

Investigación en agua subterránea

Guatemala, 07 de julio de 2023



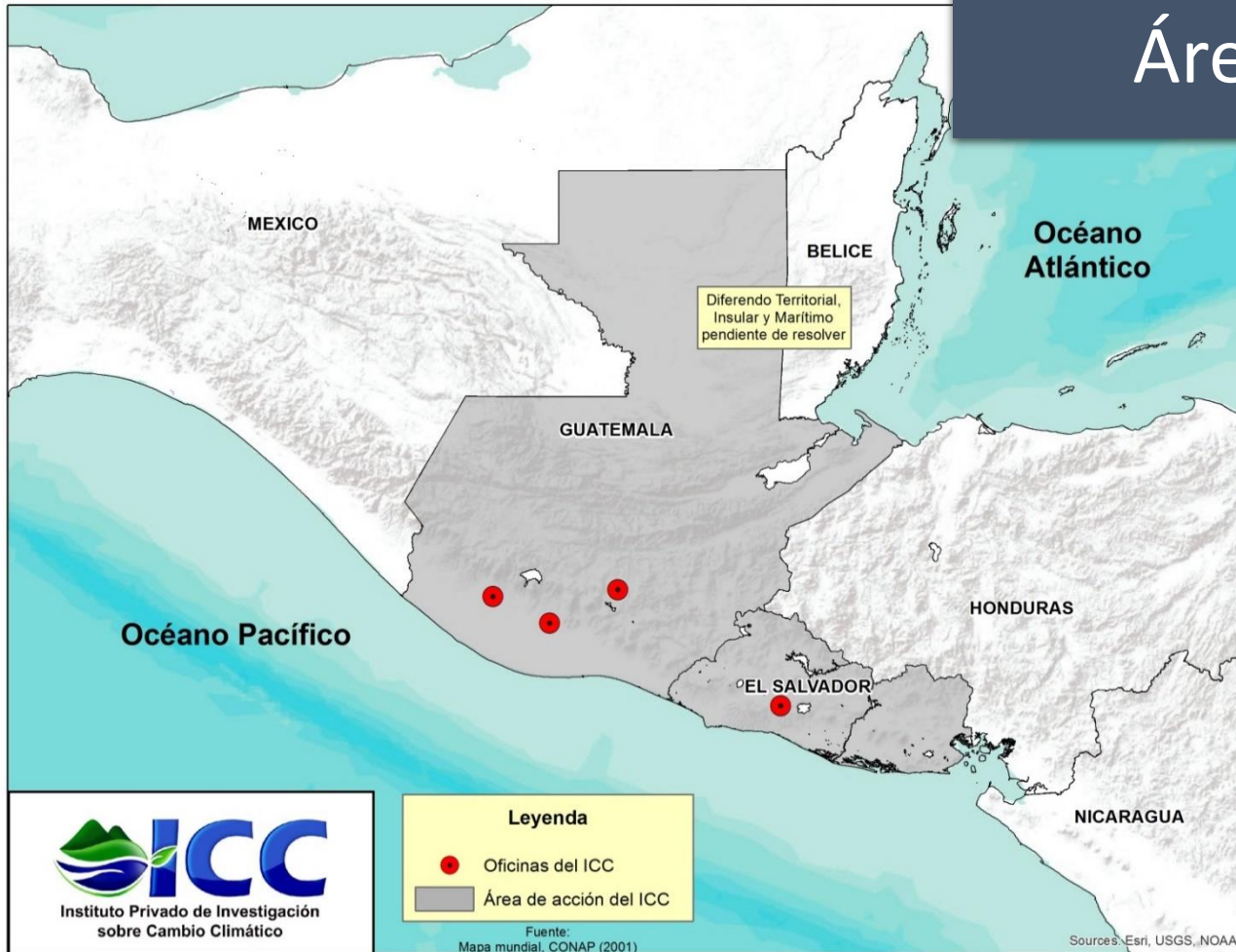
**Instituto Privado de Investigación
sobre Cambio Climático**

Guatemala | El Salvador
Centroamérica

Somos una institución no lucrativa, apolítica y no religiosa dedicada a desarrollar investigación e impulsar proyectos para la mitigación y adaptación al cambio climático.



Área de acción



La gestión integrada de los recursos hídricos es fundamental para la adaptación climática

Áreas Temáticas ICC



Mapa temático de la investigación desarrollada por el ICC en relación a los recursos hídricos



Objetivos de la investigación en agua subterránea

- Conocer el estado actual del recurso
- Tener una línea base del comportamiento y características
- Conceptualizar los sistemas acuíferos y sus interacciones con áreas de interés
- Detectar potenciales problemas antes de que aparezcan o crezcan
- Proveer herramientas para la toma de decisiones
- Proponer medidas de mitigación y reparación
- Sensibilizar ante las ventajas y riesgos del uso del recurso

1. GENERACIÓN Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN

Topografía
Unidades fisiográficas
Unidades geológicas
Imágenes satelitales

Columnas estratigráficas
Sondeos GE
Isotopos
Hidroquímica general



SISTEMA DE MONITOREO
DE ACUIFEROS
Niveles freáticos
Parámetros de acuífero

FASE DE
GABINETE



MODELO
CONCEPTUAL



MODELOS
NUMÉRICOS

2. ANÁLISIS Y RESULTADOS

BALANCE HIDROGEOLÓGICO

AREAS DE RECARGA Y VOLUMEN

ZONAS DE PROTECCIÓN DE POZOS
COMUNITARIOS

DISTANCIA INTERFERENCIA ENTRE
POZOS

MODELOS DE INTRUSIÓN SALINA



4. PROYECCIÓN

PROYECCIÓN DE ESCENARIOS:

