 22,9% |
| Muy baja (%) | 0,4% |

Esta distribución espacial corresponde a la capacidad que tendría el acuífero para recargarse de forma directa, es posible que el acuífero también se recargue de forma indirecta (a través de las corrientes superficiales) y por flujos laterales provenientes de otras formaciones geológicas.

**Captaciones de agua subterranea**

| | |
|---|---|
| Pozos | 748 |
| Aljibes | 0 |
| Manantiales | 5 |
| Piezómetros | 0 |

**Usos del agua por captaciones**

| | |
|---|---|
| Doméstico | 329 |
| Agropecuario | 255 |
| Industrial | 32 |
| Recreativo/Turístico | 9 |
| Belleza escénica | 0 |
| Comercial | 5 |
| No definido | 122 |

**Hidrogeoquímica**

Las facies hidroquímicas presentes en esta formación varían entre bicarbonatadas cálcico - magnésicas a clorurada sódicas y sulfatadas.

**Calidad del agua**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | 26,4 | 13000 |
| Sólidos totales disueltos (mg/L) | 7,1 | 682 |
| Dureza (mg CaCO3/L) | 10,4 | 560,5 |
| pH | 3,1 | 6,2 |
| Nitratos (mg/L) | 0,002 | 185,3 |
| Arsénico (mg/l) | 0,001 | 0,01 |

**Fuente de información**


Leblanc. (2021). Stratigraphic Lexicon: The Chorrera Cenozoic Sedimentary Formations of The Republic of Panama Brazil Biological Systems, vol. 2/1, 1-173. https://doi.org/10.37811/lexico.002.010095 (or via https://sites.google.com/view/lebianlexicon).
MiAmbiente. (2024) Anexo 8 Informe del Mapa Hidrogeológico de Panamá, 1:250000. Panamá.
IGNTG. (1991). Mapa Geológico de la República de Panamá, 1:250,000. Panamá.


**Nota**: La información que contiene este documento proviene del análisis de datos suministrados por diferentes instituciones nacionales.

# ACUÍFERO DE LAS FORMACIONES MACARACAS Y PESÉ CÓDIGO 5

GOBIERNO NACIONAL • CON PASO FIRME • | MINISTERIO DE AMBIENTE | NIPPON KOEI LATIN AMERICA - CARIBBEAN | NIPPON KOEI

**Ubicación**
Ubicado en el Pacífico Central de Panamá, en la región de la costa del Océano Pacífico en la provincia de Coclé y en la región de Azuero.

**Superficie (km2)**
2687,6

**Cuencas hidrográficas**
Ríos entre el Tabasará y el San Pablo (116)
Río San Pablo (118)
Río San Pedro (120)
Ríos entre el San Pedro y el Tonosí (122)
Río Tonosí (124)
Ríos entre el Tonosí y La Villa (126)
Río La Villa (128)
Río Parita (130)
Río Santa María(132)

**Formación geológica**
Macaracas (TO-MAC)
Pesé (TO-MACpe)

**Caracterización geológica**
Del terciario oligoceno; consiste en Tobas, areniscas tobaceas, lutitas, calizas; dureza entre RH-a a RH-3, de muy suave a moderadamente dura; de meteorización de moderadamente meteorizada a sana; fracturamiento de cercana a muy espaciadas, (0.06->2.00 m); RQD de 50%-95%; estratificación bien definida de delgados a muy gruesos, (0.10-3.00 m).

**Espesor promedio (m)**
450

**Espesor máximo (m)**
800

**Caracterización hidrogeológica**
El acuífero de Macaracas y Pesé consiste en rocas con flujo esencialmente través de fracturas (rocas fracturadas y/o cementadas). Este acuífero corresponde a unidades hidrogeológicas con porosidades predominantemente secundaria, caracterizadas por productividades promedios superiores a 10 m³/h capacidades específicas superiores a 1.76 m³/h/m. De acuerdo con el Mapa Hidrogeológico de Panamá, las formaciones Pesé y Macaracas corresponden a unidades hidrogeológicas B1 y B2 respectivamente. Su potencial acuífero se clasifica como medio para niveles los niveles intermedios.

