

# Inciendiando en Gestión de Ciclo Hidrológico con Enfoque en Aguas Subterráneas para Adaptación al Cambio Climático en AMSS

## Gestión del Agua con una Perspectiva de Resiliencia Climática





**Gestión Hídrica**  
EN EL AMSS



Financiado por  
la Unión Europea



## EUROCLIMA+

Su objetivo es reducir el impacto del cambio climático y sus efectos en América Latina promoviendo la mitigación y adaptación al cambio climático, la resiliencia y la inversión.

## EUROCLIMA+

Implementa acciones que se consideran de importancia estratégica para la implementación y/o actualización de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) en sus 18 países socios.

# AGUA URBANA



### Asegurar

Asegurar la disponibilidad de recursos hídricos, en el marco de una gestión integral del agua.



### Garantizar

La sostenibilidad de los servicios de abastecimiento de agua potable en áreas urbanas ubicadas en zonas expuestas al cambio climático, con atención particular sobre el acceso al agua de las poblaciones más vulnerables.



### Fortalecer

Las capacidades institucionales y la gobernanza del sector en los países beneficiarios.

# Incidiendo en Gestión de Ciclo Hidrológico con Enfoque en Aguas Subterráneas para Adaptación al Cambio Climático en Área Metropolitana de San Salvador

**Objetivo General:** Contribuir a la implementación de la Contribución Nacional Determinada, NDC, a partir de la elaboración de planes de gestión para zonas de recarga acuífera en el Área Metropolitana de San Salvador, El Salvador.

**Objetivo Específico:** Fortalecer la gestión urbana del ciclo del agua para promover la resiliencia ante los efectos y desafíos del cambio climático en el AMSS, a través de un proceso sistematizado y un modelo de gobernanza para una adecuada gestión urbana del ciclo del agua con la finalidad de lograr un aprovechamiento sostenible del recurso hídrico.

# Inciendiendo en Gestión de Ciclo Hidrológico con Enfoque en Aguas Subterráneas para Adaptación al Cambio Climático en Área Metropolitana de San Salvador



**Gestión Hídrica**  
EN EL AMSS



**R1**

Cartografía a escala metropolitana que considera los efectos al cambio climático en las temáticas de hidrogeología, recarga, vulnerabilidad y de riesgo a la contaminación acuífera que incide en la planificación territorial sostenible.



**R2**

Fortalecidas las capacidades técnicas y los instrumentos normativos del AMSS.



**R3**

Implementados bajo esquemas de gobernanza metropolitana proyectos pilotos de protección del recurso hídrico a partir de estrategias sostenibles de gestión del ciclo del agua.

# Contexto de RR HH en el AMSS

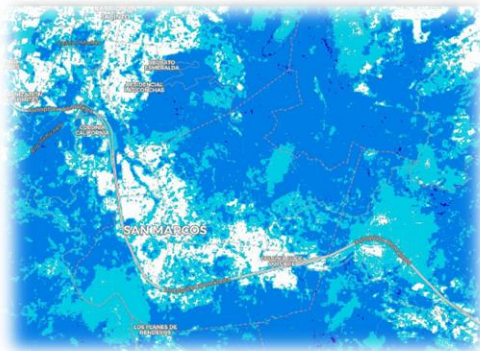
- Ley General de Recursos Hídricos (en estudio) → **Balance es la base de asignaciones**
- Avances en ambiente propicio e instrumentos de gestión:
  - ✓ Política de RRHH
  - ✓ Estrategia Nacional de RRHH
  - ✓ Estrategia Nacional de CC
  - ✓ PNGIRH
  - ✓ Escenarios climáticos → **3ª comunicación**
  - ✓ Evaluación del grado de avance de la GIRH (ODS 6.5.1)
  - ✓ SIHI
  - ✓ Geoportal del AMSS



**Gestión Hídrica**  
EN EL AMSS



Financiado por  
la Unión Europea



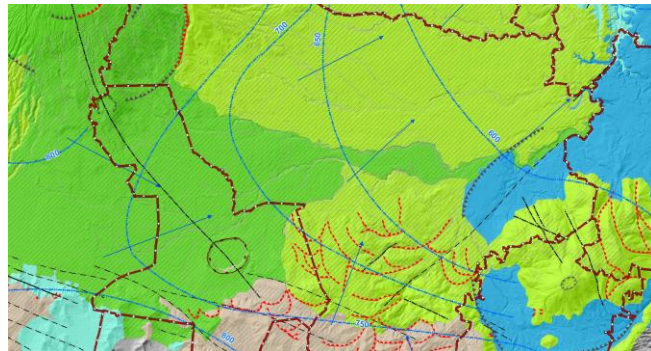
Generación de información



Formación técnica



Equipamiento



Elaboración de Cartografía



**Gestión Hídrica**  
EN EL AMSS

del sector del terreno Soyapango.

Proyecto: "Gestión Hídrica en el AMSS".

Gestión Hídrica Área Metropolitana de San Salvador. Salvador", e COAMSS/OPAMSS tiene el agrado de invitarle al curso:



**INTRODUCCIÓN A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

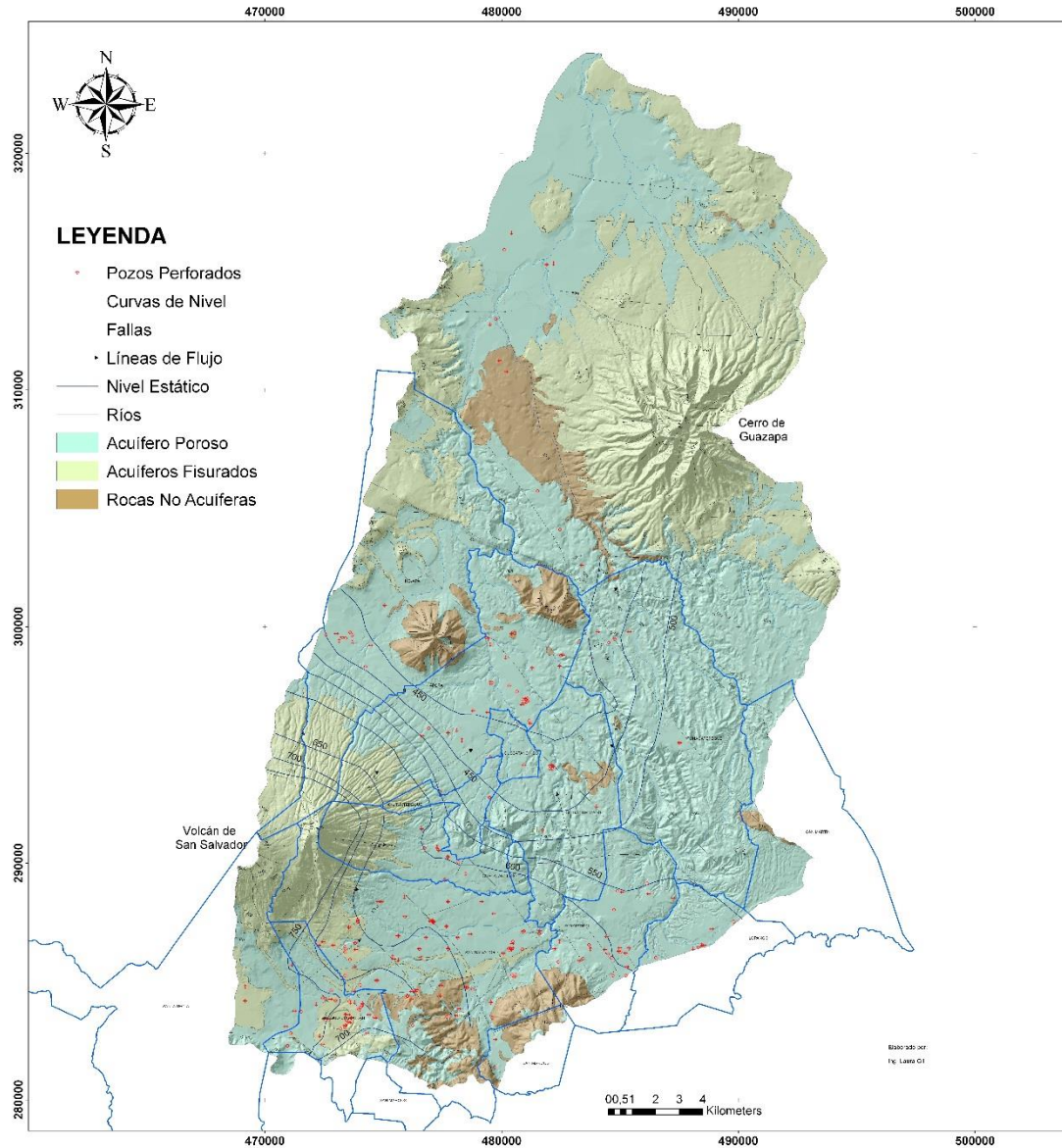
Esperamos que este sea un espacio para dialogar sobre temas relacionados a la geología, aguas subterráneas, recarga acuífera y contaminación. Esta primera sesión será una introducción de conceptos básicos en el marco de construcción de mapas relacionados a las aguas subterráneas, ya que es un recurso vital para el AMSS.