- A. SOCIOECONÓMICOS
- B. EFICIENCIA USO DEL AGUA
- C. USO DE LA TIERRA
- D. CAMBIO CLIMÁTICO

3. PRODUCTOS

ESTADO DEL RECURSO

ESTRATEGIAS DE RECARGA

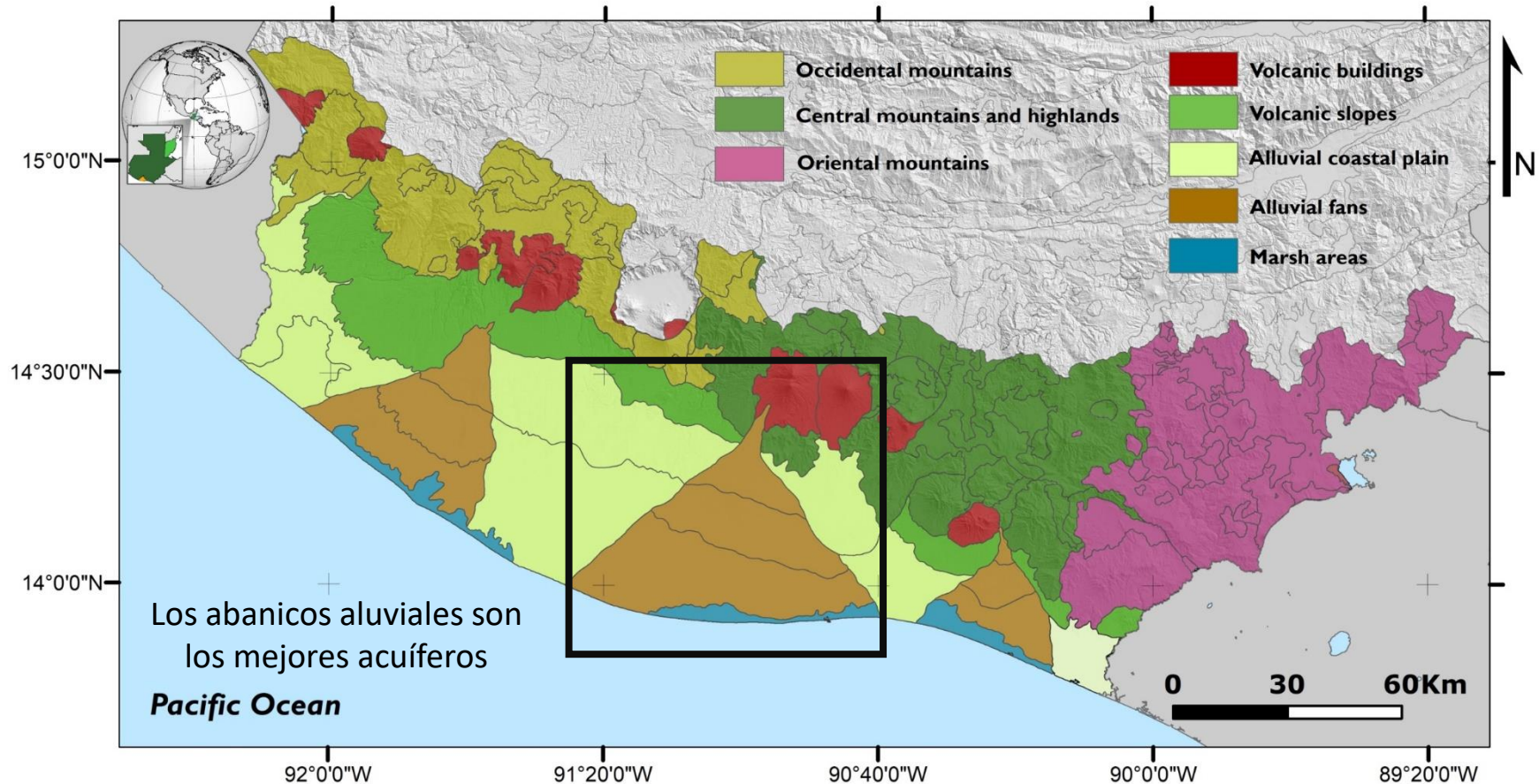
DESARROLLO DE NORMATIVAS

IMPACTO DE APLICACIÓN
FERTIRRIEGO/OTROS
CONTAMINANTES

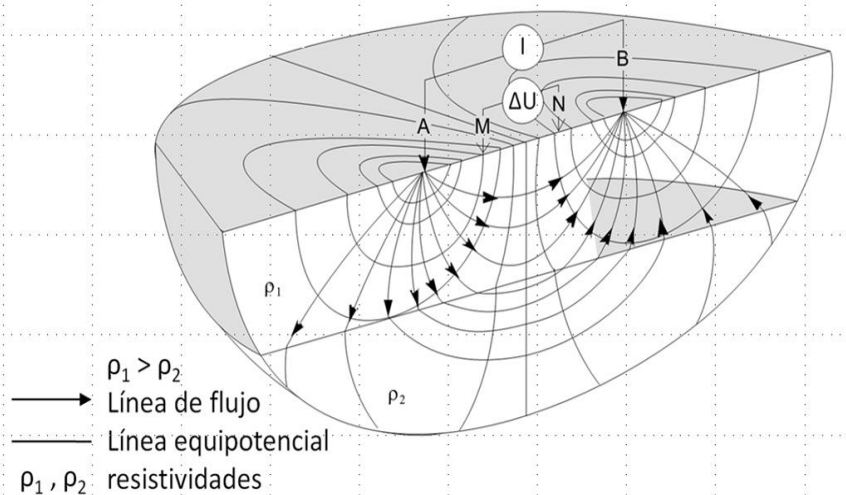
RECOMENDACIONES DE
PERFORACIÓN Y BOMBEO

PLAN DE MANEJO DE LA INTRUSIÓN
SALINA

Las unidades fisiográficas y geológicas determinan los acuíferos y el agua subterránea

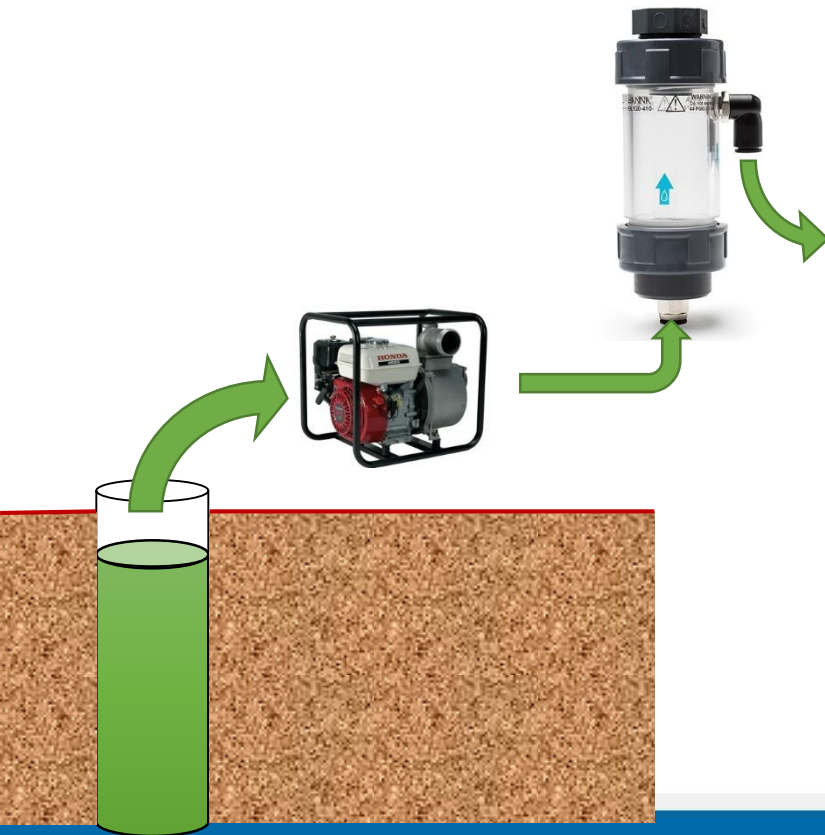


UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS - SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL



(Gil, 2018)

ANÁLISIS DE FLUJO REGIONAL – HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS

**Parámetros en campo:**

Temperatura

Conductividad Eléctrica

pH

Alcalinidad

Potencial Redox

Iones en laboratorio:Na, Ca, K, Mg, Cl, HCO₃, HSO₄, NO₃, Br, Mn, Fe, Si, B

Sr, Li, F, As, Ni, Zn, Pb, Cu

Isótopos:²H, ¹⁸O

Muestras de agua de lluvia

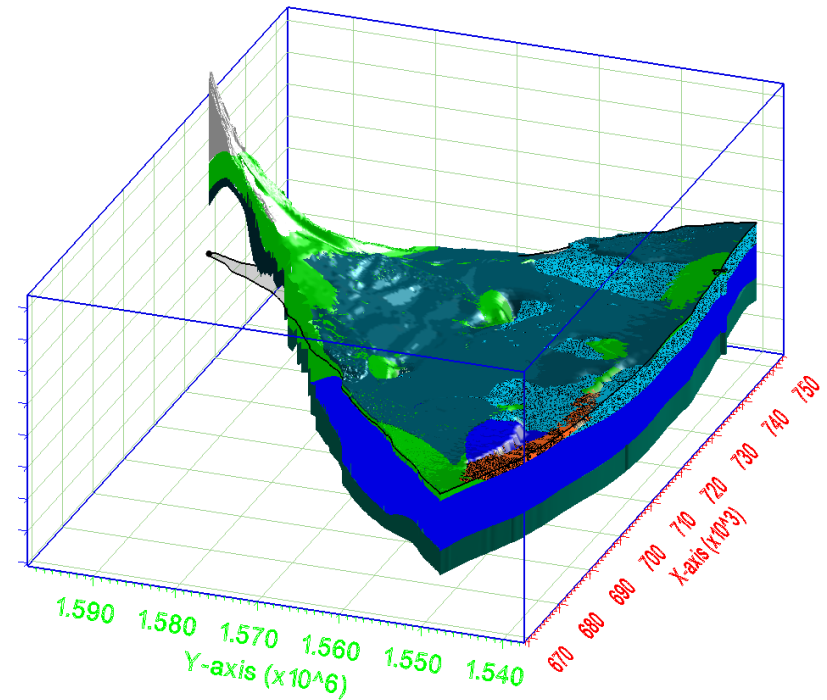
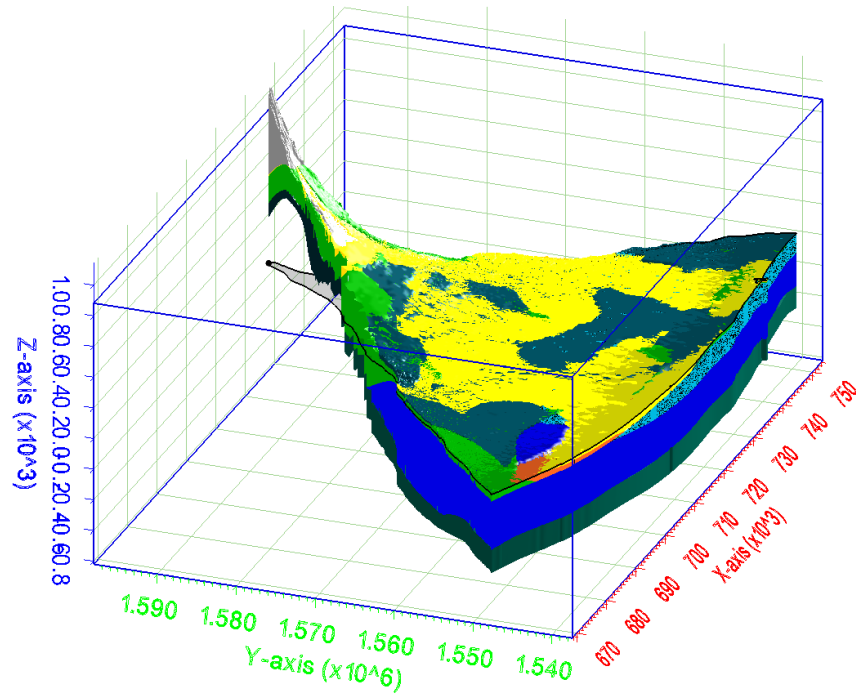
**OBJETIVO: Conocer el origen y la circulación
del agua subterránea**

(Gil, 2018)

ANÁLISIS DE FLUJO REGIONAL – HIDROQUÍMICA E ISÓTOPOS



MODELO LITOESTRATIGRÁFICO 3D: GEOMETRÍA DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS



Miocene Mudstone
Tertiary volcanic rocks
Pleistocene marine clays
Pleistocene alluvial clays

Holocene alluvial semiconfined
Holocene marine
Holocene salinized

Holocene shallow clay layer
Holocene volcanic debris
Holocene alluvial unconfined

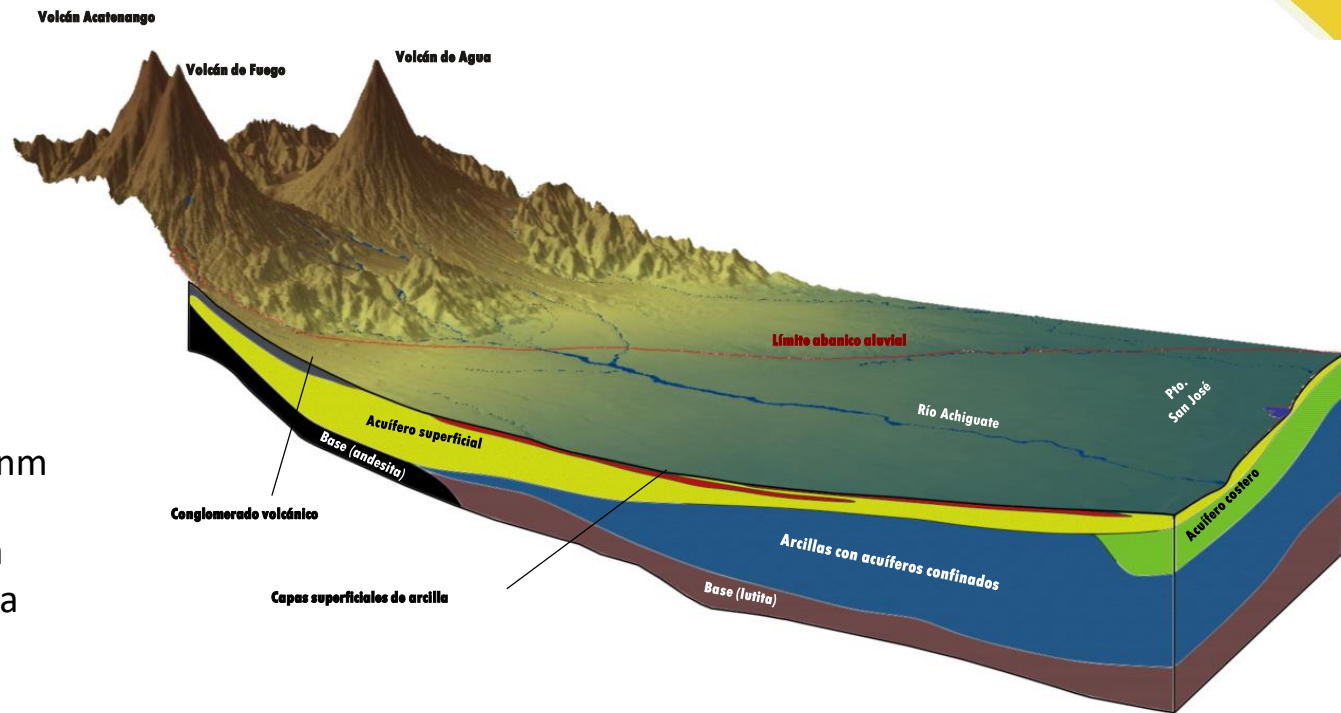
Delimitación de los sistemas de agua subterránea

Caracterización hidroquímica de las diferentes unidades

Área de recarga de acuífero profundo entre 750 y 1100msnm

Área de recarga principal en la bocacosta. Volumen de recarga anual estimado: 984hm³