**Parámetros hidráulicos**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Transmisividad (m2/día) | Sin información | Sin información |
| Conductividad hidráulica (m/día) | 0,03 | 4,13 |
| Coeficiente de almacenamiento | Sin información | Sin información |

**Distribución de recarga potencial**

| | |
|---|---|
| Muy alto (%) | 0,0% |
| Alto (%) | 11,8% |
| Moderado (%) | 27,8% |
| Baja (%) | 51,2% |
| Muy baja (%) | 9,1% |

Esta distribución espacial corresponde a la capacidad que tendría el acuífero para recargarse de forma directa, es posible que el acuífero también se recargue de forma indirecta (a través de las corrientes superficiales) y por flujos laterales provenientes de otras formaciones geológicas.

**Captaciones de agua subterránea**

| | |
|---|---|
| Pozos | 1129 |
| Aljibes | 0 |
| Manantiales | 0 |
| Piezómetros | 0 |

**Usos del agua por captaciones**

| | |
|---|---|
| Doméstico | 675 |
| Agropecuario | 303 |
| Industrial | 22 |
| Recreativo/Turístico | 5 |
| Belleza escénica | 0 |
| Comercial | 1 |
| No definido | 93 |

**Hidrogeoquímica**

Las facies hidroquímicas varían entre bicarbonatadas cálcico - magnésicas a cloruradas sódicas y sulfatadas.

**Calidad del agua**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | 11 | 4000 |
| Sólidos totales disueltos (mg/L) | 0,1 | 3238 |
| Dureza (mg CaCO3/L) | 1,2 | 500,9 |
| pH | 5,1 | 9,5 |
| Nitratos (mg/L) | 0,002 | 185,3 |
| Arsénico (mg/l) | 0,001 | 0,01 |


**Fuente de información**
Lablanc. (2020). Stratigraphic Lexicon: The Onshore Cenozoic Sedimentary Formations of The Republic of Panama. Boletín Biological Systems, vol. 2/1, 1-173. https://doi.org/10.37811/bsaea.002.01.0095 or via https://sites.google.com/view/leblancjacques).
MiAmbiente. (2024). Anexo 8 Informe del Mapa Hidrogeológico de Panamá, 1:250000, Panamá.
IGNTG. (1991). Mapa Geológico de la República de Panamá, 1:250,000, Panamá.

**Nota:** La información que contiene este documento proviene del análisis de datos suministrados por diferentes instituciones nacionales.

# ACUÍFERO FORMACIÓN SAN PEDRITO-TUCUÉ EN PACIFICO CENTRAL CÓDIGO 6

GOBIERNO NACIONAL • CON PASO FIRME •

MINISTERIO DE AMBIENTE

NIPPON KOEI LATIN AMERICA - CARIBBEAN

NIPPON KOEI

**Ubicación**
Ubicado en su mayor parte en la provincia de Veraguas, parte de la Comarca Ngobe Bugle y parte de la parte oeste de la provincia de Coclé.

**Superficie (km2)**
2772,4

**Cuencas hidrográficas**
Río Calovebora (97)
Río Veraguas (100)
Río San Pablo (118)
Río San Pedro (120)
Río Santa María(132)
Río Grande (134)

**Formación geológica**
San Pedrito (TM-SP)
Tucué (TM-CATu)

**Caracterización geológica**
Depósitos volcánicos del terciario Medio del grupo Cañazas; consiste de Andesitas, Basaltos, coladas de lava, brechas, tobas y algunos remanentes de intrusivos; de dureza entre RH-2 a RH-5, de moderadamente suave a muy dura, meteorización de moderadamente meteorizada a roca sana; el fracturamiento se incrementa con la cercanía a la superficie y por cercanía a fallas y a las zonas de cuerpos intrusivos; puede considerarse un RQD entre 80% a 100%; estratificación de muy gruesa a masiva (1.00 - >3.00 m); la textura de las rocas varían entre afanítica a porfídica.