Campaña de comunicación

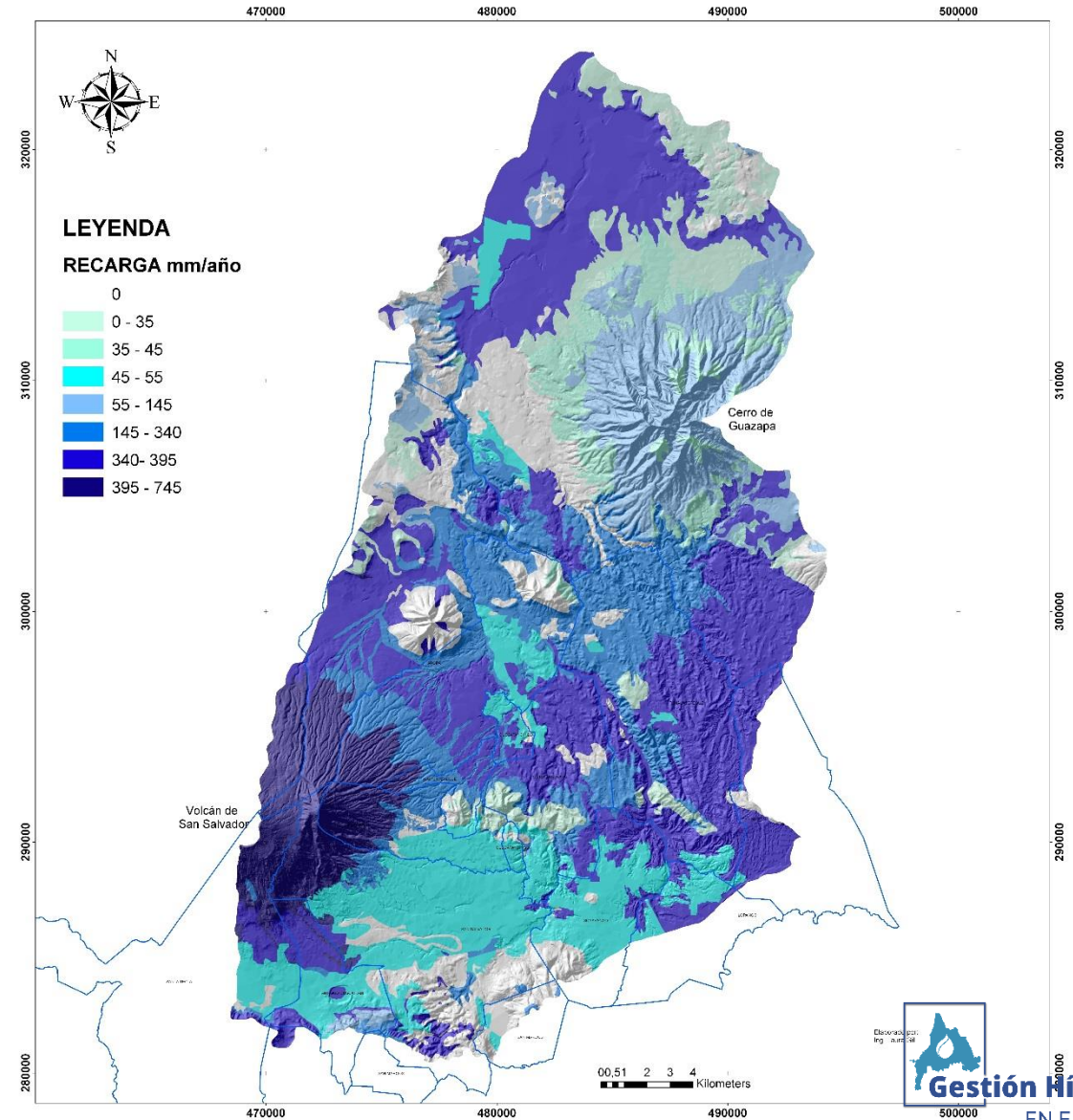


Expediciones al campo

## MAPA HIDROGEOLOGICO CUENCA DEL RIO ACELHUATE



## MAPA DE RECARGA ACUIFERA CUENCA DEL RIO ACELHUATE



**Recarga\_pot**

0 - 201.5906784

201.5906785 - 447.9792853

447.9792854 - 582.3730709

582.373071 - 709.3005351

709.3005352 - 1,903.911963



**Gestión Hidrica**

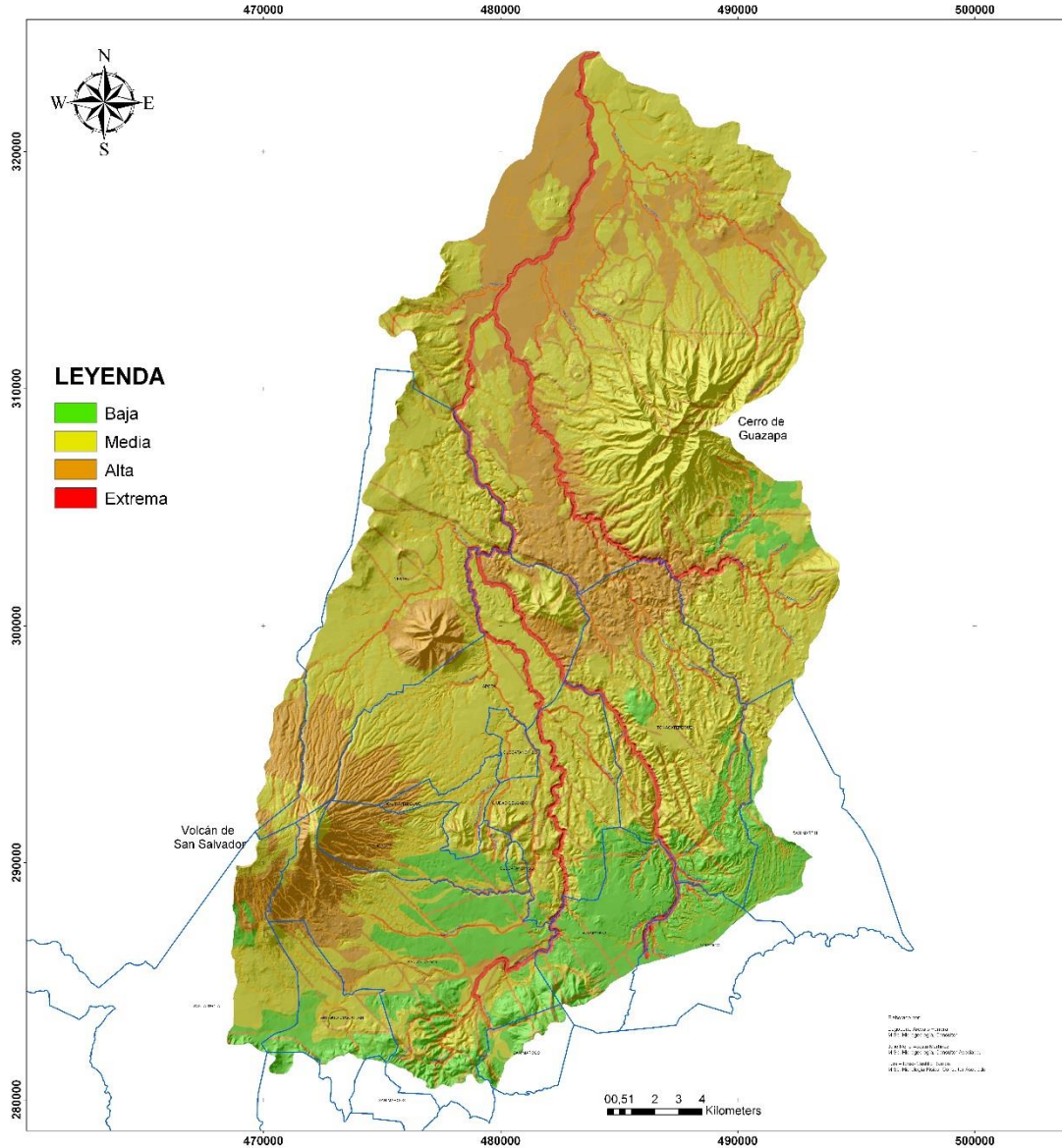
EN EL AM3S

0 2.5 5 10 Kilometers

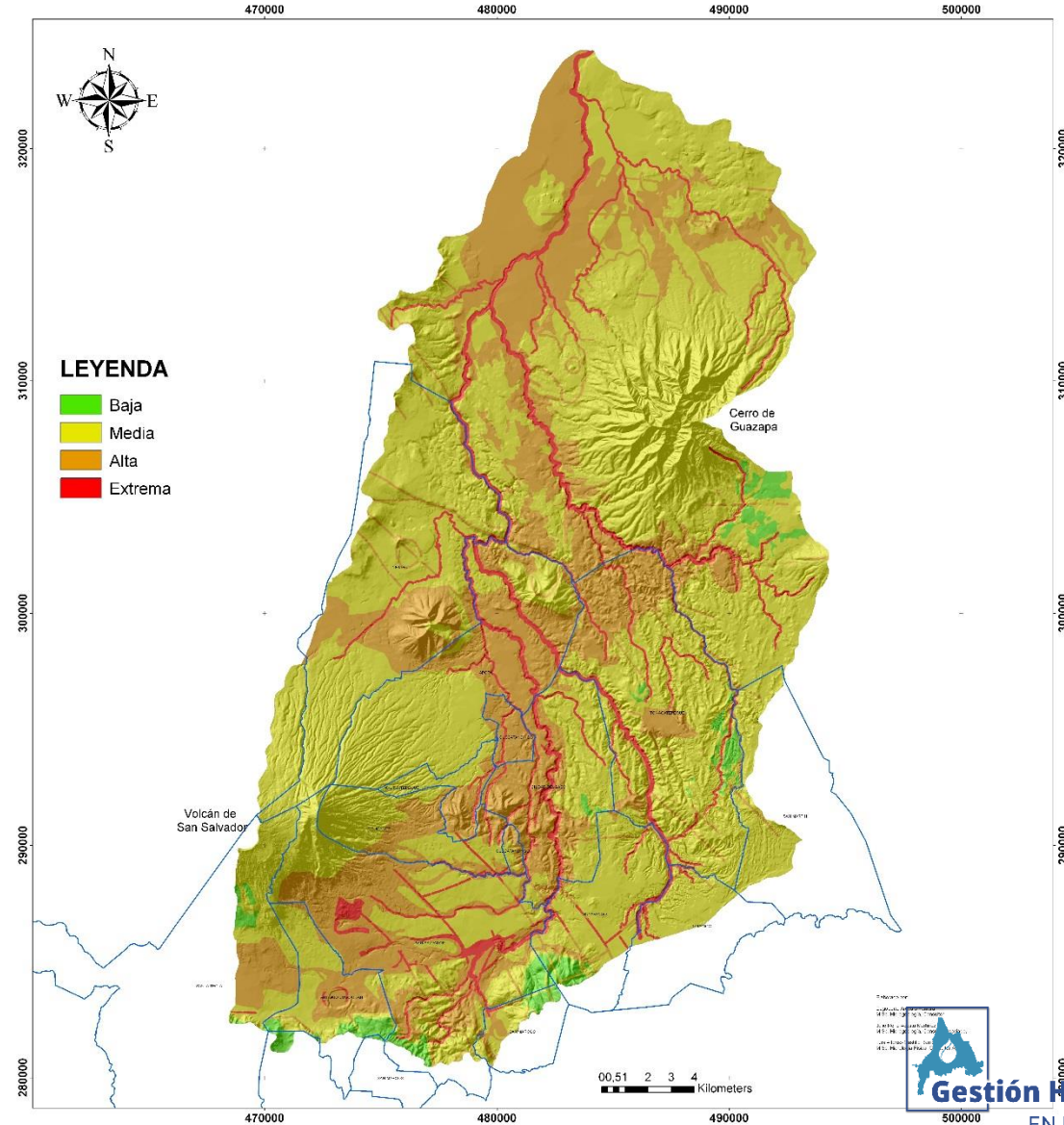




**MAPA DE VULNERABILIDAD ACUIFERA  
 CUENCA DEL RIO ACELHUATE**



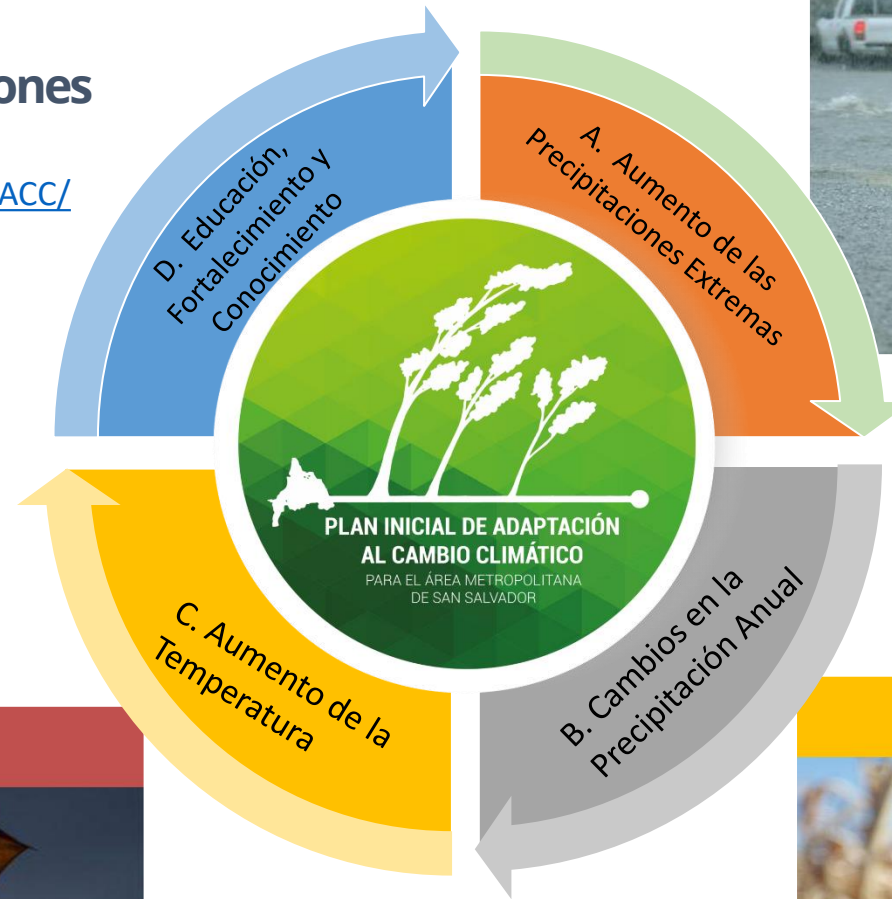
**MAPA DE RIESGO A LA CONTAMINACIÓN  
 CUENCA DEL RIO ACELHUATE**



# Componentes del PIACC – AMSS

## 10 Medidas de Adaptación + 24 Acciones

PORTAL DE ADAPTACION: <https://opamss.org.sv/PIACC/>



**Aumento de la precipitación extrema**  
y riesgos asociados a inundaciones y deslizamientos.



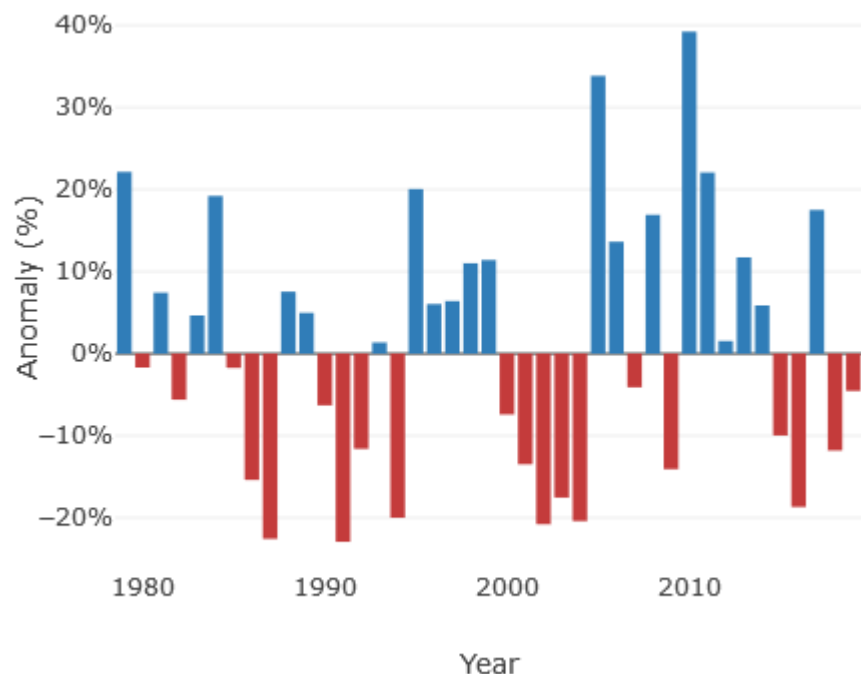
**Aumento de la temperatura**  
y riesgos asociados para la población



**Cambios en la precipitación anual**  
y posibles riesgos para los recursos hídricos subterráneos



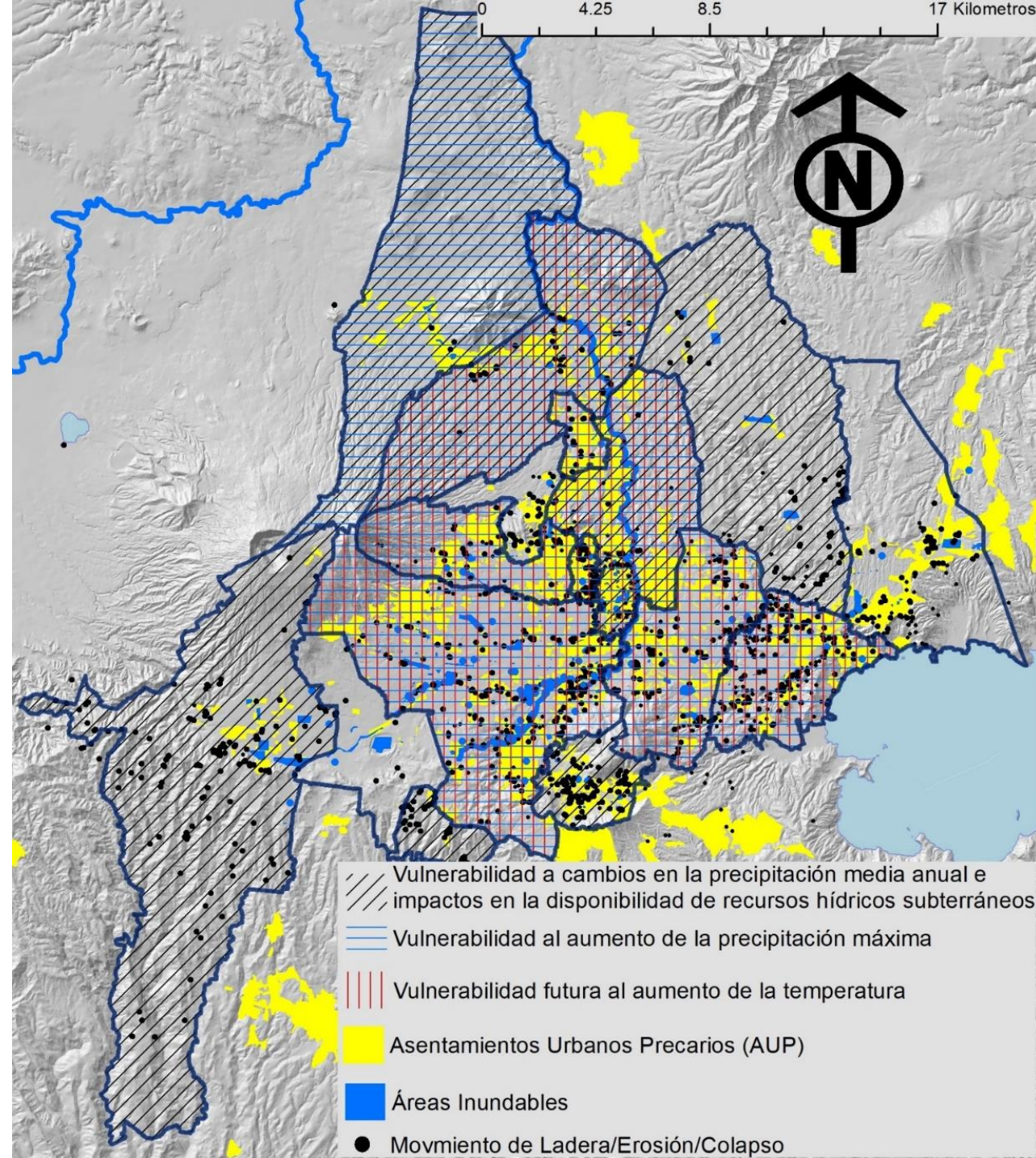
## Anomalía de precipitación anual (1979-2018)