Indicios de intrusión salina



Evaluación de la recarga por precipitación

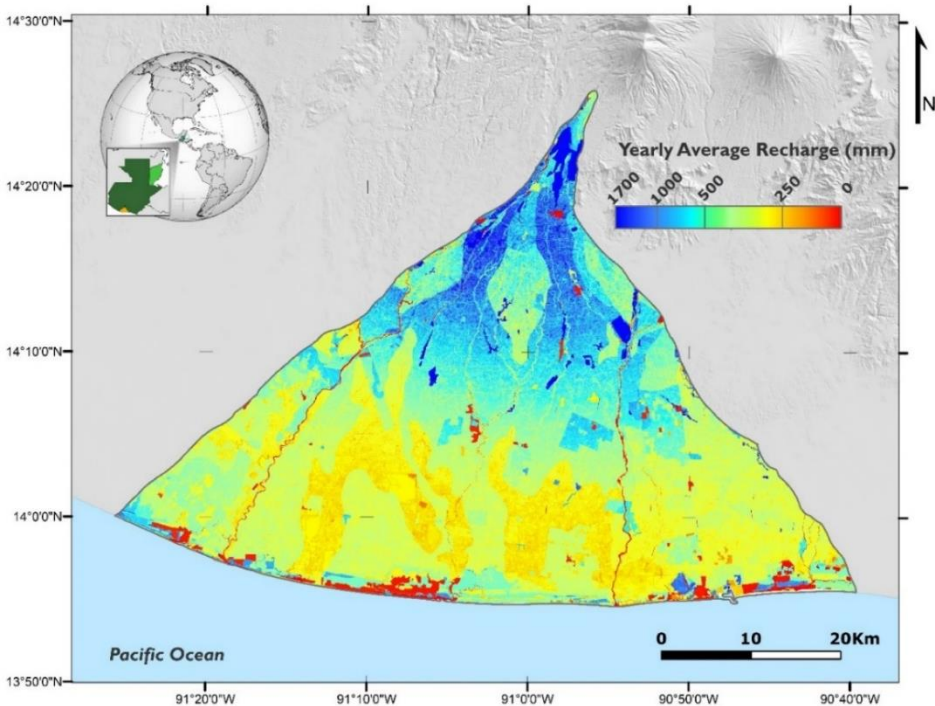


Fig. 9. Recarga por precipitación anual promedio. Gil Villalba, 2018.

- 831 a 984 hm³ en promedio*
- Aproximadamente **26%** de la precipitación anual ~3700 mm
- Diferentes métodos de evaluación:
 - WETSPASS – modelo de balance hidrológico completamente distribuido
 - Schosinsky & Losilla, 2000 – Modelo de balance hidrológico agrupado
 - Método de fluctuación del nivel freático (*Water table fluctuation*)
 - Balance de cloro (*Chloride mass balance*)

Monitoreo de pozos comunitarios

Parámetros de campo

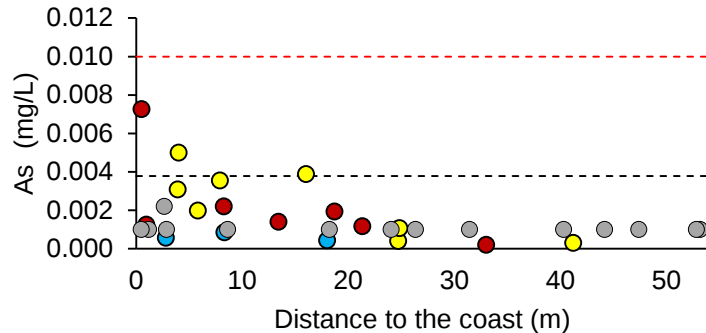
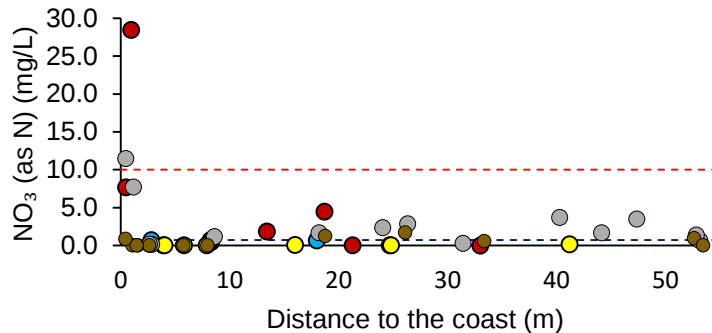
- Distancia del nivel freático
- Conductividad eléctrica
- Oxígeno disuelto
- Oxidación-Reducción
- pH
- Salinidad
- Temperatura
- Sólidos disueltos totales

Red de pozos comunitarios

- 3 abanicos aluviales y 1 municipio
- 185 puntos de monitoreo
- 6 años de monitoreo