**Espesor promedio (m)**
400

**Espesor máximo (m)**
600

**Caracterización hidrogeológica**
El acuífero de San Pedrito y Tucué consiste en rocas con flujo esencialmente a través de fracturas (rocas fracturadas). El acuífero de San Pedrito y Tucué pertenece a las unidades hidrogeológicas productivas con porosidad predominantemente secundaria, caracterizadas por caudales promedio superiores a 10 m3/h y capacidades específicas medias superiores a 2.42 m3/h/m. De acuerdo con el Mapa Hidrogeológico de Panamá, ambas formaciones corresponden a una unidad hidrogeológica B1. Esta unidad se tiende a formar generalmente de acuíferos confinados a semiconfinados. Su potencial acuífero se clasifica como medio principalmente para los niveles intermedios y profundos.

**Parámetros hidráulicos**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Transmisividad (m2/día) | 11,6 | 130,1 |
| Conductividad hidráulica (m/día) | 0,002 | 0,01 |
| Coeficiente de almacenamiento | 1,6 x 10-5 | 0,02 |

**Distribución de recarga potencial**

| | |
|---|---|
| Muy alto (%) | 0,01% |
| Alto (%) | 26,9% |
| Moderado (%) | 37,58% |
| Baja (%) | 35,4% |
| Muy baja (%) | 0,2% |

Esta distribución espacial corresponde a la capacidad que tendría el acuífero para recargarse de forma directa, es posible que el acuífero también se recargue de forma indirecta (a través de las corrientes superficiales) o por flujos laterales provenientes de otras formaciones geológicas.

**Captaciones de agua subterránea**

| | |
|---|---|
| Pozos | 134 |
| Aljibes | 0 |
| Manantiales | 1 |
| Piezómetros | 0 |

**Usos del agua por captaciones**

| | |
|---|---|
| Doméstico | 68 |
| Agropecuario | 25 |
| Industrial | 5 |
| Recreativo/Turístico | 0 |
| Belleza escénica | 1 |
| Comercial | 1 |
| No definido | 35 |

**Hidrogeoquímica**

Las facies hidroquímicas presentes la Formación San Pedrito y la Formación Tucué son bicarbonatadas cálcico - magnésicas.

**Calidad del agua**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | 43,3 | 763 |
| Sólidos totales disueltos (mg/L) | 21,7 | 872 |
| Dureza (mg CaCO3/L) | 12 | 946 |
| pH | 6 | 9,2 |
| Nitratos (mg/L) | 0,01 | 29,1 |
| Arsénico (mg/l) | 0,001 | 0,01 |

**Fuente de información**

Leblanc, (2021). Stratigraphic Lexicon: The Onshore Cenozoic Sedimentary Formations of The Republic of Panama. Boreas. Biological Systems, vol. 2(1), 1-172. https://doi.org/10.37819/biosis.002.01.0095 (or via https://sites.google.com/view/leblancjacques/)
MiAmbiente. (2024). Anexo B Informe del Mapa Hidrogeológico de Panamá, 1:250000. Panamá.
IGNTG. (1991). Mapa Geológico de la República de Panamá, 1:250.000. Panamá.

**Nota:** La información que contiene este documento proviene del análisis de datos suministrados por diferentes instituciones nacionales.