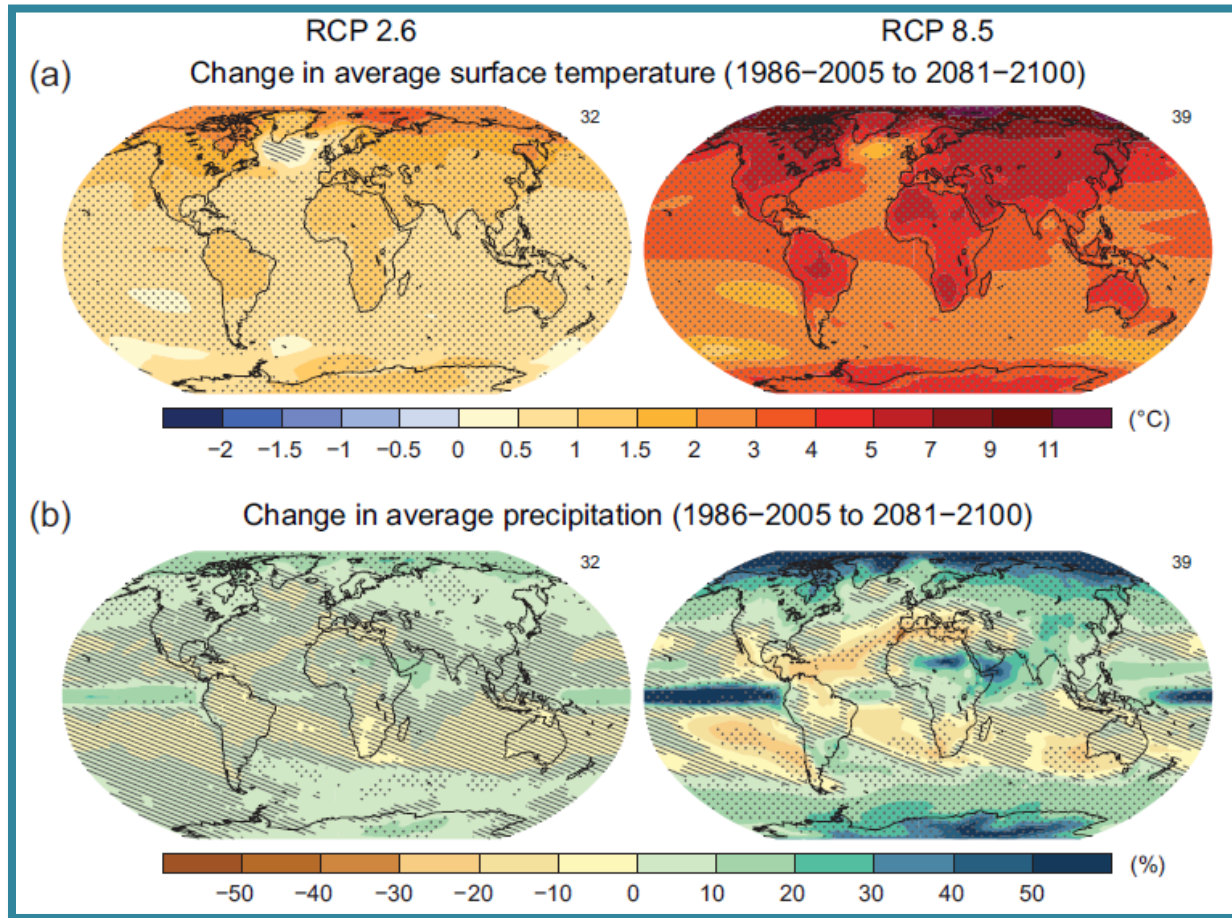
La gráfica muestra la anomalía de precipitación para cada año en el período 1979-2018, de más precipitación (azul) o menos (rojo) cada año como un porcentaje en relación con el período de referencia a largo plazo de 1981-2010.

**Hay ciclos de sequia y tormentas extraordinarias ambos fenómenos provocan problemas por inundación, pérdidas cosecha y disminución de nivel de acuíferos**

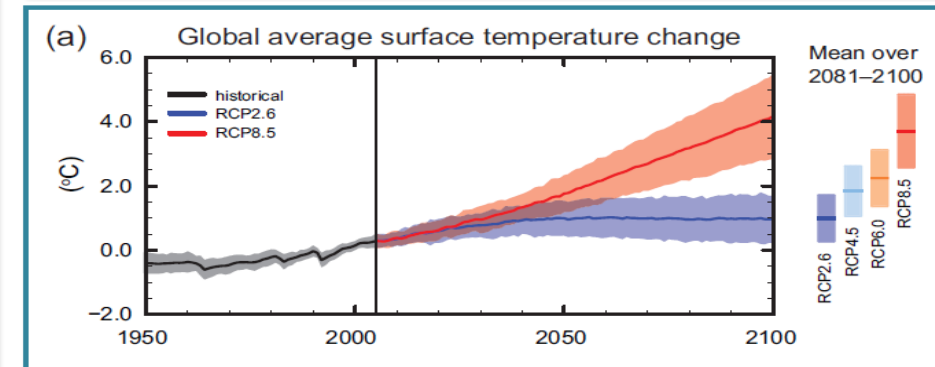
MARN (2018)



# Escenarios RCP



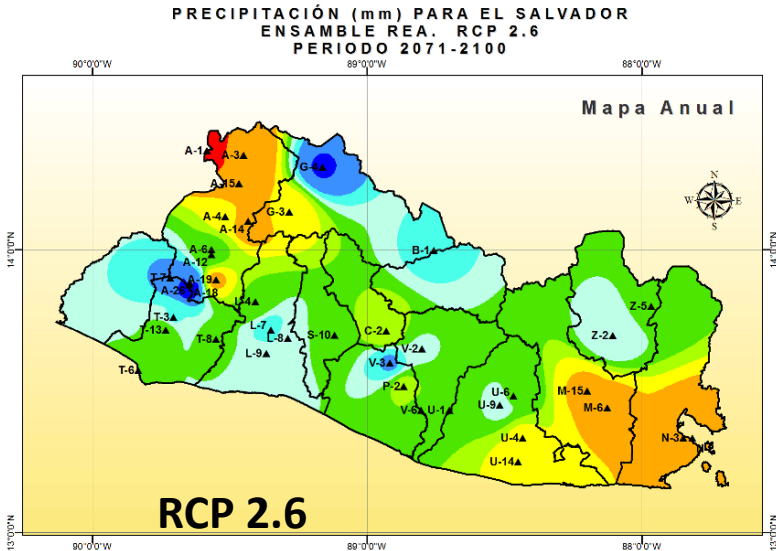
Variable	Escenario	2046-2065		2081-2100	
		Media	Rango Probable	Media	Rango Probable
Cambio temperatura superficial media (°C)	RCP2.6	1.0	0.4 - 1.6	1.0	0.3 - 1.7
	RCP4.5	1.4	0.9 - 2.0	1.8	1.1 - 2.6
	RCP6.0	1.3	0.8 - 1.8	2.2	1.4 - 3.1
	RCP8.5	2.0	1.4 - 2.6	3.7	2.6 - 4.8



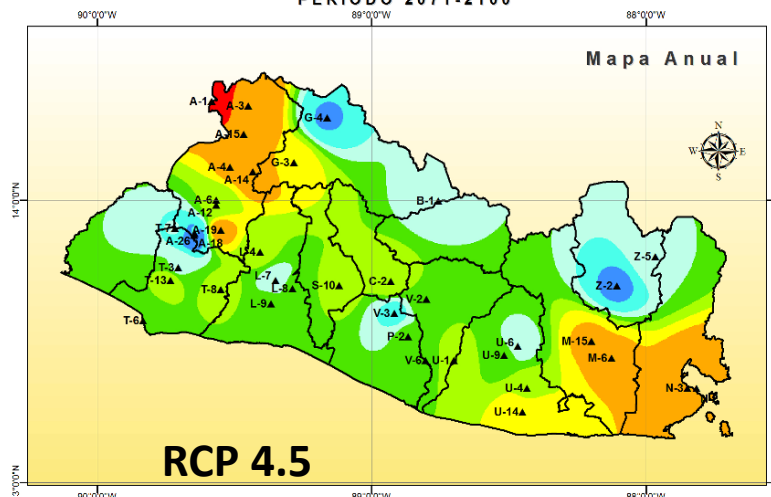
# RESULTADOS

## CLIMATOLOGÍA 1961-1990

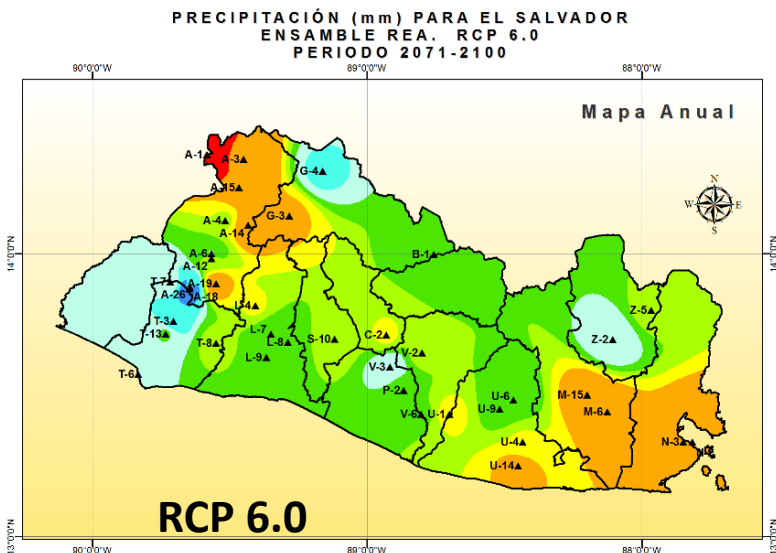
PRECIPITACIÓN (mm) PARA EL SALVADOR  
ENSAMBLE REA. RCP 2.6  
PERIODO 2071-2100



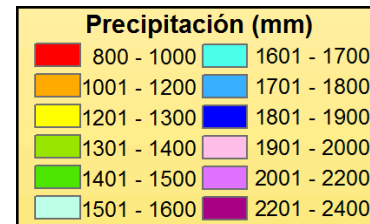
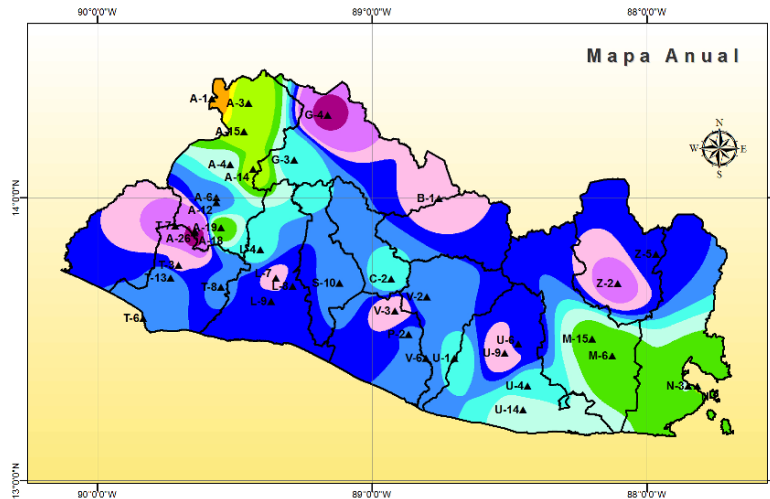
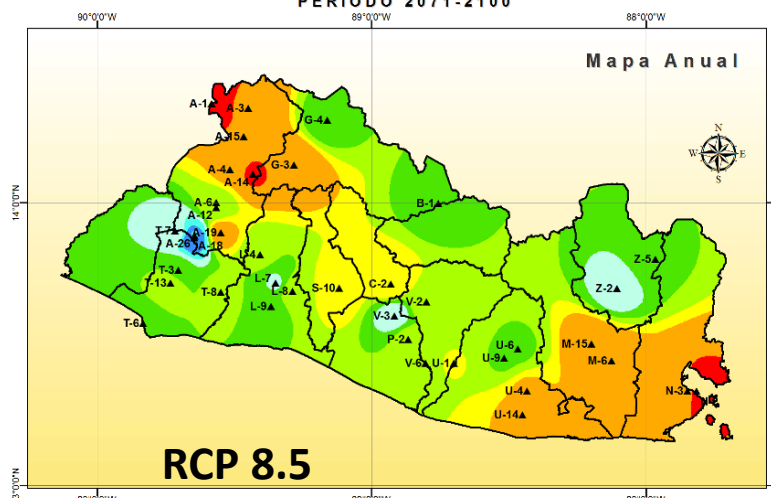
PRECIPITACIÓN (mm) PARA EL SALVADOR  
ENSAMBLE REA. RCP 4.5  
PERIODO 2071-2100



PRECIPITACIÓN (mm) PARA EL SALVADOR  
ENSAMBLE REA. RCP 6.0  
PERIODO 2071-2100



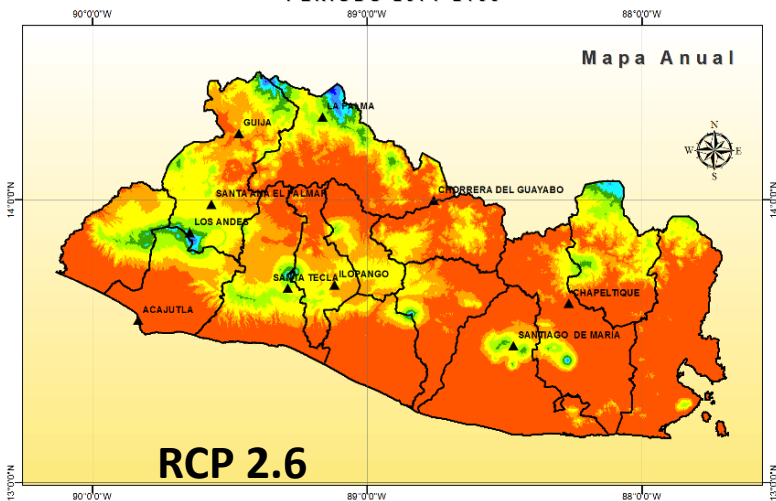
PRECIPITACIÓN (mm) PARA EL SALVADOR  
ENSAMBLE REA. RCP 8.5  
PERIODO 2071-2100



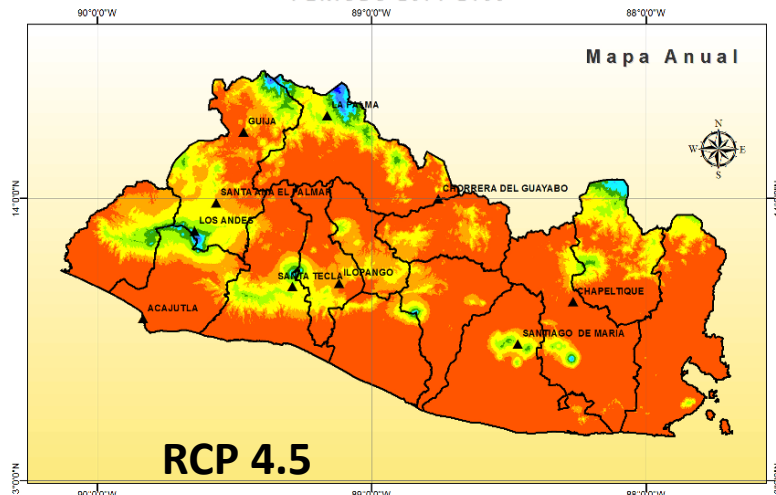
### Precipitación – 2071-2100

# RESULTADOS

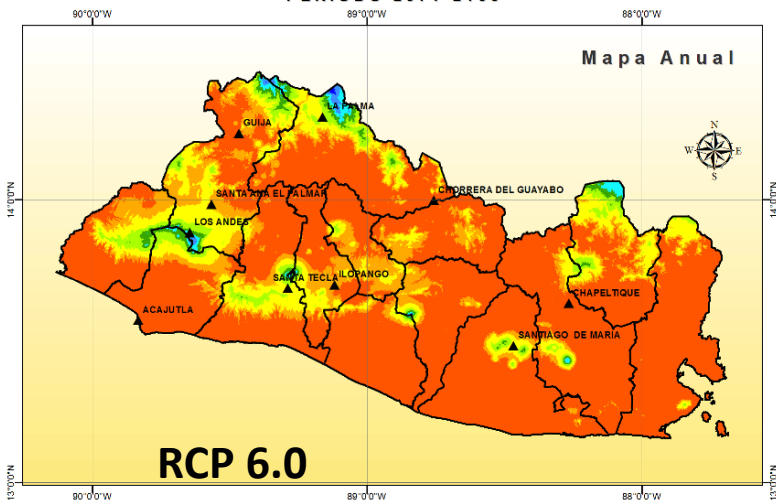
TEMPERATURA MEDIA (°C) PARA EL SALVADOR  
ENSAMBLE REA. RCP 2.6  
PERIODO 2071-2100