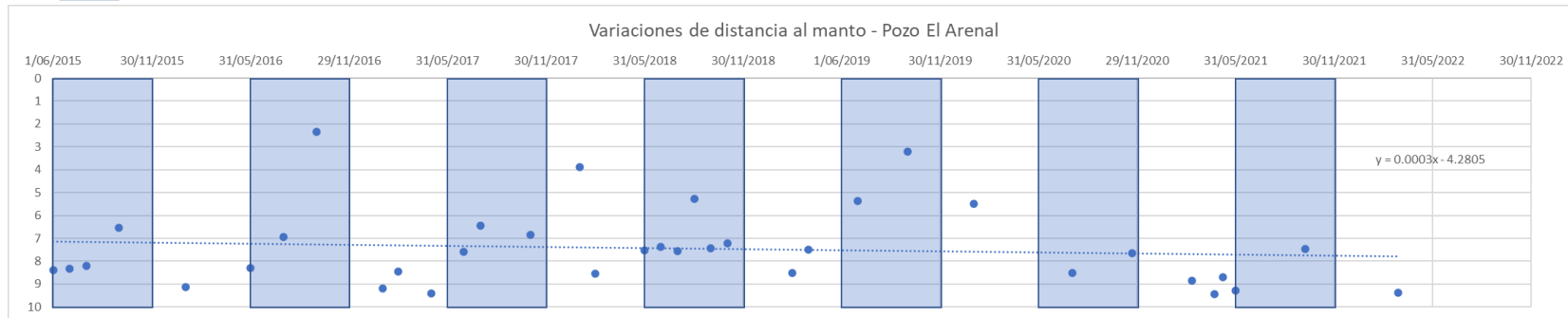
Líneas base



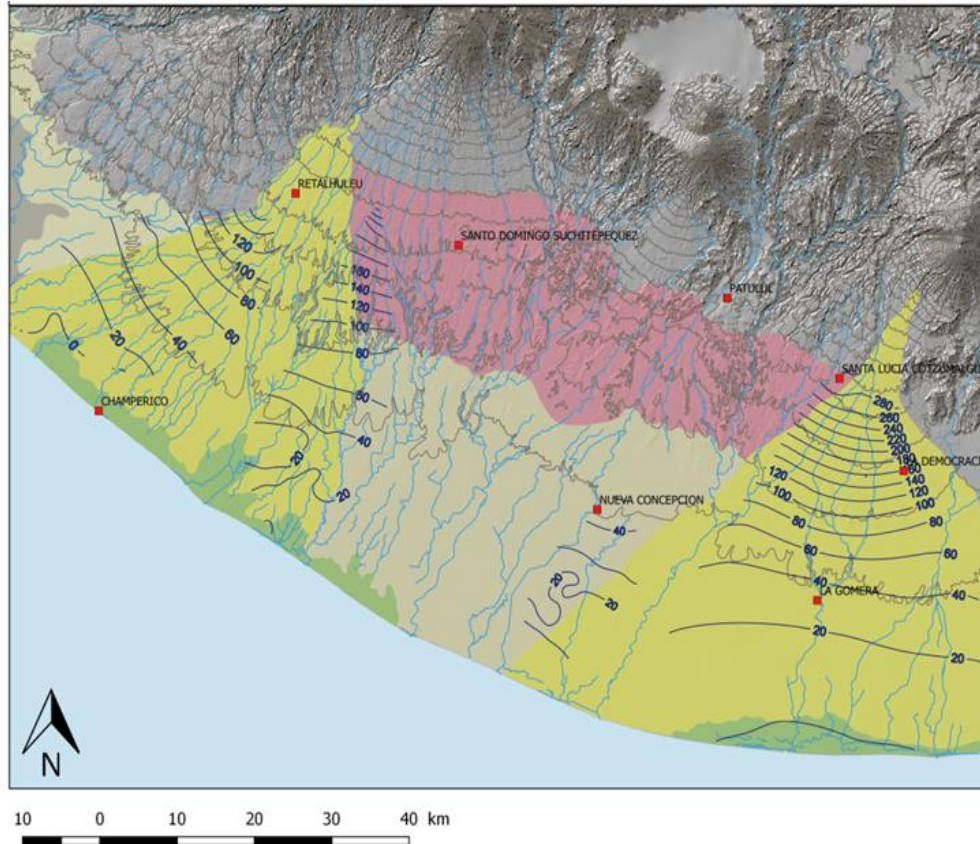
- Stream Water
- Groundwater Wells
- Farm Ponds
- Samples 2018
- Samples 2019
- Background Concentration
- Drinking Water Limit

Marroquín, 2021.

Época lluviosa



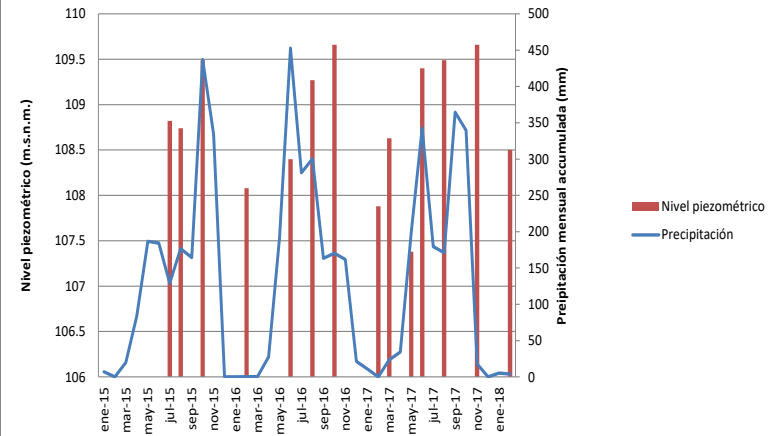
MAPA PIEZOMÉTRICO, AGOSTO 2017



Niveles piezométricos agosto 2017

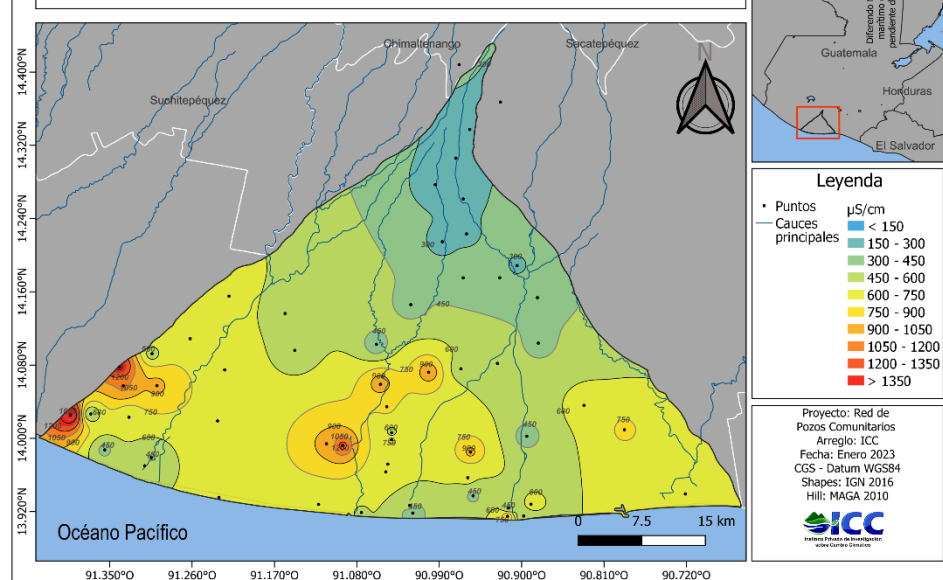
Niveles siguen la topografía, el flujo tiene dirección norte-sur

Relación entre el nivel piezométrico en el pozo Calle Arabela y la precipitación mensual acumulada en la estación Tehuantepec