# ACUÍFERO DE LA FORMACIÓN BARÚ-LAS LAJAS EN LA PROVINCIA DE CHIRIQUÍ CÓDIGO 7

GOBIERNO NACIONAL • CON PASO FIRME • | MINISTERIO DE AMBIENTE | NIPPON KOEI LATIN AMERICA - CARIBBEAN | NIPPON KOEI

**Ubicación**
Ubicado en la provincia de Chiriquí, en los distritos de Bugaba, Barú, Dolega y David

**Superficie (km2)**
2916

**Cuencas hidrográficas**
Río Coto y Vecinos (100)
Río Chiriquí Viejo (102)
Río Escarrea (104)
Río Chico (106)
Río Chiriquí (108)
Río Fonseca y entre Río Chiriquí y Río San Juan (110)

**Formación geológica**
Barú (QPS-BA)
Las Lajas (QR-Ala)

**Caracterización geológica**
Depósitos de sedimentos de baja consolidación a consolidados, tipo delta, areniscas, corales, conglomerados, lutitas carbonosas; dureza de RH-1 a RH-2, de muy suave a moderadamente suave; meteorización indiferenciada, sin fracturamiento; sin RQD; estratificación desde estratos muy gruesos a cruda y laminados; de granulometría desde cantos a arena fina y arcillas.

**Espesor promedio (m)**
75

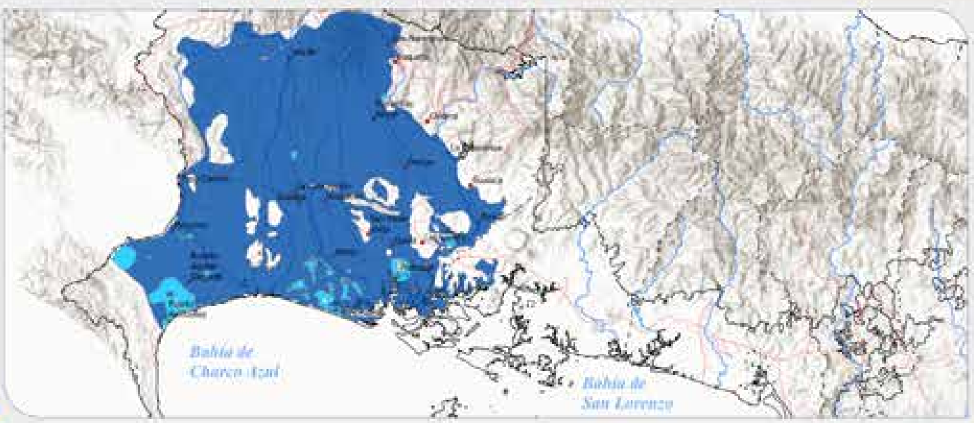
**Espesor máximo (m)**
150

**Caracterización hidrogeológica**
El acuífero de Barú-Las Lajas consiste en rocas y sedimentos con flujo esencialmente intergranular. El acuífero de Barú -Las Lajas pertenecen a las unidades hidrogeológicas productivas con porosidad predominantemente primaria, caracterizadas por caudales promedio superiores a 10 m³/h y capacidades específicas medias mayores a 3,05 m3/h/m. De acuerdo con el Mapa Hidrogeológico de Panamá, ambas formaciones corresponden a unidades hidrogeológicas A1. Esta unidad se tienden a formar generalmente de acuíferos libres a localmente confinados. Su potencial acuífero se clasifica como alto principalmente para los niveles someros e intermedios.

**Localización Regional**

**Parámetros hidráulicos**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Transmisividad (m2/día) | Sin información | Sin información |
| Conductividad hidráulica (m/día) | 0,01 | 10,2 |
| Coeficiente de almacenamiento | Sin información | Sin información |




| Distribución de recarga potencial | |
|---|---|
| Muy alto (%) | 95,6% |
| Alto (%) | 4,2% |
| Moderado (%) | 0,2% |
| Baja (%) | 0,01% |
| Muy baja (%) | 0% |

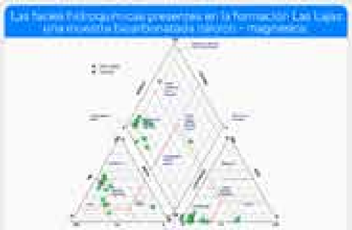
Esta distribución espacial corresponde a la capacidad que tendría el acuífero para recargarse de forma directa, es posible que el acuífero también se recargue de forma indirecta (a través de las corrientes superficiales) y por flujos laterales provenientes de otras formaciones geológicas.