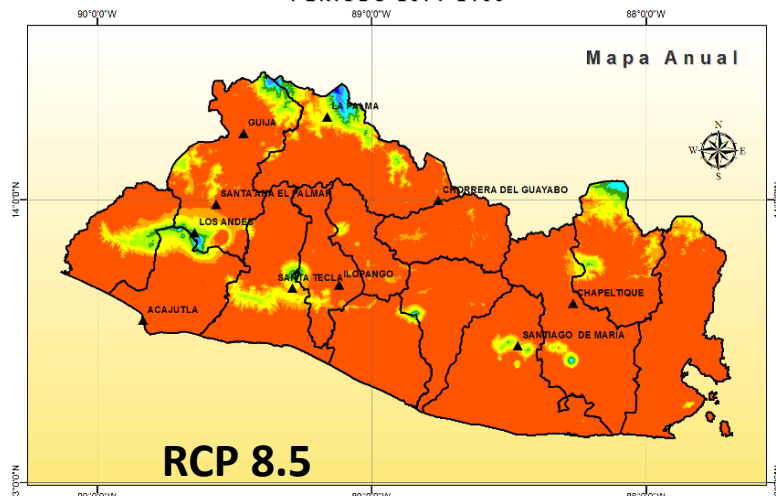
TEMPERATURA MEDIA (°C) PARA EL SALVADOR  
ENSAMBLE REA. RCP 4.5  
PERIODO 2071-2100



TEMPERATURA MEDIA (°C) PARA EL SALVADOR  
ENSAMBLE REA. RCP 6.0  
PERIODO 2071-2100

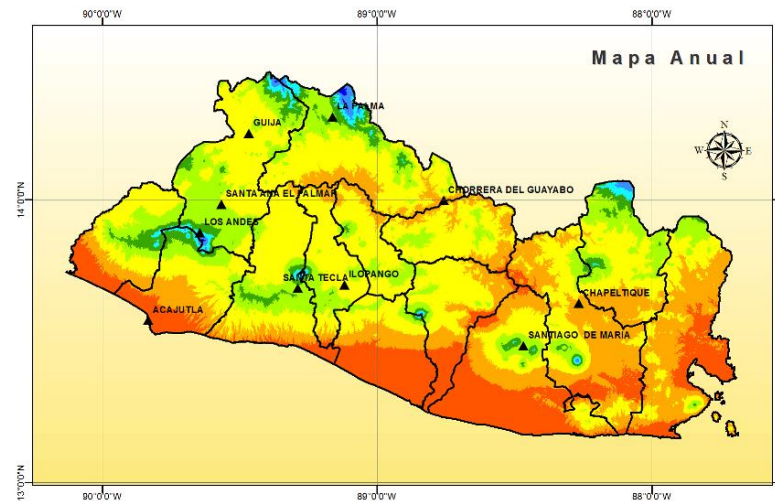


TEMPERATURA MEDIA (°C) PARA EL SALVADOR  
ENSAMBLE REA. RCP 8.5  
PERIODO 2071-2100



## CLIMATOLOGÍA 1961-1990

TEMPERATURA MEDIA (°C) PARA EL SALVADOR  
PERIODO 1961-1990



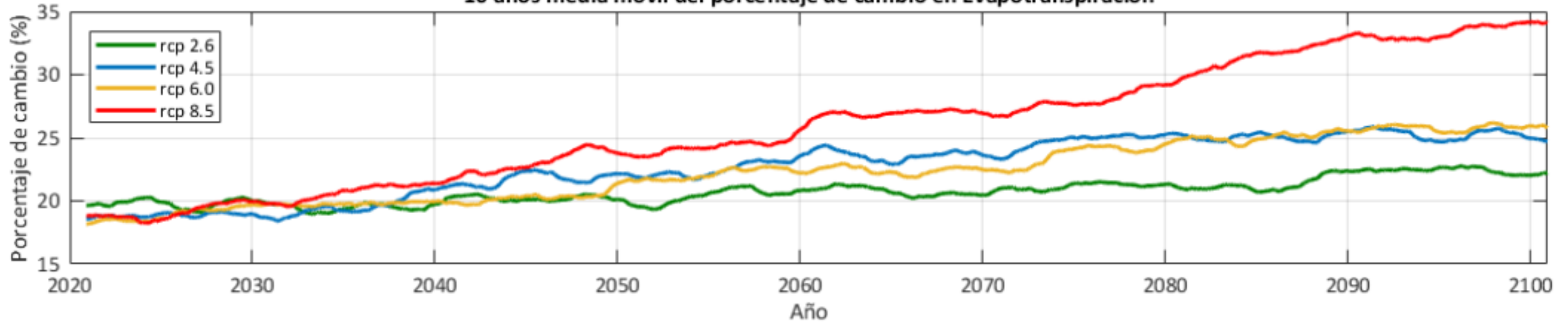
Temperatura media (°C)

13,0 - 16	22,1 - 24
16,1 - 18	24,1 - 26
18,1 - 20	26,1 - 27
20,1 - 22	27,1 - 32

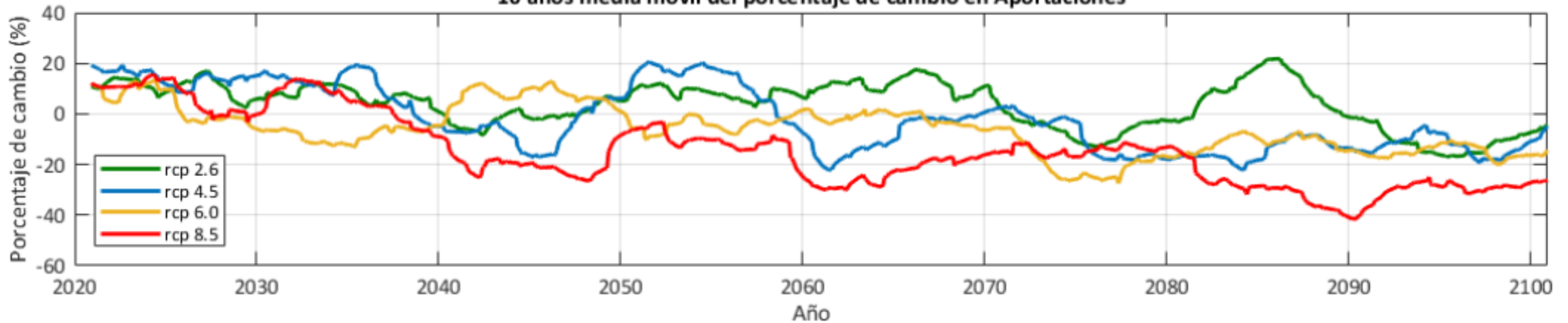
Temperatura Media – 2071-2100

# Tendencias en evapotranspiración y caudales

10 años media móvil del porcentaje de cambio en Evapotranspiración

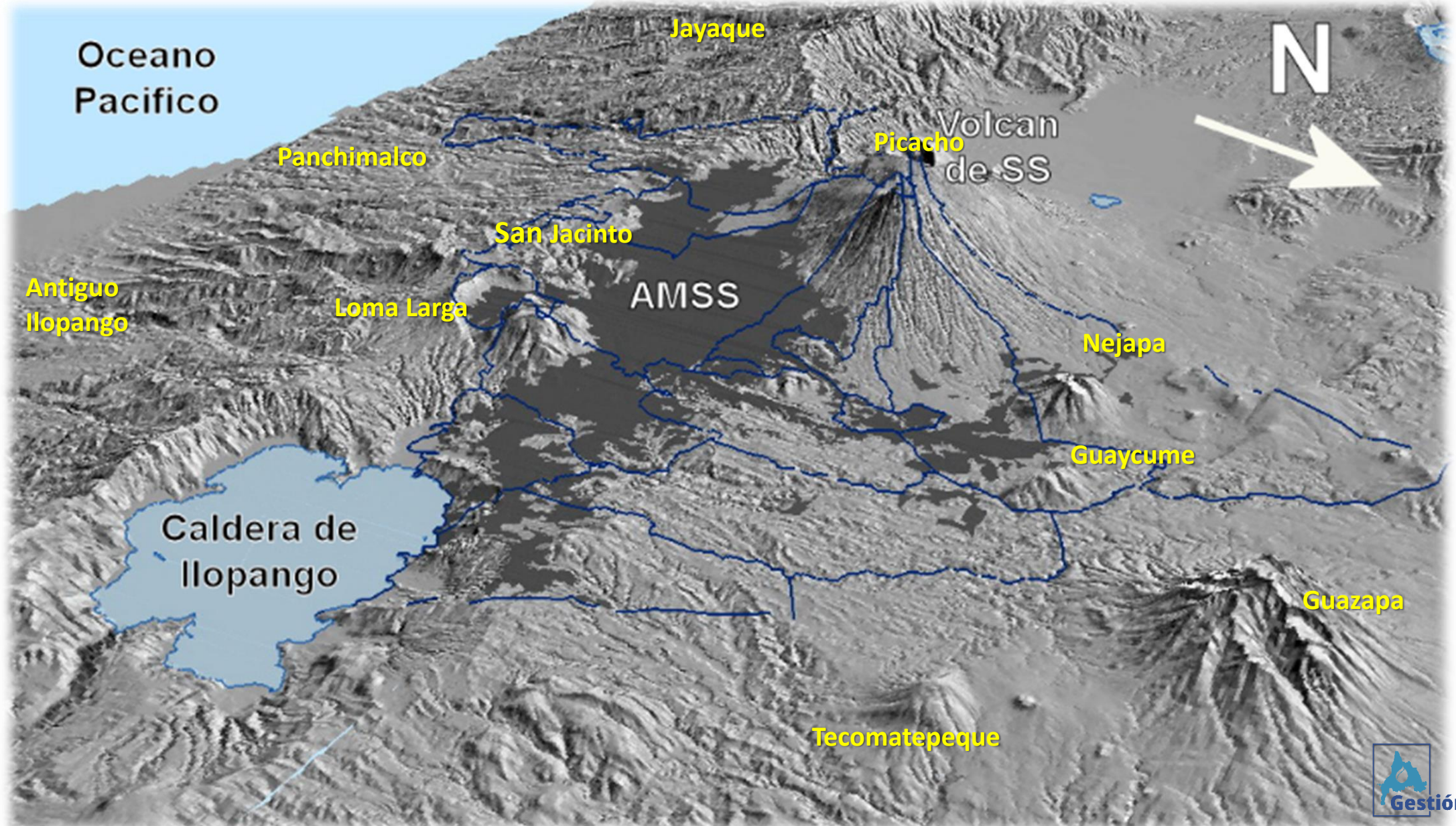


10 años media móvil del porcentaje de cambio en Aportaciones



# Ambiente volcánico/tectónico en el AMSS

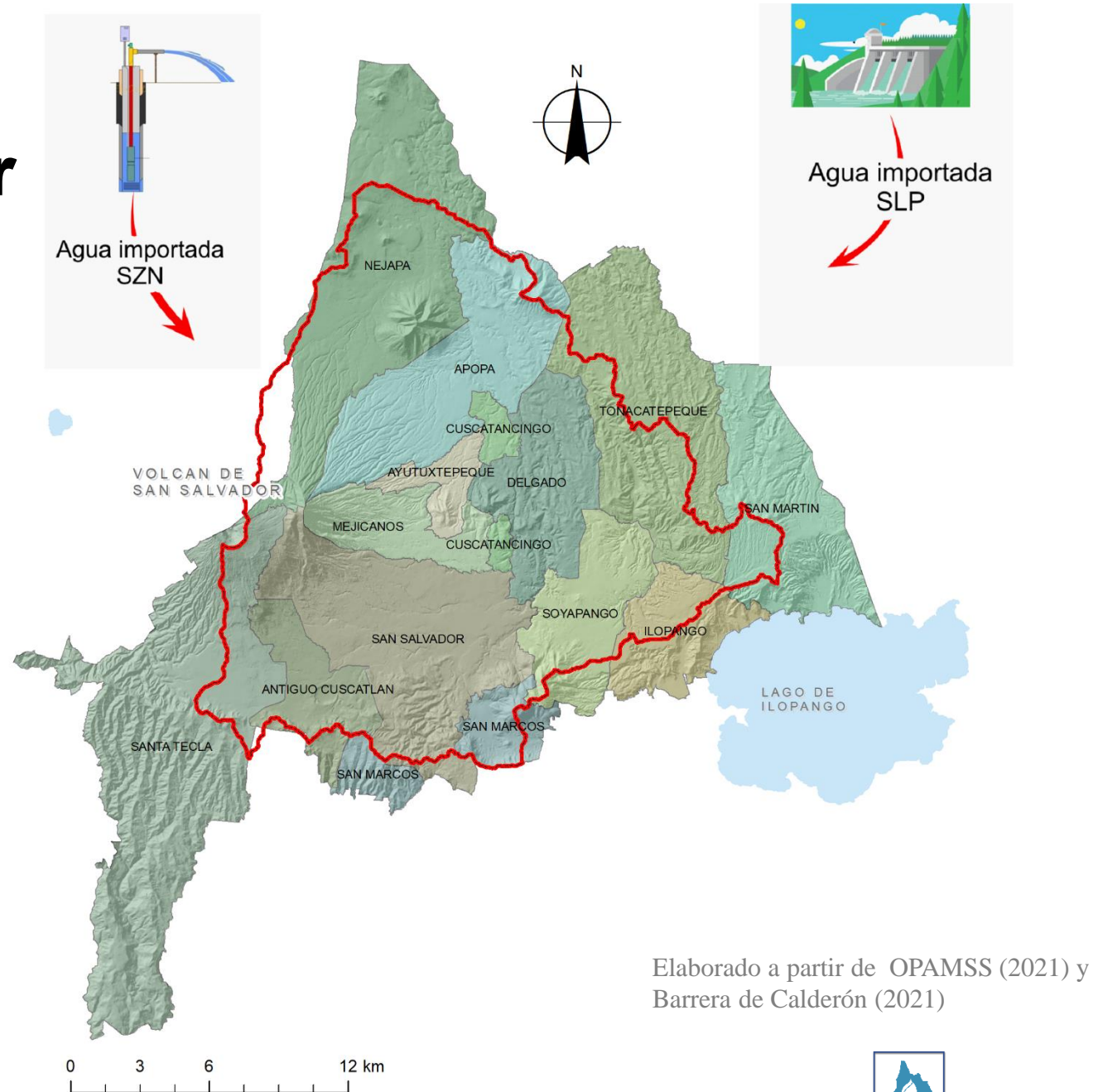
Laderas estructurales y tectónicas cubiertas por tefras poco consolidadas