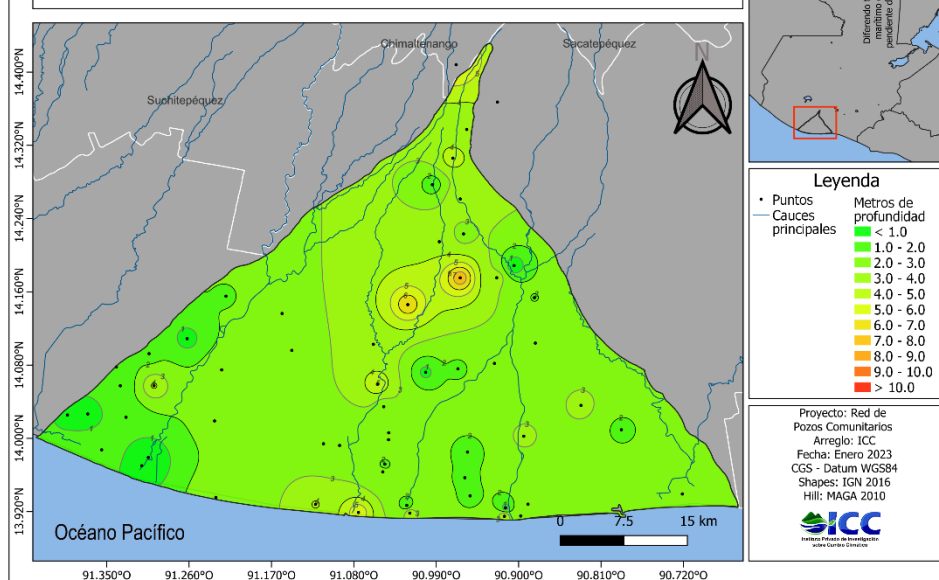


Niveles y parámetros de campo

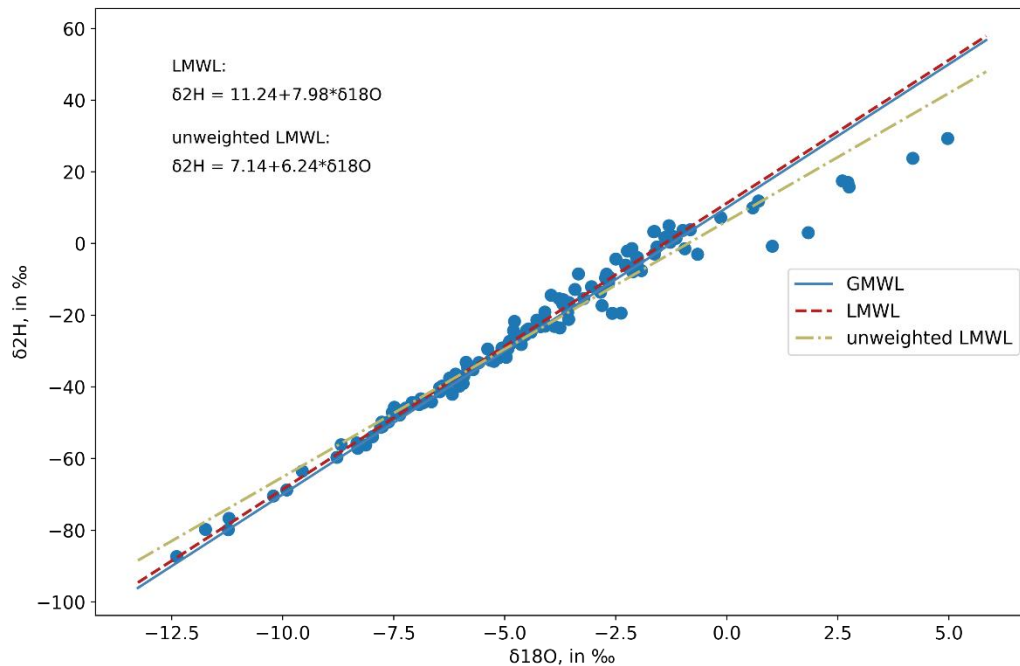
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA NOVIEMBRE 2022
ABANICO ALUVIAL CENTRAL
RED DE POZOS COMUNITARIOS ICC



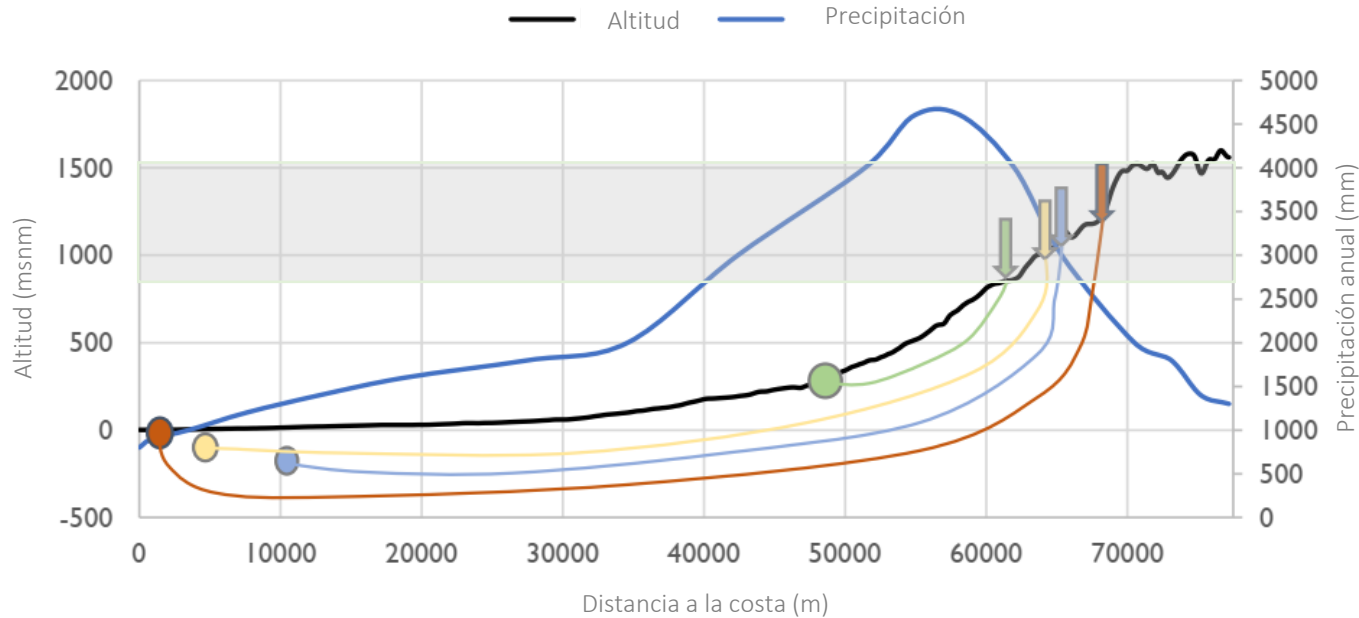
DISTANCIA DE NIVEL FREÁTICO NOVIEMBRE 2022
ABANICO ALUVIAL CENTRAL
RED DE POZOS COMUNITARIOS ICC



Isótopos – Red GNIP



Origen de la recarga por precipitación

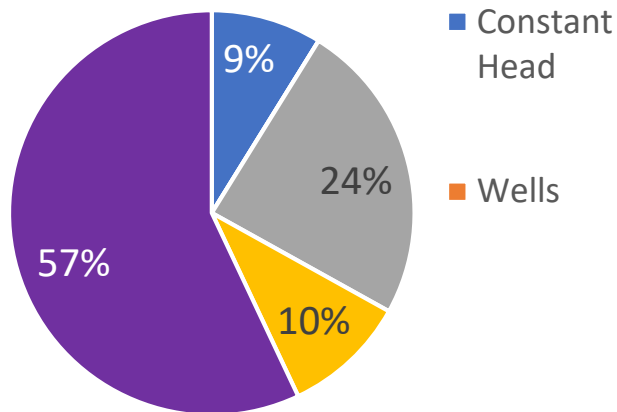


- La recarga de los sistemas profundos ocurre en las altitudes entre 900 y 1500 msnm.
- **5%** del área aporta el **11%** de la recarga por precipitación

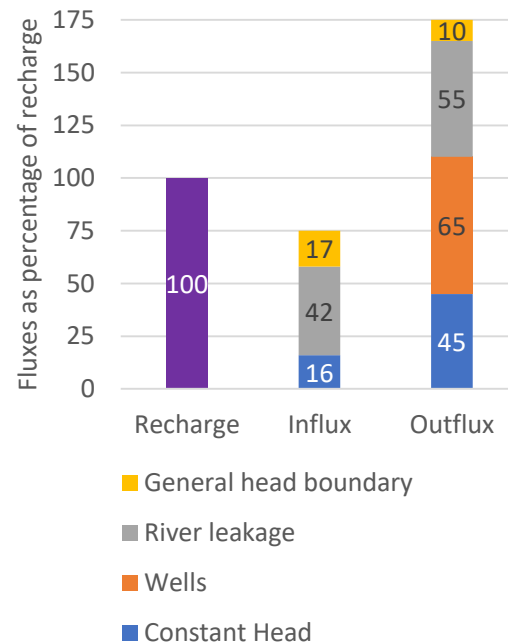
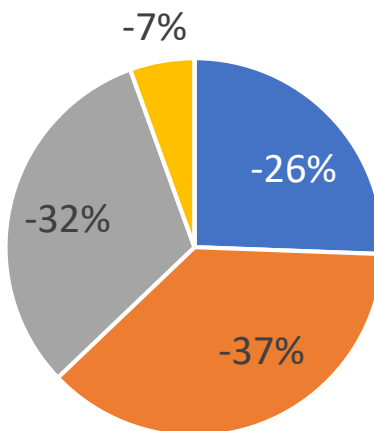
Fig. 12. Zonas de recarga aproximadas. Gil Villaba, 2018.