| Captaciones de agua subterránea | |
|---|---|
| Pozos | 308 |
| Aljibes | 0 |
| Manantiales | 14 |
| Piezómetros | 0 |

| Usos del agua por captaciones | |
|---|---|
| Doméstico | 221 |
| Agropecuario | 11 |
| Industrial | 57 |
| Recreativo/Turístico | 1 |
| Belleza escénica | 0 |
| Comercial | 16 |
| No definido | 16 |

**Hidrogeoquímica**

Las facies hidroquímicas presentes en la formación Las Lajas una muestra bicarbonatada cálcica - magnésica.



**Calidad del agua**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | 11,3 | 965 |
| Sólidos totales disueltos (mg/L) | 15,3 | 484 |
| Dureza (mg CaCO3/L) | 22,9 | 121,6 |
| pH | 6,3 | 8,8 |
| Nitratos (mg/L) | 0,003 | 4,1 |
| Arsénico (mg/l) | 0,01 | 0,01 |

**Fuente de información**


Leblanc (2021). Stratigraphic Lexicon: The Cenozoic Sedimentary Formations of The Republic of Panama. Boreas Biological Systems, vol. 2/1, 1-178. https://doi.org/10.37819/[illegible] or via https://sites.google.com/[illegible]
MiAmbiente. (2024) Anexo 8 Informe del Mapa Hidrogeológico de Panamá, 1:250000. Panamá.
IGNTG. (1991). Mapa Geológico de la República de Panamá, 1:250.000. Panamá.


**Nota**: La información que contiene este documento proviene del análisis de datos suministrados por diferentes instituciones nacionales.

# ACUÍFERO FORMACIÓN TONOSÍ EN LA PROVINCIA DE CHIRIQUÍ CÓDIGO 8

GOBIERNO NACIONAL • CON PASO FIRME • | MINISTERIO DE AMBIENTE | NIPPON KOEI LATIN AMERICA - CARIBBEAN | NIPPON KOEI

**Ubicación**
Ubicado en la provincia de Chiriquí, en los distritos de Bugaba, Barú, Dolega y David.

**Superficie (km2)**
3128,6

**Cuencas hidrográficas**
Río Coto y Vecinos (100)
Río Chiriquí Viejo (102)
Río Escárrea (104)
Río Chico(106)
Río Chiriquí (108)

**Formación geológica**
Tonosí (TEO-TO)

**Caracterización geológica**
Consiste en un emparedado de sedimentos marinos y no marinos que se sucedieron a través del medio Eoceno y el mioceno temprano esto es lo que conforma la base de las transgresiones marinas de 40 a 400 metros de espesor compuestos de conglomerados y areniscas parcialmente intercalados con limolitas. la unidad superior con un espesor entre 500 a 800 m, se encuentran sedimentos turbidíticos interestratificados con areniscas, limolitas, conchas y calcarenitas. de RH-1 a RH-3, de muy suave a moderadamente dura; de meteorización variada; fracturamiento entre espaciadas a muy espaciadas, (0.60 - >2.00 m); RQD 75% - 5%; estratificación entre finamente laminados a estratos gruesos, (<0.01 a 3.00 m).