# Acuífero de San Salvador

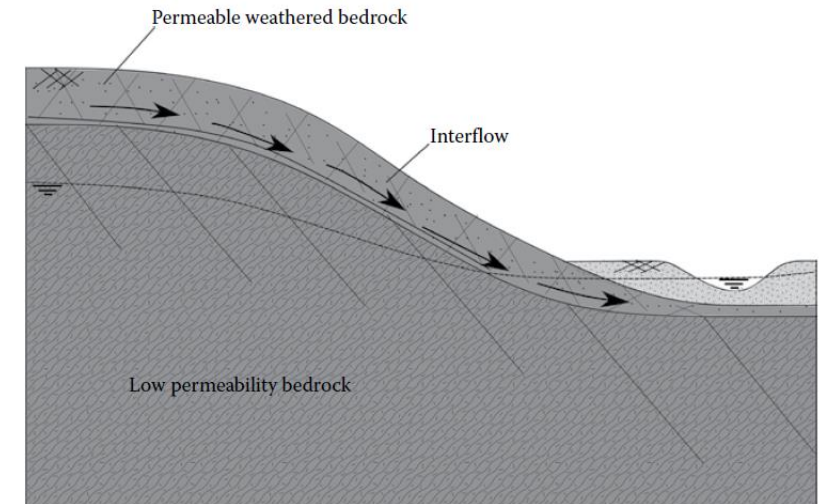
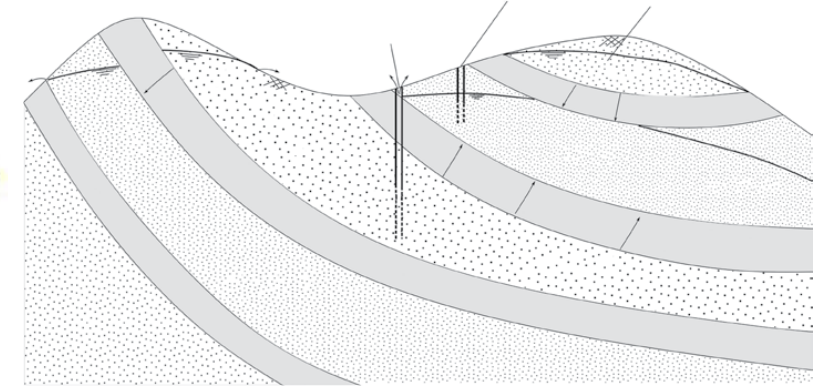
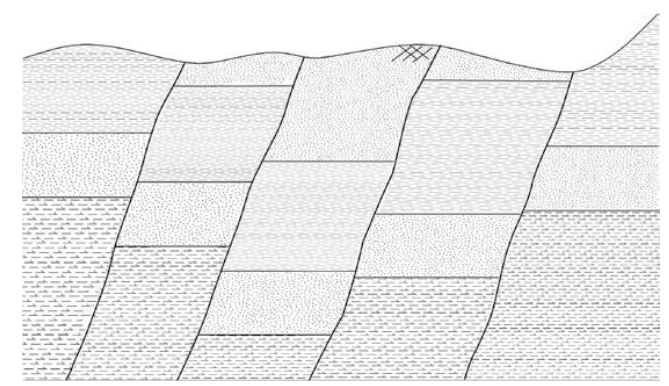
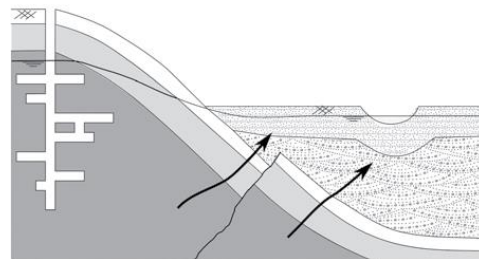
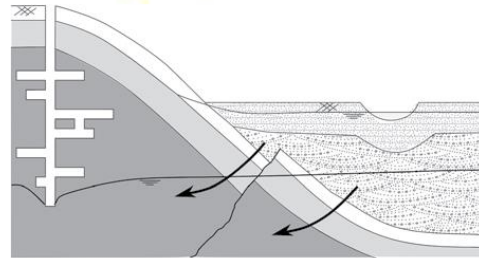
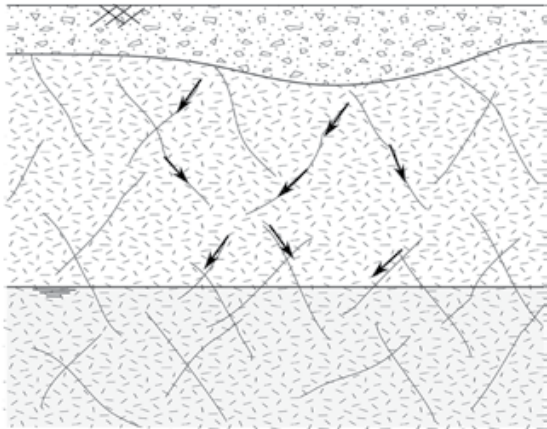
- Fuertes presiones urbanas:  
calidad y cantidad
- Agua importada
- Recarga urbana
- Sistema geológico complejo



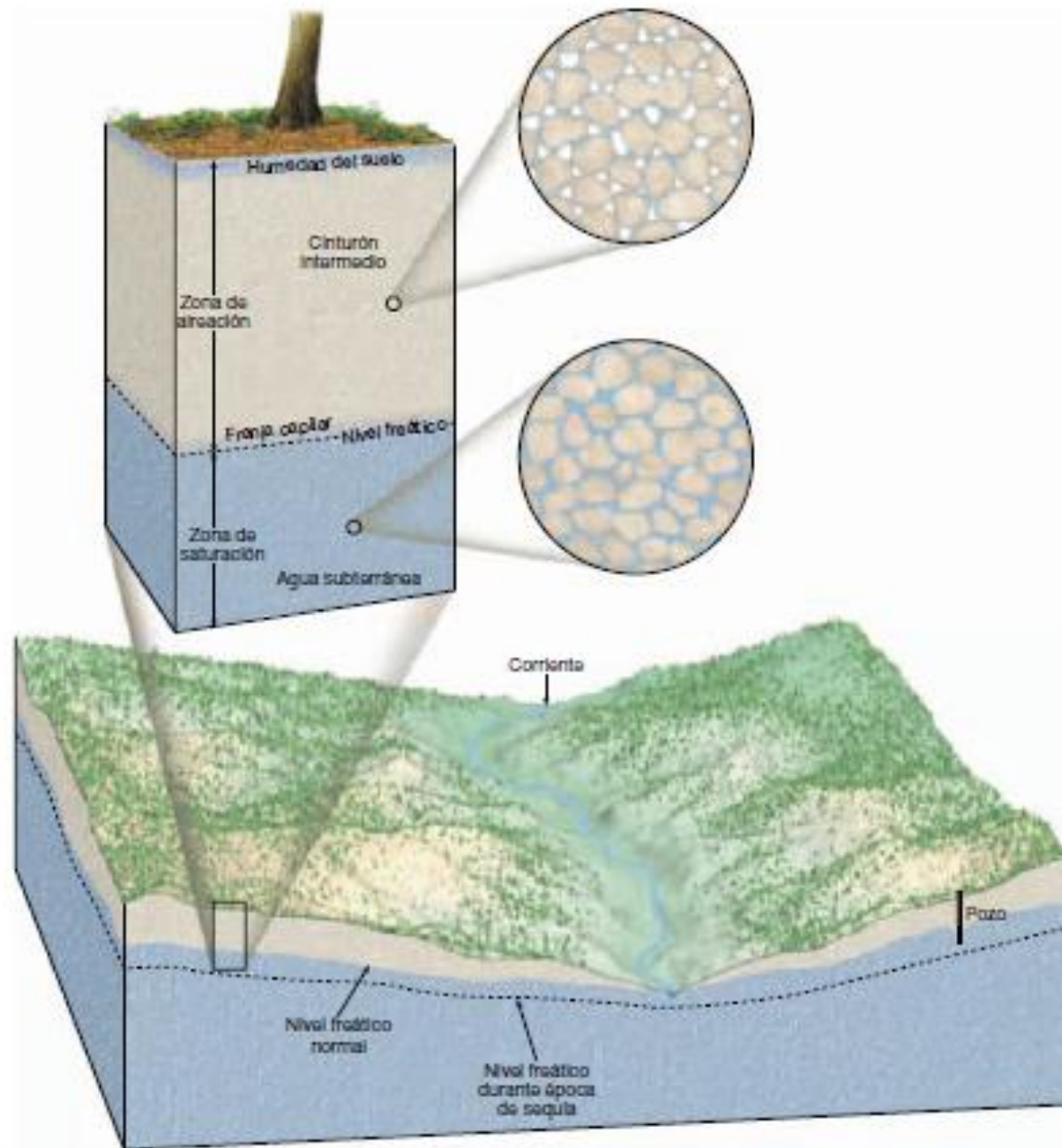
Elaborado a partir de OPAMSS (2021) y Barrera de Calderón (2021)

# HIDROGEOLOGIA

- El francés Lamark (1802) la definió como el estudio geológico para la investigación de las aguas subterráneas.
- Meinzer (1942) divide a la ciencia “Hidrología” en superficial y subterránea.
- Actualmente se conoce como aquella parte de la Hidrología que corresponde al almacenamiento y circulación de las aguas terrestres en la zona saturada de las formaciones geológicas.
- Es una ciencia interdisciplinaria que estudia la fase subterránea del ciclo hidrológico, en relación a otras disciplinas: Geología, Geofísica, Geotécnia, Hidrogeoquímica, Meteorología, etc.



Dassargues (2019)



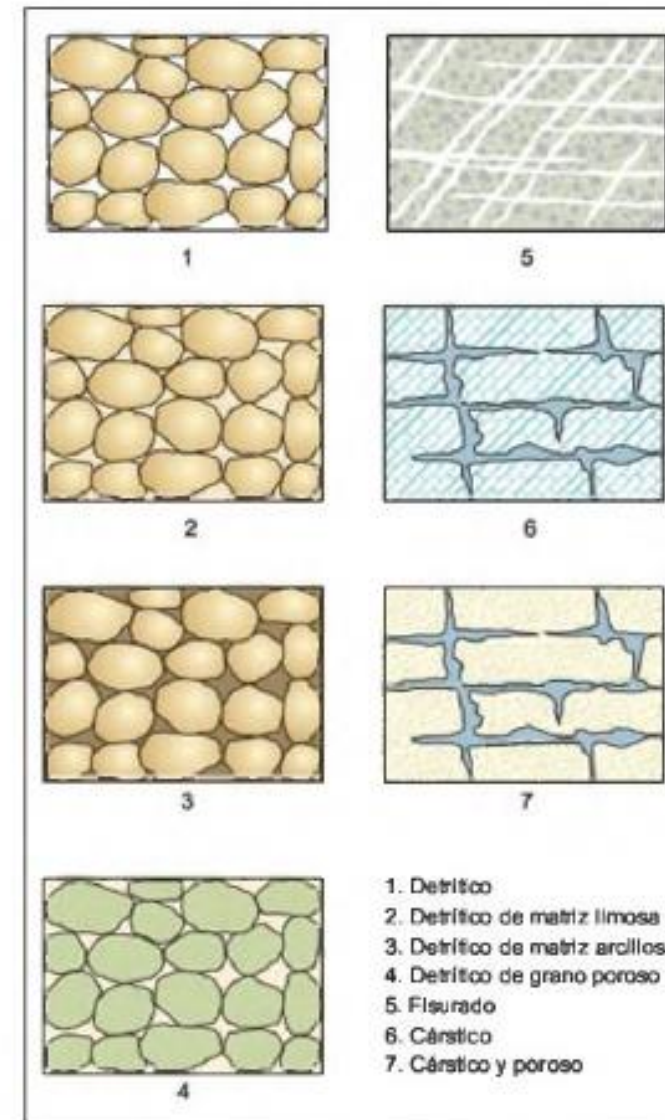
▲ **Figura 17.1** Distribución del agua subterránea. La forma del nivel freático suele ser una réplica suavizada de la topografía superficial. Durante los períodos de sequía, el nivel freático desciende, reduciendo el flujo de corriente y secando algunos pozos.

Vallejo et al. (2002)

- **Acuíferos:** capaces de almacenar y transmitir el agua (gravas, arenas, materiales calizos, etc.); son formaciones con capacidad de drenaje alta en las que se pueden perforar pozos y sondeos con el fin de satisfacer las necesidades humanas de abastecimiento, agricultura, industria, ganadería, etc.
- **Acuitardos:** capaces de almacenar el agua en cantidades muy importantes, pero la transmiten con dificultad; se suelen denominar con frecuencia formaciones semipermeables (limos, arenas limosas, arenas arcillosas, etc.), y su capacidad de drenaje es media a baja; no son de interés para la obtención de caudales que puedan servir a alguna necesidad hídrica, pero en la naturaleza juegan un papel muy importante como elementos transmisores del agua en recargas verticales a través de grandes superficies.
- **Acuicludos:** pueden almacenar el agua en grandes cantidades, pero no tienen la posibilidad de transmitirla y se drenan con mucha dificultad; el agua se encuentra encerrada en los poros de la formación y no puede ser liberada (arcillas, arcillas plásticas, limos arcillosos, etc.); en hidrogeología clásica, se asumen como impermeables, pero en ingeniería geológica este concepto se hace menos preciso, pues drenajes muy limitados pueden presentar problemas en determinadas obras.
- **Acuifugos:** formaciones incapaces de almacenar y de transmitir el agua; están representados por las rocas compactas, como granitos y gneises, y a veces incluso calizas muy compactas sin karstificar, se muestran como impermeables salvo que existan fracturas que pueden permitir flujos.

	Capacidad de almacenar	Capacidad de drenar	Capacidad de transmitir	Formaciones características
ACUÍFEROS	ALTA	ALTA	ALTA	Gravas, arenas, calizas
ACUITARDOS	ALTA	MEDIA/BAJA	BAJA	Limos, arenas limosas y arcillosas
ACUICLUDOS	ALTA	MUY BAJA	NULA	Arcillas
ACUIFUGOS	NULA	NULA	NULA	Granitos, gneises, mármoles

**Figura 5.1** Formaciones geológicas frente al agua.



**Figura 5.3** Tipos de acuíferos según su textura.

Vallejo et al. (2002)

# Tipos de Acuíferos

## Clasificación de Acuíferos según su porosidad



- La ocurrencia del agua subterránea puede darse en los espacios **porosos de los sedimentos** (arenas, gravas). **Acuífero de porosidad primaria**, es decir, los espacios fueron creados durante la formación de la roca. **(Acuífero Poroso)**.
- En rocas impermeables, (basaltos, granitos), la ocurrencia puede estar en **fracturas**. **Porosidad secundaria**, creada después de la roca. **(Acuífero Fisurado)**.