Balance hídrico - global

Influx



Outflux



Global water budget for the calibrated model as fraction of recharge.

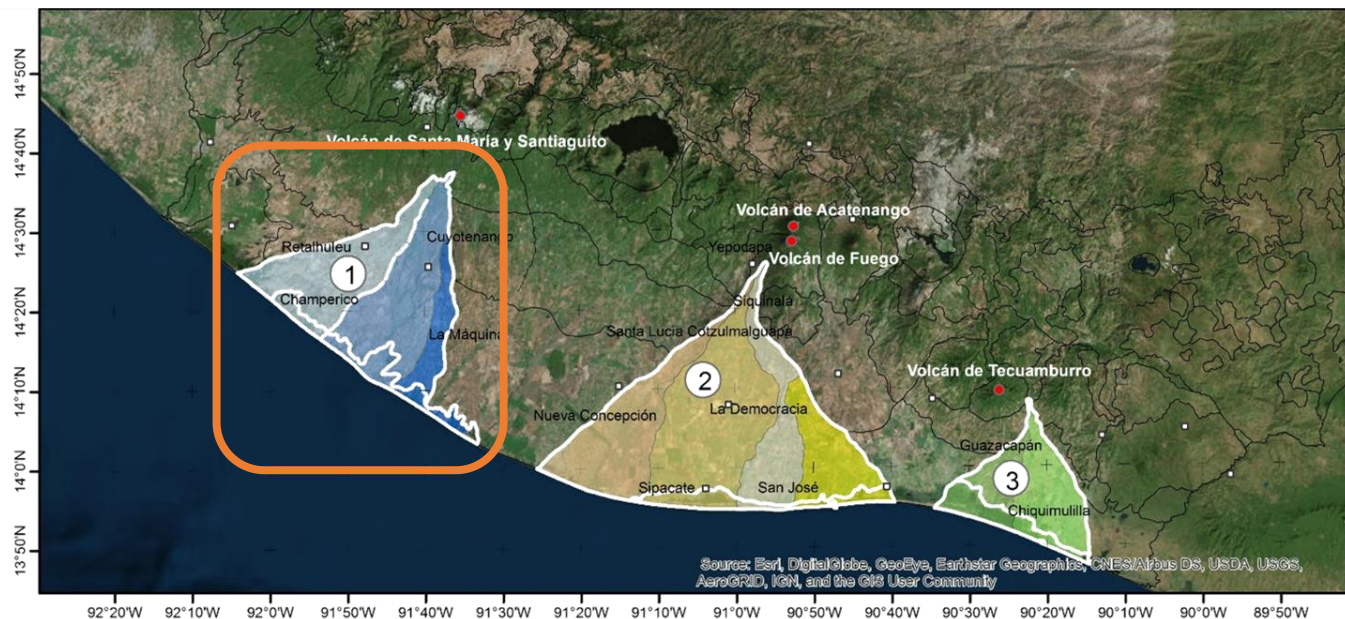


TÉCNICO
LISBOA



IHE
DELFT

Global water budget for the calibrated model as fraction of recharge.



Legenda

- ① Abanico aluvial del volcán de Santa María y Santiaguito ② Abanico aluvial del volcán de Fuego y Acatenango ③ Abanico aluvial del volcán de Tecumburro