**Espesor promedio (m)**
40

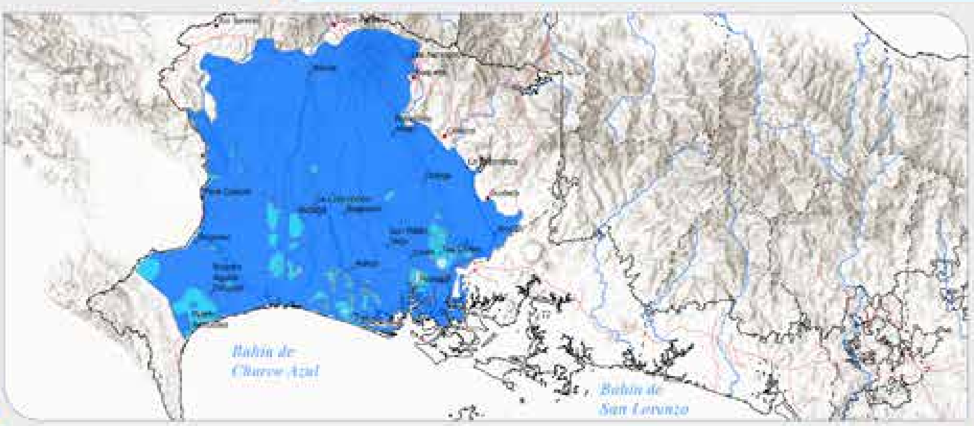
**Espesor máximo (m)**
800

**Caracterización hidrogeológica**
El acuífero Tonosí en la región de Chiriquí consiste en rocas pocos consolidadas con flujo esencialmente intergranular. Este acuífero pertenece a las unidades hidrogeológicas productivas con porosidad predominantemente primaria, caracterizadas por caudales promedio superiores a 10 m3/h y capacidades específicas medias mayores a 3,05 m3/h/m. De acuerdo con el Mapa Hidrogeológico de Panamá, corresponde a una unidad hidrogeológica A1. Esta unidad se tienden a formar generalmente de acuíferos libres e confinados principalmente. Su potencial acuífero se clasifica como alto principalmente para los niveles intermedios y profundos.

**Localización Regional**

**Parámetros hidráulicos**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Transmisividad (m2/día) | Sin información | Sin información |
| Conductividad hidráulica (m/día) | 0,003 | 11 |
| Coeficiente de almacenamiento | Sin información | Sin información |




**Distribución de recarga potencial**

| | |
|---|---|
| Muy alto (%) | 93,01% |
| Alto (%) | 6,6% |
| Moderado (%) | 0,4% |
| Baja (%) | 0% |
| Muy baja (%) | 0% |

Esta distribución espacial corresponde a la capacidad que tendría el acuífero para recargarse de forma directa; es posible que el acuífero también se recargue de forma indirecta (a través de las corrientes superficiales) y por flujos laterales provenientes de otras formaciones geológicas.

**Captaciones de agua subterránea**

| | |
|---|---|
| Pozos | 408 |
| Aljibes | 0 |
| Manantiales | 14 |
| Piezómetros | 0 |

**Usos del agua por captaciones**

| | |
|---|---|
| Doméstico | 284 |
| Agropecuario | 17 |
| Industrial | 73 |
| Recreativo/Turístico | 1 |
| Belleza escénica | 0 |
| Comercial | 19 |
| No definido | 28 |

**Hidrogeoquímica**

Este acuífero subyace al acuífero somero (Las Lajas - Barú), su recarga puede estar asociada principalmente al flujo a través de otras unidades hidrogeológicas que los sobreyacen y que se encuentran en contacto lateral como el acuífero de la Formación Virigua.

**Calidad del agua**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | 11,3 | 965 |
| Sólidos totales disueltos (mg/L) | 15,3 | 484 |
| Dureza (mg CaCO3/L) | 20,7 | 121,7 |
| pH | 4,6 | 8,8 |
| Nitratos (mg/L) | 0,003 | 4,1 |
| Arsénico (mg/l) | 0,01 | 0,01 |

**Fuente de información**
Leblanc, (2021). Stratigraphic Lexicon: The Onshore Cenozoic Sedimentary Formations of The Republic of Panama. Boise Geological Systems, vol. 3/1, 1-172. https://doi.org/10.37819/bgs.002.01.0095 (or via https://sites.google.com/site/leblancjacques)
MiAmbiente. (2024). Anexo B Informe del Mapa Hidrogeológico de Panamá, 1:250000. Panamá.
IGN TG. (1991). Mapa Geológico de la República de Panamá, 1:250.000. Panamá.
**Nota:** La información que contiene este documento proviene del análisis de datos suministrados por diferentes instituciones nacionales.