# Acuíferos Porosos



Acuífero Poroso (Lima, Perú)

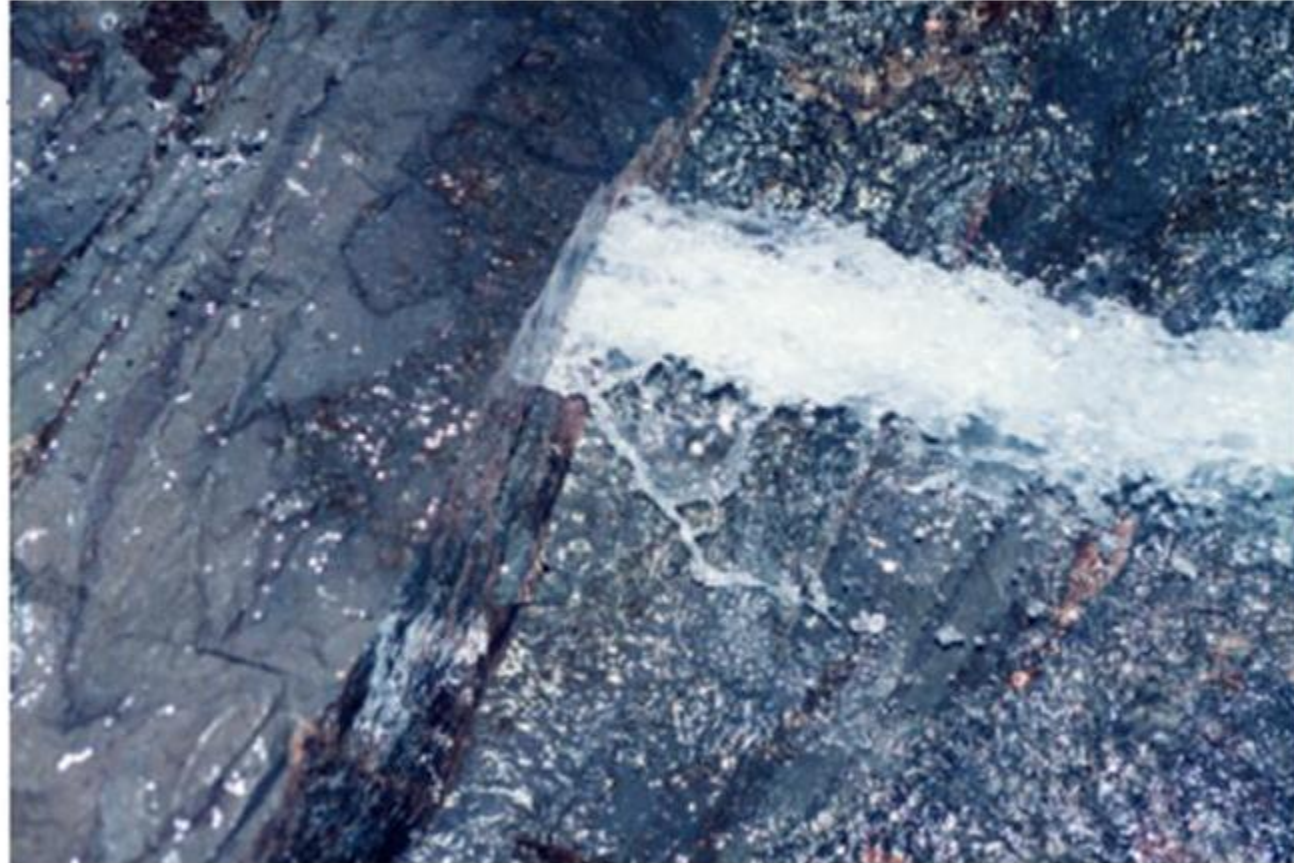
# Acuíferos Porosos



Acuífero Poroso (arenoso) (Aguilares, El Salvador)



# Acuíferos Fisurados



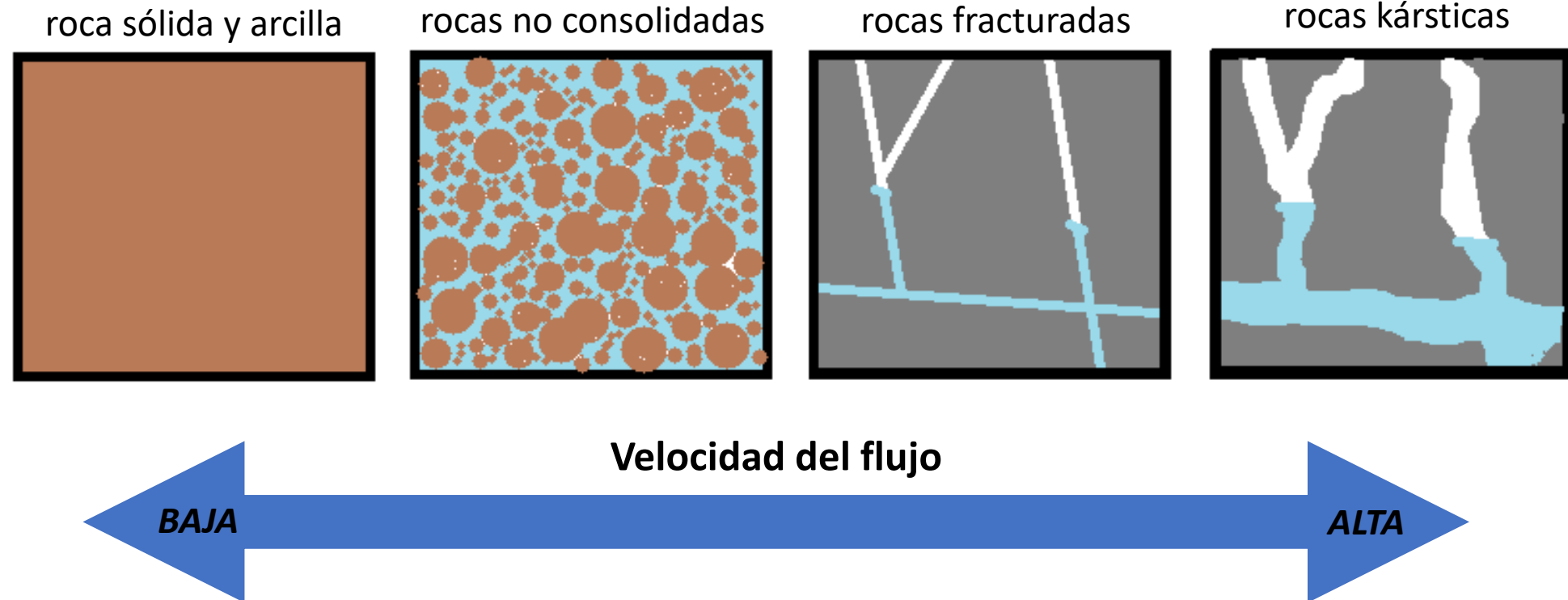
Ocurrencia del Agua Subterránea por medio de Fracturas

# Acuíferos Fisurados



Ocurrencia del Agua Subterránea por Fracturas, Coordillera El Bálsamo, El Salvador

## VELOCIDAD DEL FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA SEGÚN EL TIPO DE ACUÍFERO



# Tipos de Acuíferos

## ■ Clasificación de acuíferos según su geometría y características hidráulicas.

- Acuíferos libres: aquellos donde su porción superior del nivel del agua se encuentra a presión atmosférica.
- Acuíferos confinados: aquellos que están sometidos a una presión mayor a la atmosférica. Donde una lente de un material menos permeable proporciona el confinamiento (ej. Arcilla).
- Acuíferos semi-confinados: una situación intermedia entre las dos anteriores.
- Acuíferos colgados: un lente de un material de menor permeabilidad sustenta un nivel de agua. En este caso, un acuífero libre se encuentra debajo de este acuífero.

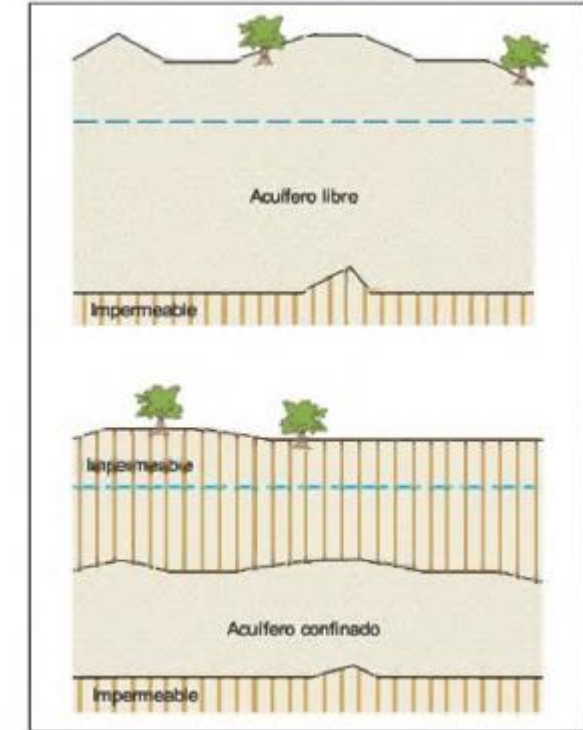


Figura 5.4 Esquemas de acuífero libre y confinado.

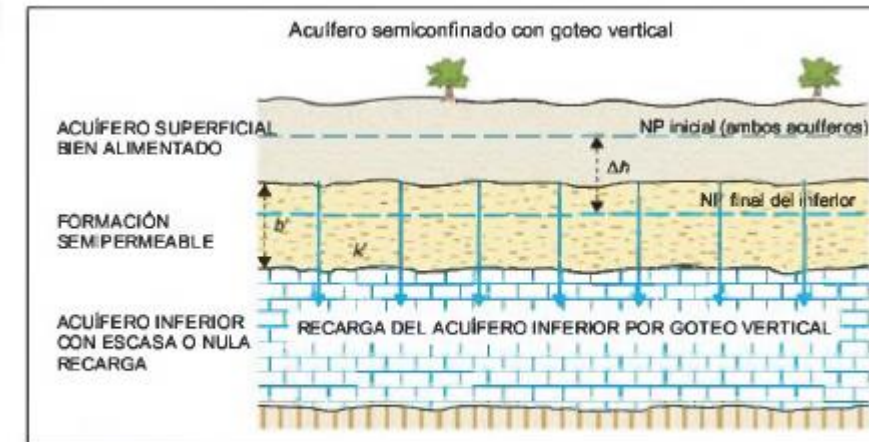
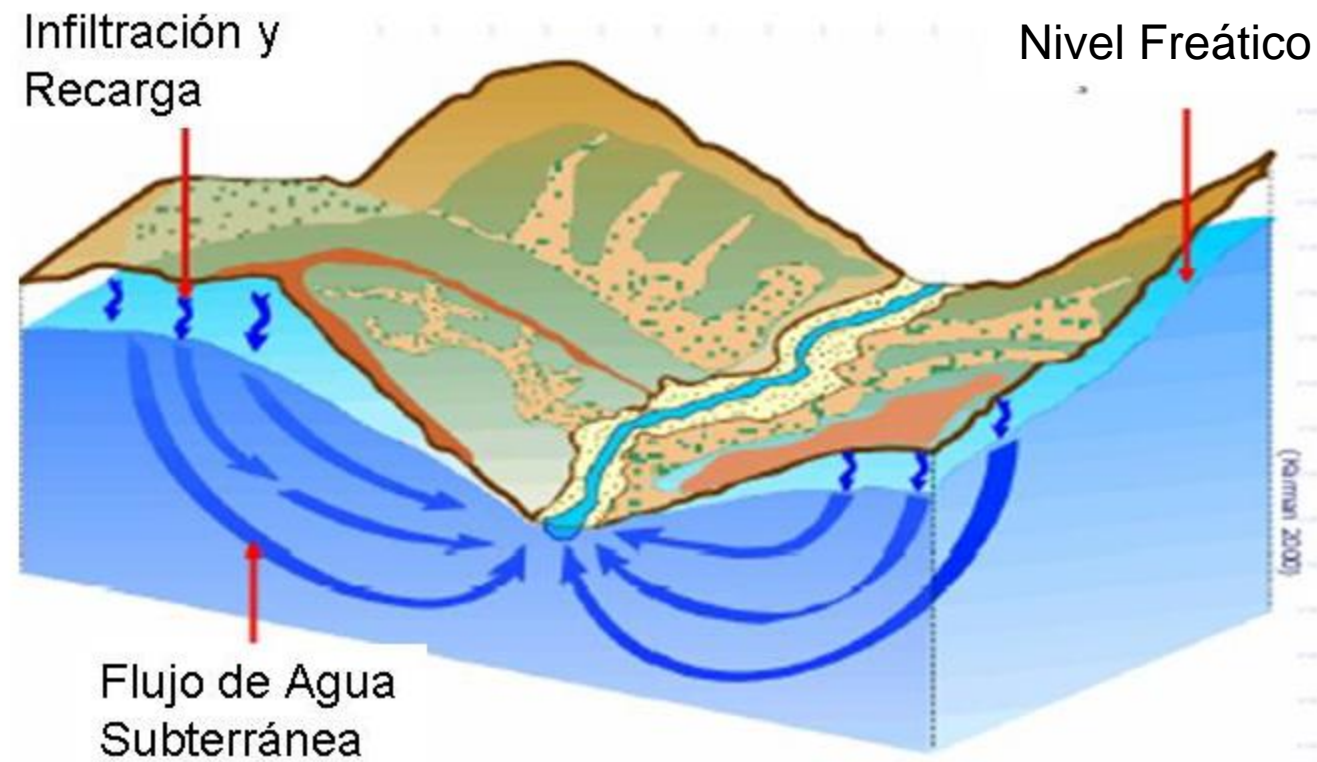
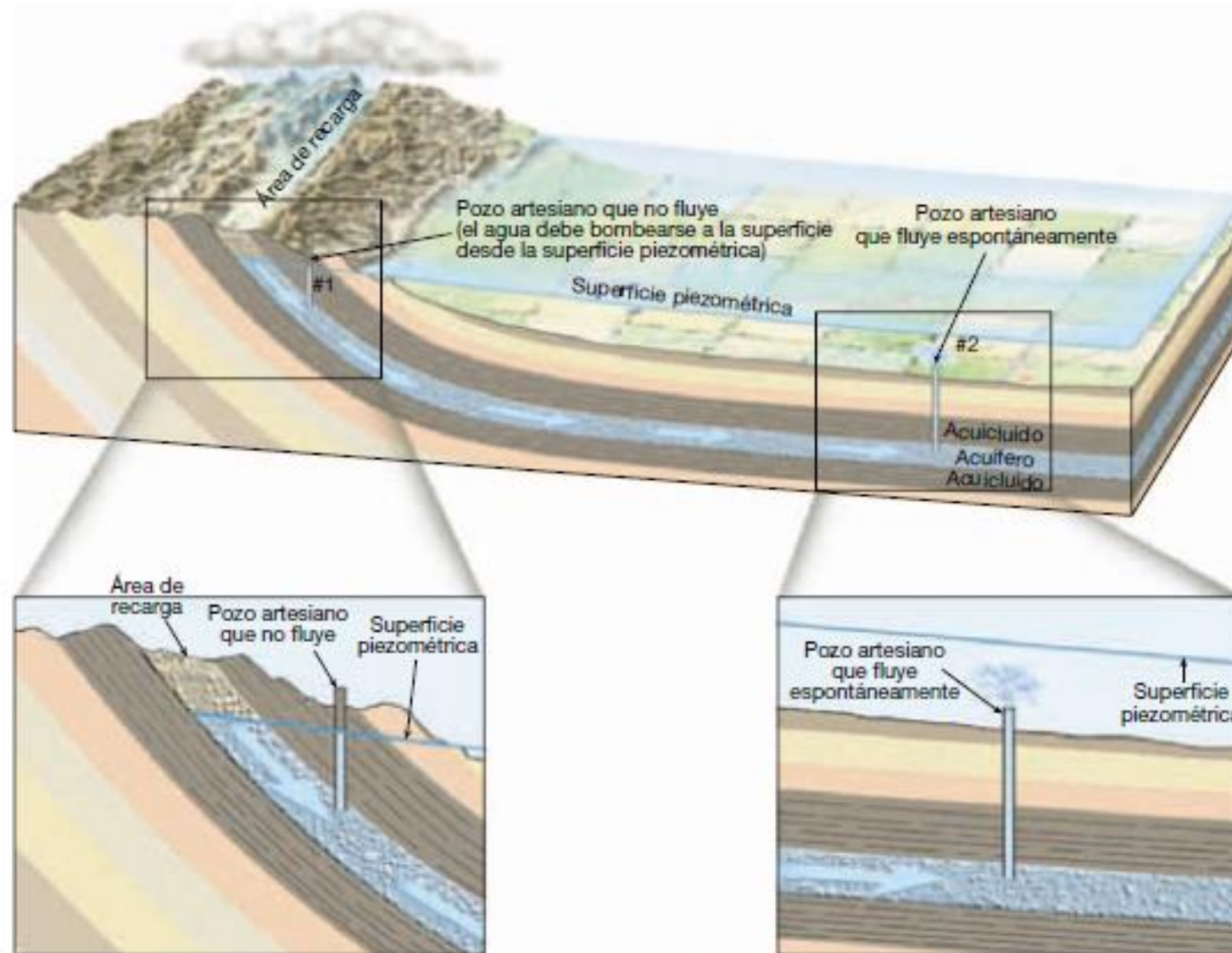