Cuencas

Ocosito
Samalá
Sis-Icán

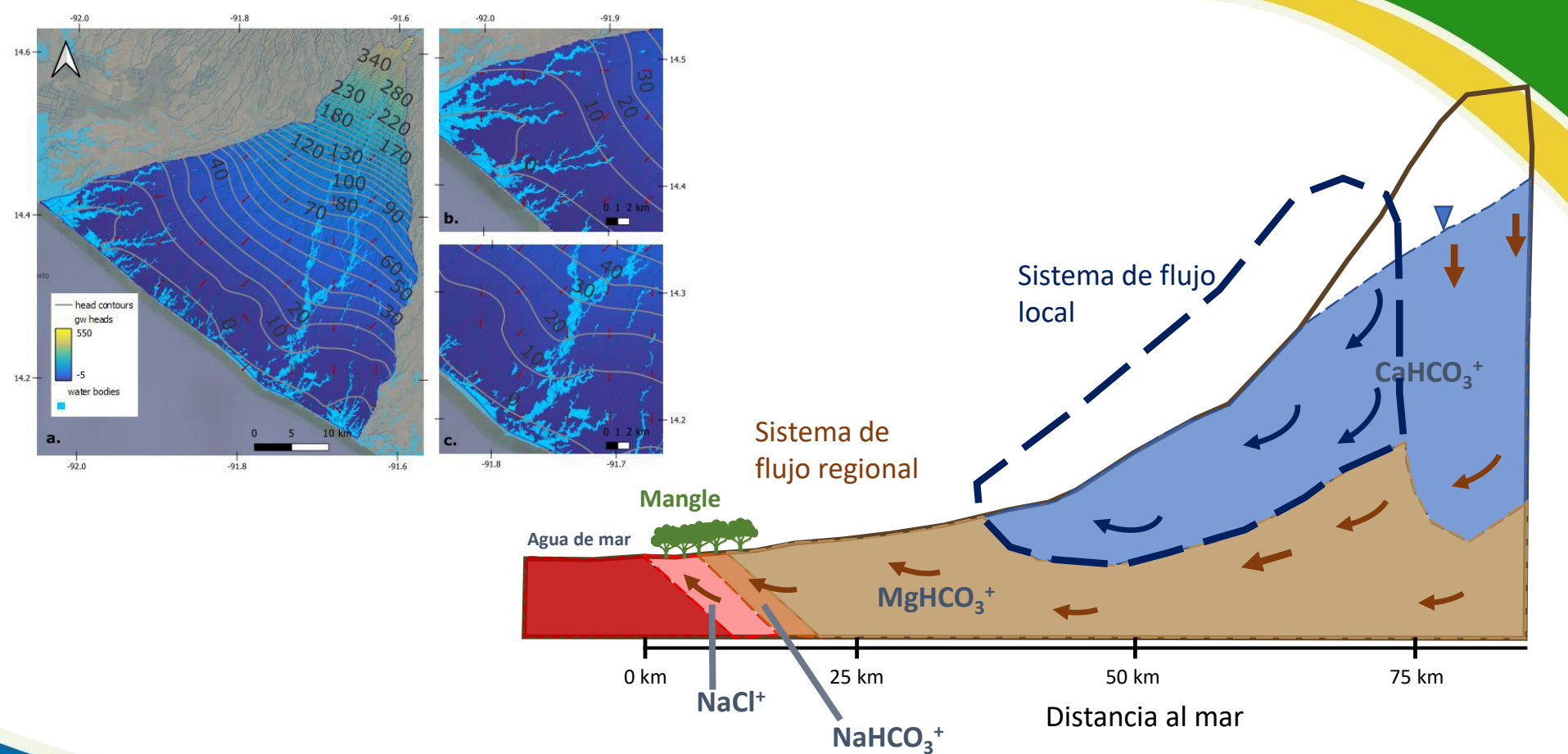
Coyolate
Acomé
Achiguate
Maria Linda

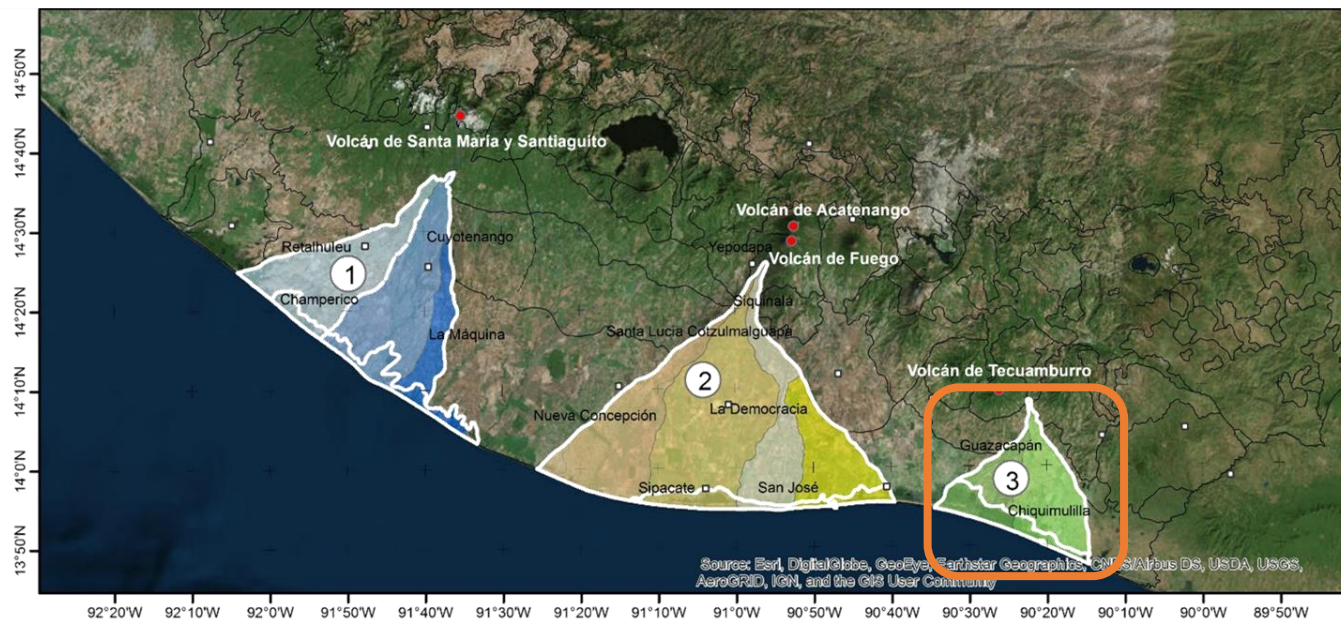
Paso Hondo
Los Esclavos

0 5 10 20 30
Km

Proyecto: Estudio hidrogeológico
Arreglo: ICC
Fecha: 2018
CGS - Datum WGS84
Fuente: MAGA 2003







Legenda

- ① Abanico aluvial del volcán de Santa María y Santiaguito ② Abanico aluvial del volcán de Fuego y Acatenango ③ Abanico aluvial del volcán de Tecumburro

Cuencas

Ocosito
Samalá
Sis-Icán

Coyolate
Acomé
Achiguate
Maria Linda

Paso Hondo
Los Esclavos

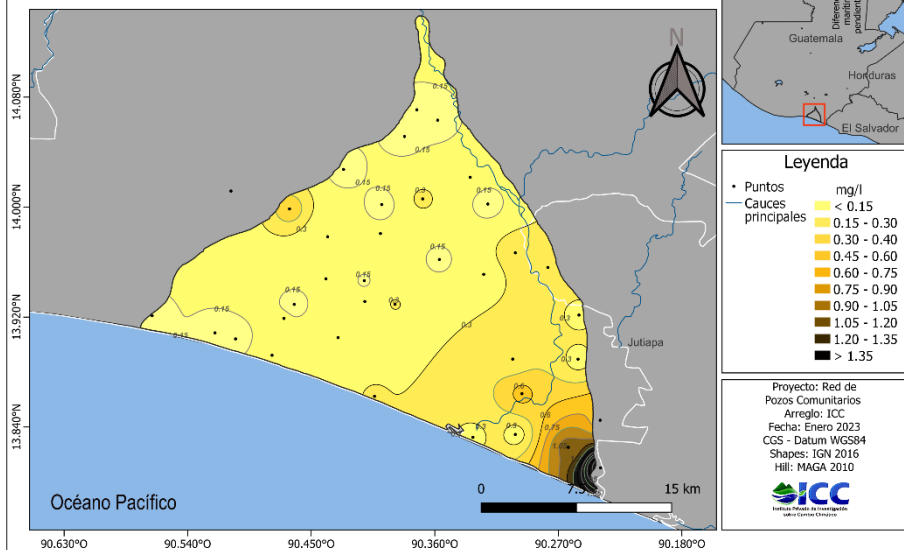
0 5 10 20 30
Km

Proyecto: Estudio hidrogeológico
Arreglo: ICC
Fecha: 2018
CGS - Datum WGS84
Fuente: MAGA 2003

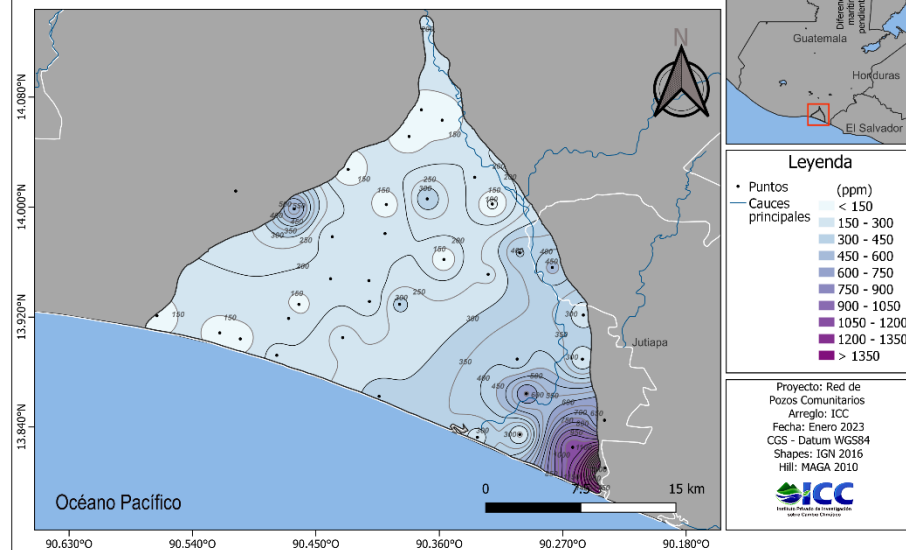


Mediciones de campo

SALINIDAD NOVIEMBRE 2022
ABANICO ALUVIAL DE ORIENTE
RED DE POZOS COMUNITARIOS ICC



TOTAL DE SOLIDOS DISUELTOS NOVIEMBRE 2022
ABANICO ALUVIAL DE ORIENTE
RED DE POZOS COMUNITARIOS ICC



Investigación aplicada y enfocada en la búsqueda de soluciones

- Relevancia para el manejo integrado de cuencas (Acdo. 19-2021)
- Detección de problemas: descenso de niveles e intrusión salina
- Identificación de zonas de recarga para protección: caso Coca Cola en cuenca Samalá-Bolas
- Evidenciar relación ríos-acuíferos



TÉCNICO
LISBOA



IHE
DELFT

ICC
Instituto Privado de Investigación
sobre Cambio Climático