# ACUÍFERO FORMACIÓN VIRIGUA EN LA PROVINCIA DE CHIRIQUÍ CÓDIGO 9

GOBIERNO NACIONAL · CON PASO FIRME · | MINISTERIO DE AMBIENTE | NIPPON KOEI LATIN AMERICA - CARIBBEAN | NIPPON KOEI

**Ubicación**
Ubicado en la parte alta de la provincia de Chiriquí, en los distritos de Alanje, Boquete, Gualaca y Tierras Altas.

**Superficie (km2)**
441,12

**Cuencas hidrográficas**
Río Changuinola (91)
Ríos entre Changuinola y Cricamola (93)
Río Chiriquí Viejo(102)
Río Chiriquí (108)
Río Fonseca y entre Río Chiriquí y Río San Juan (110)

**Formación geológica**
Virigua (TM-Cavi)

**Caracterización geológica**
Del terciario mioceno, consiste principalmente por depósitos sedimentarios de origen marino y continentales; areniscas, limolitas, conglomerados con intercalaciones de limolita y volcanoclastos; de RH-2 a RH-3, de moderadamente suave a moderadamente dura; de moderadamente meteorizada a sana; RQD 50% - 95%; fracturamiento entre espaciadas a muy espaciadas; (0.60 - >2.00 m); estratificación entre finamente a muy gruesa, (<0.01 - 3.00 m).

**Espesor promedio (m)**
500

**Espesor máximo (m)**
700

**Caracterización hidrogeológica**
El acuífero de Virigua coexisten en rocas con flujo esencialmente intergranular. Este acuífero pertenece a las unidades hidrogeológicas productivas con porosidad predominantemente secundaria, caracterizadas por caudales promedio superiores a 10 m³/h y capacidades específicas medias superiores a 2,42 m3/h/m. De acuerdo con el Mapa Hidrogeológico de Panamá, corresponde a una unidad hidrogeológica BI. Esta unidad se tienden a formar generalmente de acuíferos confinados y semiconfinados. Su potencial acuífero se clasifica como medio alto principalmente para los niveles intermedios y profundos.

**Localización Regional**

**Parámetros hidráulicos**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Transmisividad (m2/día) | Sin información | Sin información |
| Conductividad hidráulica (m/día) | 0,2 | 0,7 |
| Coeficiente de almacenamiento | Sin información | Sin información |

**Distribución de recarga potencial**

| | |
|---|---|
| Muy alto (%) | 3,6% |
| Alto (%) | 91,4% |
| Moderado (%) | 4,9% |
| Baja (%) | 0,1% |
| Muy baja (%) | 0% |

Esta distribución espacial corresponde a la capacidad que tendría el acuífero para recargarse de forma directa, es posible que el acuífero también se recargue de forma indirecta (a través de las corrientes superficiales) y por flujos laterales provenientes de otras formaciones geológicas.

**Captaciones de agua subterranea**

| | |
|---|---|
| Pozos | 17 |
| Aljibes | 0 |
| Manantiales | 9 |
| Piezómetros | 0 |

**Usos del agua por captaciones**

| | |
|---|---|
| Doméstico | 13 |
| Agropecuario | 8 |
| Industrial | 2 |
| Recreativo/Turístico | 1 |
| Belleza escénica | 1 |
| Comercial | 0 |
| No definido | 1 |