Figura 5.5 Esquema de acuífero semiconfinado.

# Acuífero Libre



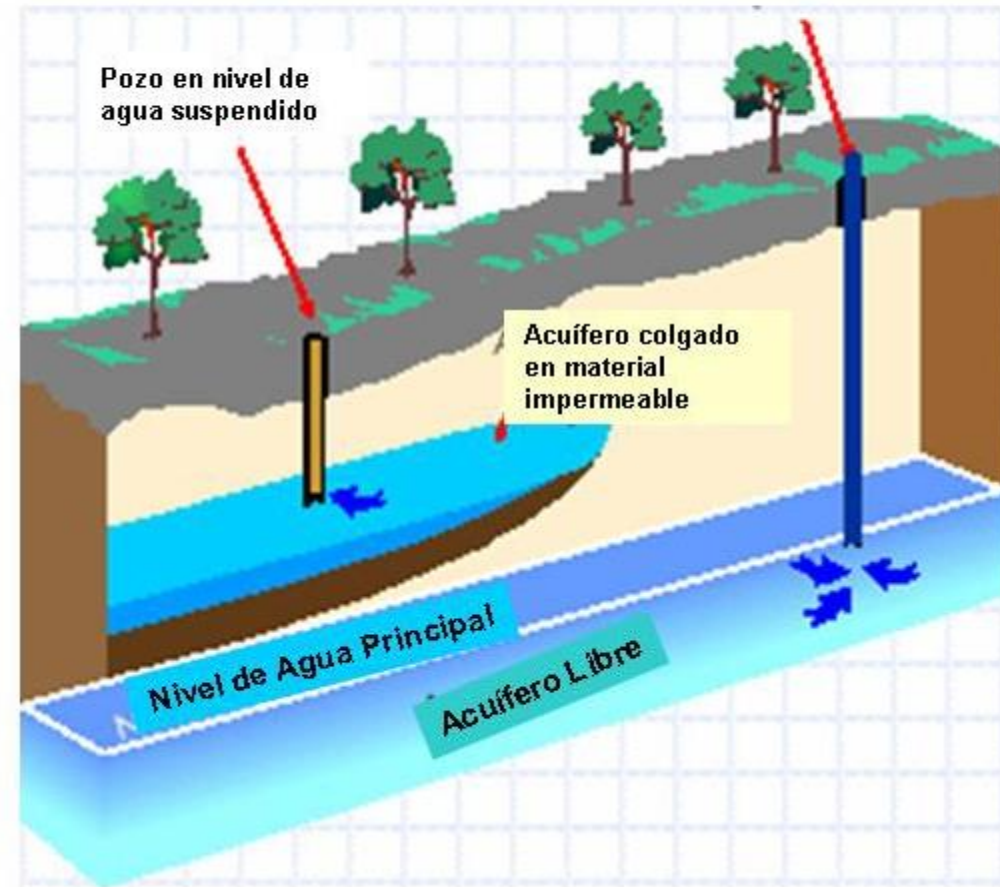
# Acuífero Confinado



▲ **Figura 17.11** Los sistemas artesianos se producen cuando un acuífero inclinado está confinado entre estratos impermeables.

# Acuífero Colgado

Pozo en acuífero Libre





Explotación de Aguas Subterráneas por medio de la perforación de pozos.





Explotación de Aguas Subterráneas por medio de la construcción de pozos artesanales (San Miguel, El Salvador).

# Sistema de Flujo Subterráneo

## ■ Recarga de Acuíferos

- Los acuíferos se recargan principalmente por la precipitación en suelos con alta capacidad de infiltración o rocas permeables.
- Otras fuentes de recarga son los lechos permeables de ríos y lagos colgados que se encuentra por arriba del nivel piezométrico.
- Las áreas de recarga pueden o no estar a grandes distancias de donde son explotados.
- En acuíferos colgados, la recarga ocurre cuando la capa confinante o impermeable se eleva a la superficie o desaparece bajo el terreno.

# Sistema de Flujo Subterráneo

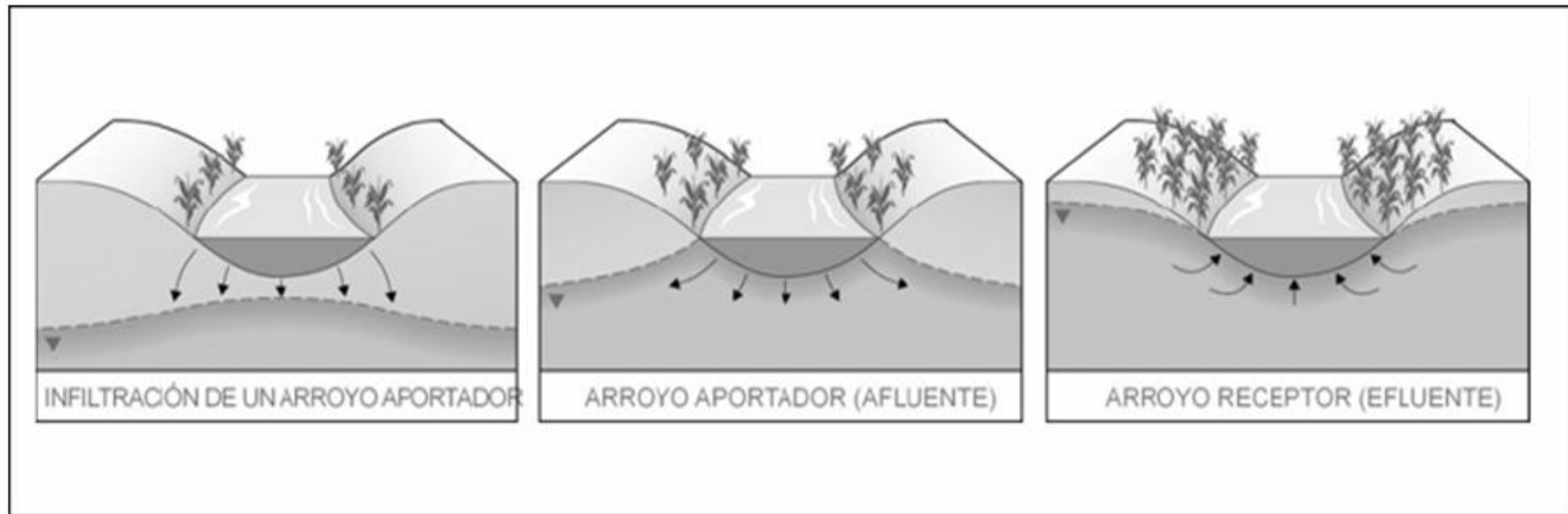
## ■ Descarga de Acuíferos

- Por manantiales (ojos de agua) donde la topografía intercepta el nivel del agua del acuífero.
- Por flujo base a los ríos (efluentes) que interceptan al acuífero.
- Por evapotranspiración del nivel freático (muy somero).
- Por flujo subterráneo hacia lagos y mares.
- Por extracción de agua en pozos de bombeo (descarga artificial).

# Relación de Aguas Subterráneas y Aguas Superficiales

- **El tipo de conexión hidráulica entre acuífero (libre) y río está dado por dos factores:**
  - Relación entre las formaciones geológicas permeables y el cauce del río.
  - Relación entre los niveles del río y los niveles estáticos de la zonas del acuífero cerca al río.

# Relación de Aguas Subterráneas y Aguas Superficiales



# Manantiales

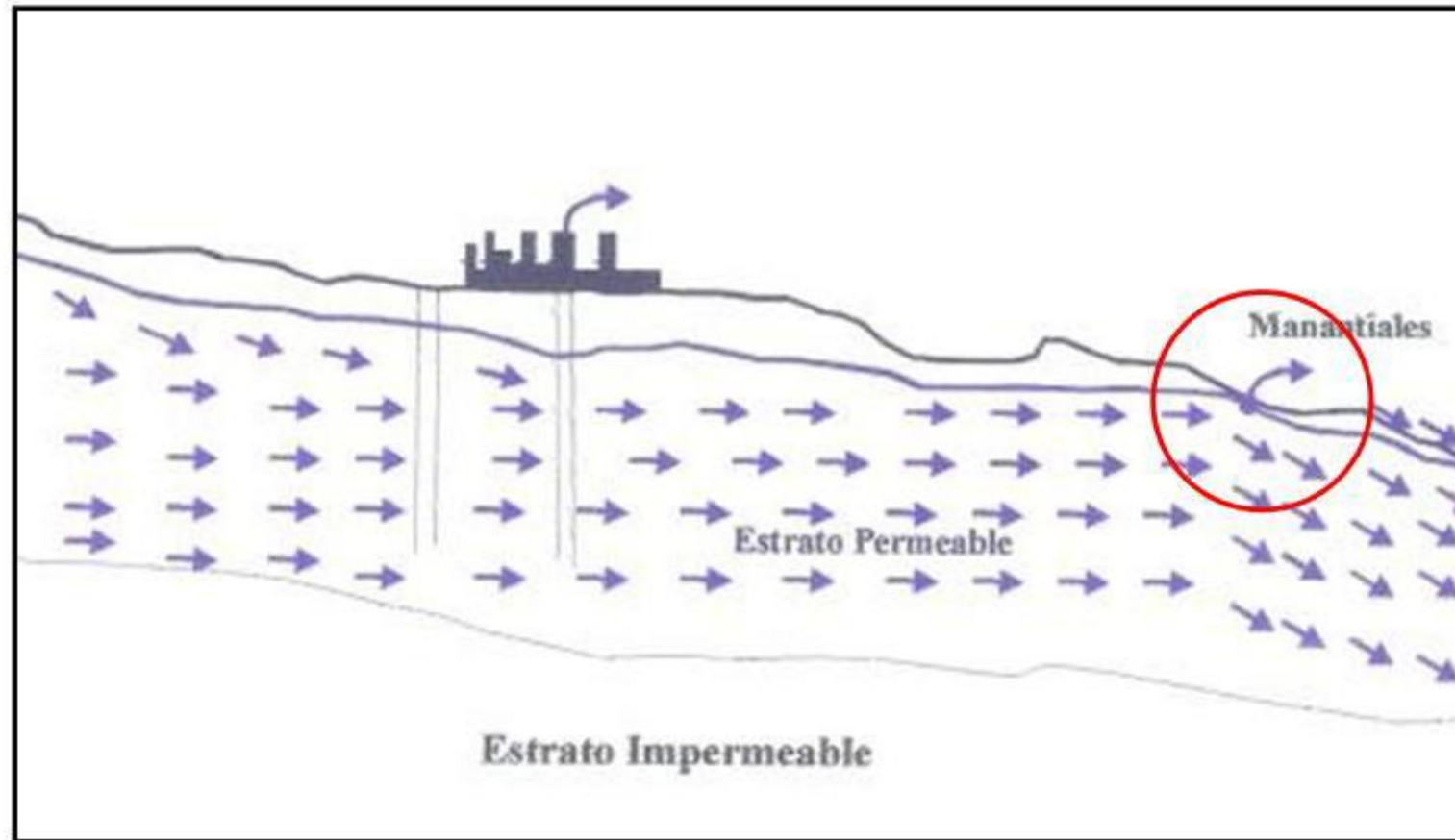
## ■ Definición:

- Es un punto o zona de la superficie del terreno, en la que de manera natural, fluye a la superficie una cierta cantidad de agua, procedente de un acuífero o embalse subterráneo.
- Son aliviaderos o puntos de descarga por los que sale la infiltración o recarga que reciben los acuíferos
- Es el punto de intercepción entre la superficie topográfica y la piezométrica (nivel del agua) .