**Hidrogeoquímica**
Las facies hidroquímicas presentes en la formación Virigua son bicarbonatadas cálcico-magnésicas.

**Calidad del agua**

| Descripción | Mínimo | Máximo |
|---|---|---|
| Conductividad eléctrica (µS/cm) | 102 | 516 |
| Sólidos totales disueltos (mg/L) | Sin información | Sin información |
| Dureza (mg CaCO3/L) | Sin información | Sin información |
| pH | Sin información | Sin información |
| Nitratos (mg/L) | Sin información | Sin información |
| Arsénico (mg/l) | Sin información | Sin información |

**Fuente de información**

Leblanc, (2021). Stratigraphic Lexicon The Onshore Cenozoic Sedimentary Formations of The Republic of Panama.Biotic Biological Systems, vol. 2(1), 1-172. https://doi.org/10.37899/biosa.2021.01.0095(or via https://sites.google.com/site/leblancjacques)
MiAmbiente. (2024).Anexo B.Informe del Mapa Hidrogeológico de Panamá, 1:250000. Panamá.
IGNTG. (1991). Mapa Geológico de la República de Panamá, 1:250.000. Panamá.

**Nota:** La información que contiene este documento proviene del análisis de datos suministrados por diferentes instituciones nacionales.

# Anexo I

**Anexo I: Créditos del Equipo Técnico**

| Nombre | Rol | Contribuciones Principales |
|---|---|---|
| Arq. Lorena Ríos | Gerente General de Panamá (Consorcio NK-NKLAC) | Representante Legal. |
| Dr. José Fábrega | Director de Proyecto | Planificación, coordinación y supervisión general del estudio; gestión del equipo multidisciplinario; aseguramiento de calidad y cumplimiento de los objetivos técnicos. |
| Mgtr. Alexandra González | Asistente del Director del Proyecto | Coordinación y seguimiento del Proyecto. Asistir a los especialistas del Estudio. |
| Ing. Genneva Moreno | Asistente del Director del Proyecto/ Analista de Datos | Coordinación y seguimiento del Proyecto. Analista de la base de datos. |
| Mgtr. Ken Koizumi | Especialista Geofísico e Hidrogeólogo | Desarrollo y análisis del Estudio Técnico con los resultados de la Evaluación Hidrogeológica. |
| Dr. Orlando Quiróz | Especialista Hidrogeólogo | Análisis y desarrollo de la actualización del Mapa Hidrogeológico actualizado, Mapa de Recarga Potencial Hídrica, Zonificación de áreas para proyectos de Recarga Gestionada y de la Red de Monitoreo hidrogeológico de Acuíferos. |
| Dr. Alexis Baúles | Especialista de SIG y Teledetección | Responsable de la visualización, análisis geoespacial y desarrollo los productos cartográficos. |

**Anexo I: Créditos del Equipo Técnico**

| Nombre | Rol | Contribuciones Principales |
|---|---|---|
| Mgtr. Jhon Duque | Especialista Hidrogeólogo | Desarrollo técnico de los productos sobre Potencial e Inventario de acuíferos, con enfoque en integración cartográfica e interpretación hidrogeológica. |
| Ing. Eladio Almengor | Especialista Geólogo | Elaboración de perfiles estratigráficos, aporte en la caracterización geológica del país a partir de conocimientos de campo, y contribución a la clasificación geológica con enfoque hidrogeológico. |
| Mgtr. Radoslav Barzev | Especialista en Economía | Evaluación económica del uso del agua subterránea según modelo de optimización y análisis de beneficios económicos asociados a distintos escenarios. |
| Mgtr. Satoshi Yoshida | Geofísico y especialista en Metadatos | Desarrollo y análisis del Estudio Técnico con los resultados de la Evaluación Hidrogeológica. Elaboración de los metadatos. |
| Mgtr. David Trejos | Asistente de Hidrogeología y SIG | Colaboración con especialistas en hidrogeología y SIG durante el desarrollo del estudio. |
| Ing. Carlos Girón | Asistente de Hidrogeología y SIG | Colaboración con equipos de hidrogeología y SIG, y desarrollo del aplicativo del Sistema Nacional de Información Hidrogeológica (SNIH) |