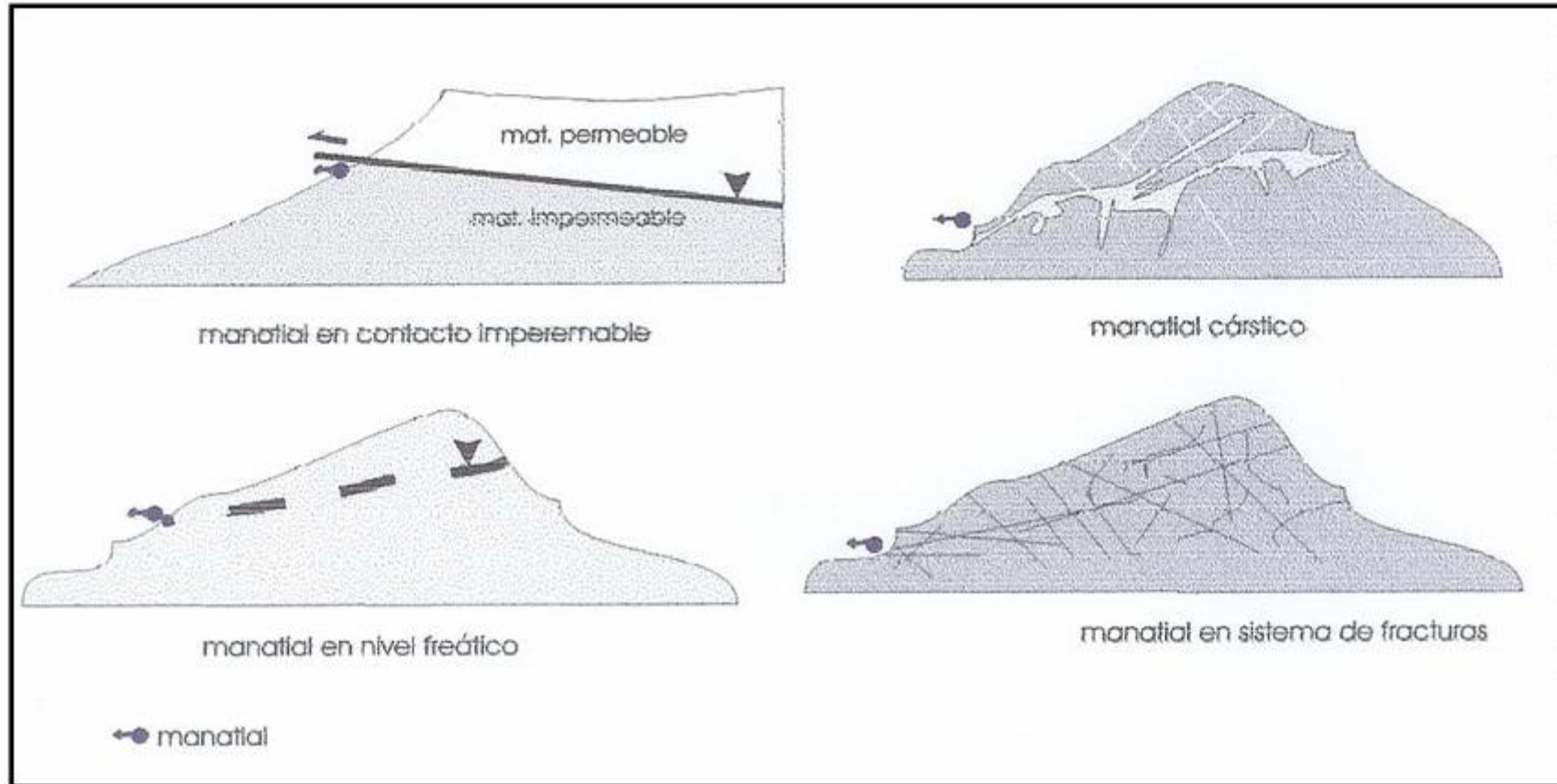
## ■ Condiciones de existencia:

- Cuando la formación geológica es bastante homogénea en cuanto a sus parámetros hidráulicos, y con cierto espesor saturado, los manantiales afloran en aquellas depresiones en los que el límite superior de la zona saturada alcanza o corta la superficie topográfica.

# Esquema del Afloramiento de un Manantial



# Manantiales por Características Geológicas





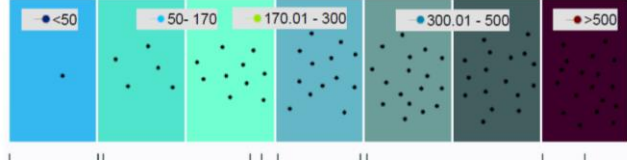
**Dirección flujo de Aguas Subterráneas**

— Alineamientos obtenidos con sensores remotos

• Ubicación de Manantial (Antecedentes)

• Pozos

**Manantiales Visitados, Total de Sólidos Disueltos TDS (ppm)**



**Formación Geológica**

- Balsamo
- Cuscatlán
- San Salvador/Cuscatlán
- San Salvador
- Cuaternario
- Laterita, variablemente con una cubierta delgada de tefras
- Rocas afectadas por meteorización laterítica, variablemente con cubierta delgada de tefras

Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Contaminación por fenómenos inversos, microfiltración, desalación, etc.

• Filtración de carbonos, manantiales de montaña o acuíferos.

• Agua dura (TDS).

• Marginalmente aceptable.

• Agua de alto o moderado mineralización con alto contenido de TDS.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

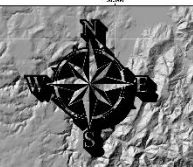
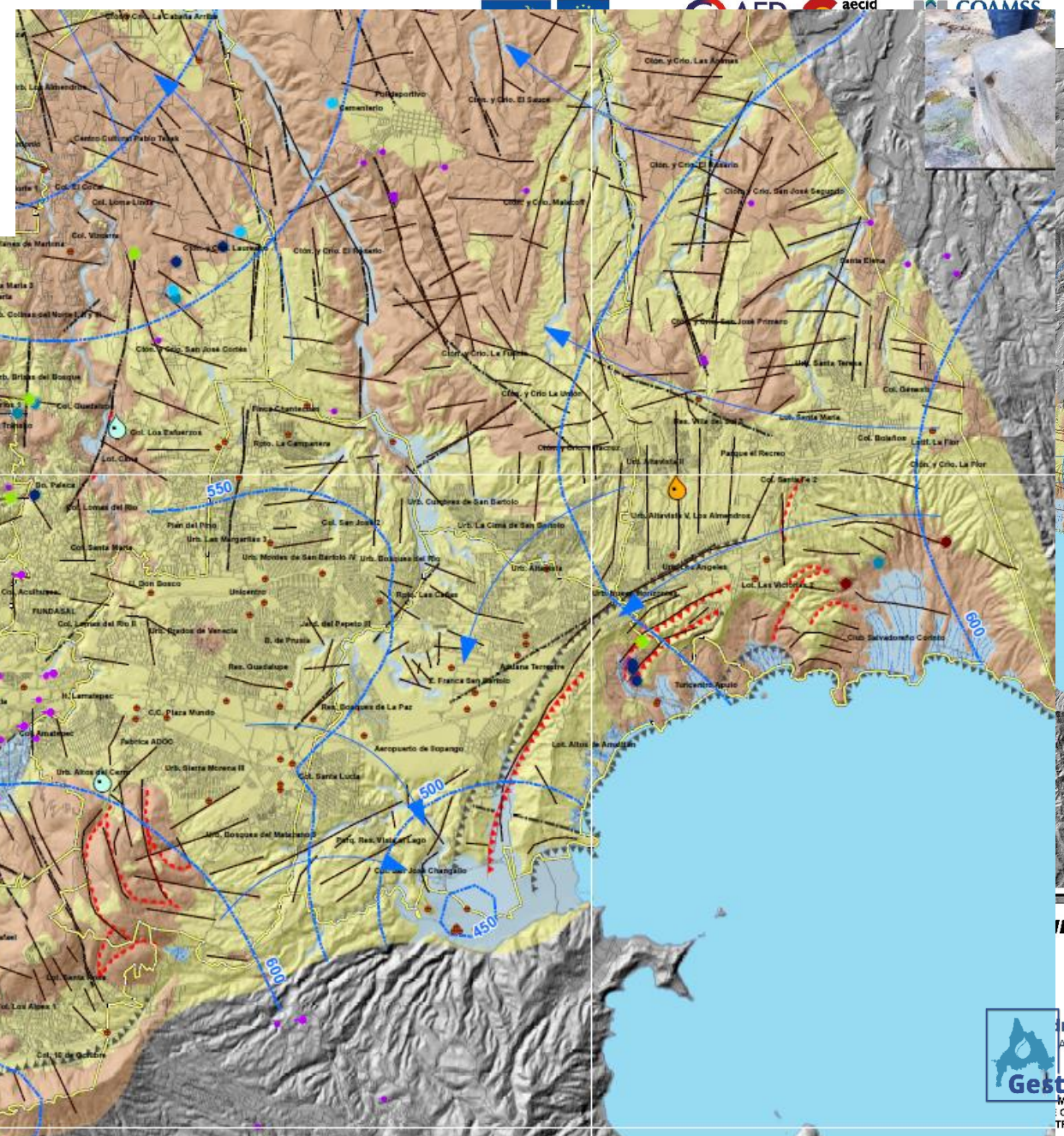
• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

• Nivel máximo de contaminación permitido por la EPA, Estados Unidos.

**ACIENDIENDO EN GESTIÓN DE CICLO HIDROLÓGICO CON ENFOQUE EN AGUAS SUBTERRÁNEAS PARA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOREÑO**



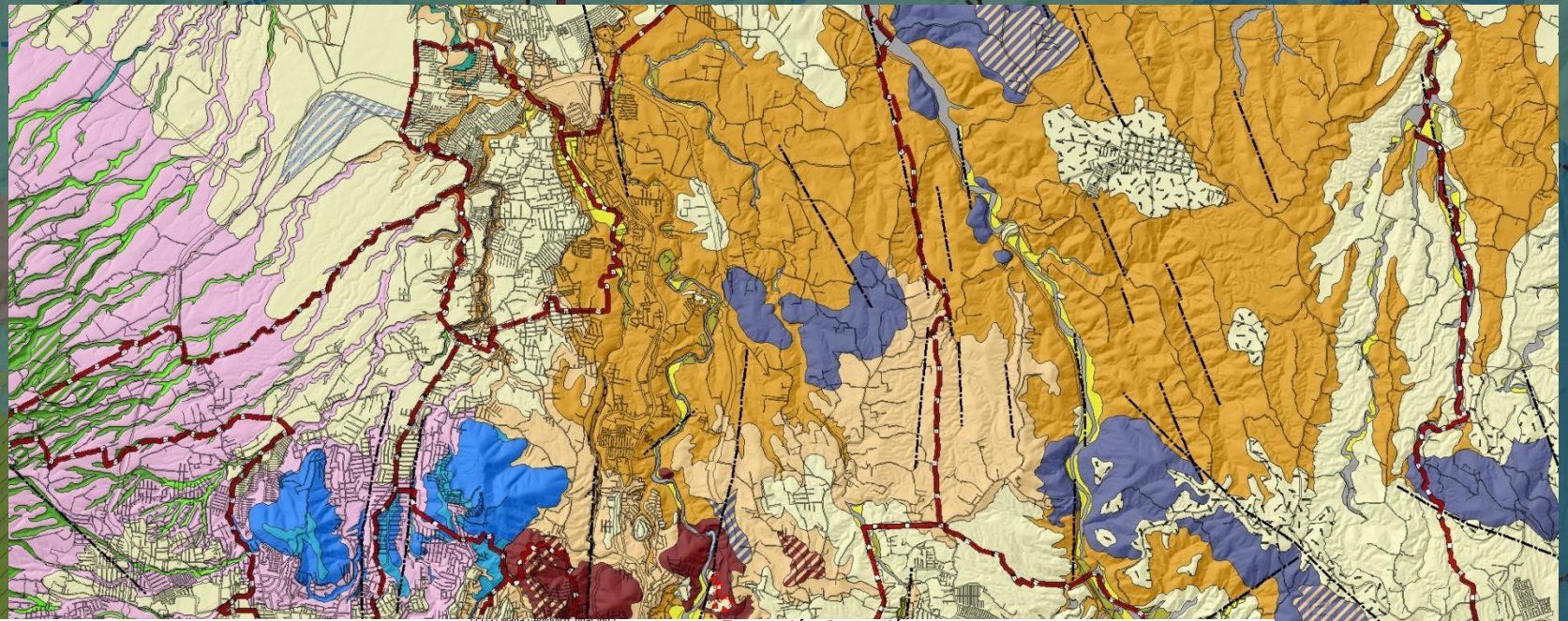
**ELABORACIONES**

Elaboración:  
Ingrid Alfaro  
Eliana Araya  
Enrique Vargas  
Ana Chaves

Mapa Geológico:  
Proyecto "Gestión de Riesgos y Ordenación de Vulnerabilidad Social del AMSS"  
Agencia Ambiental de Cooperación Internacional (AAI-CI)

**Gestión Hidrica**  
MAPA HIDROGEOLOGICO  
COORDINACION MUNICIPAL, METROPOLITANO Y MUNICIPAL

# • Geología

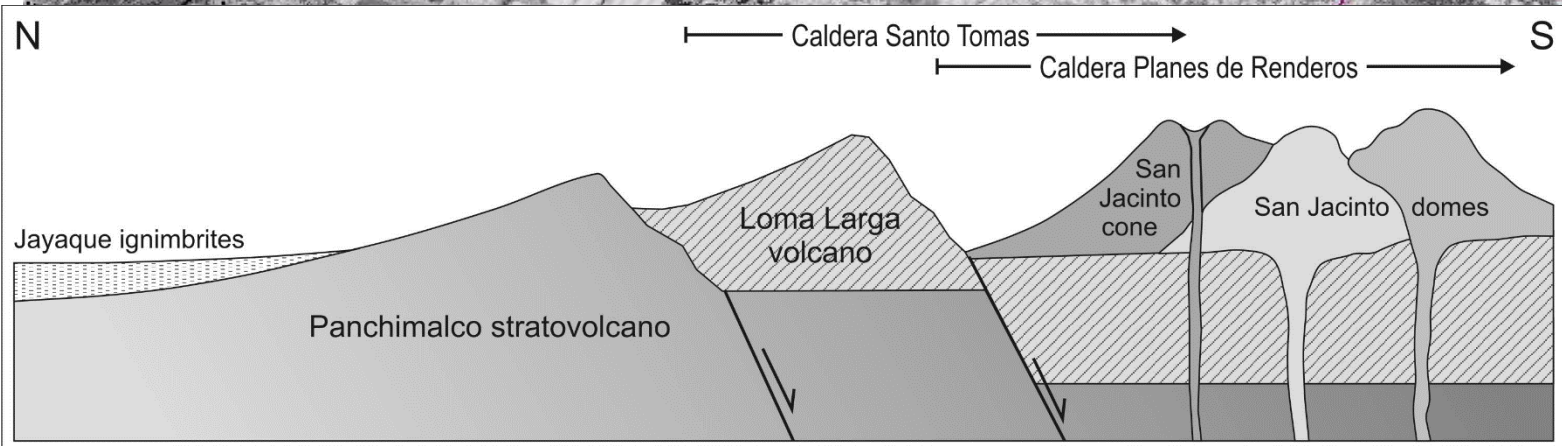
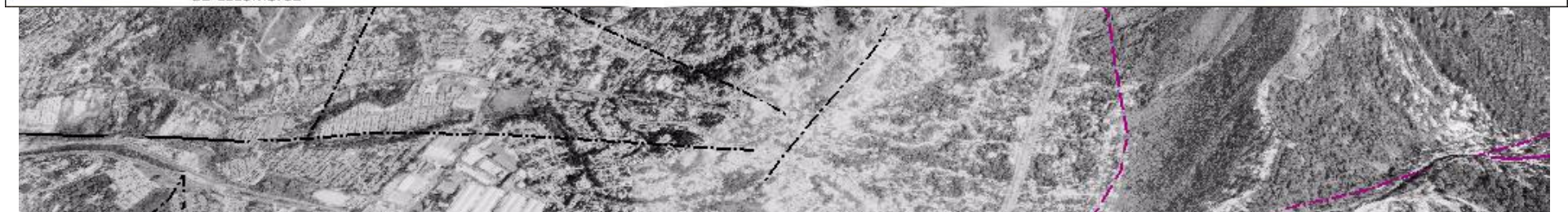
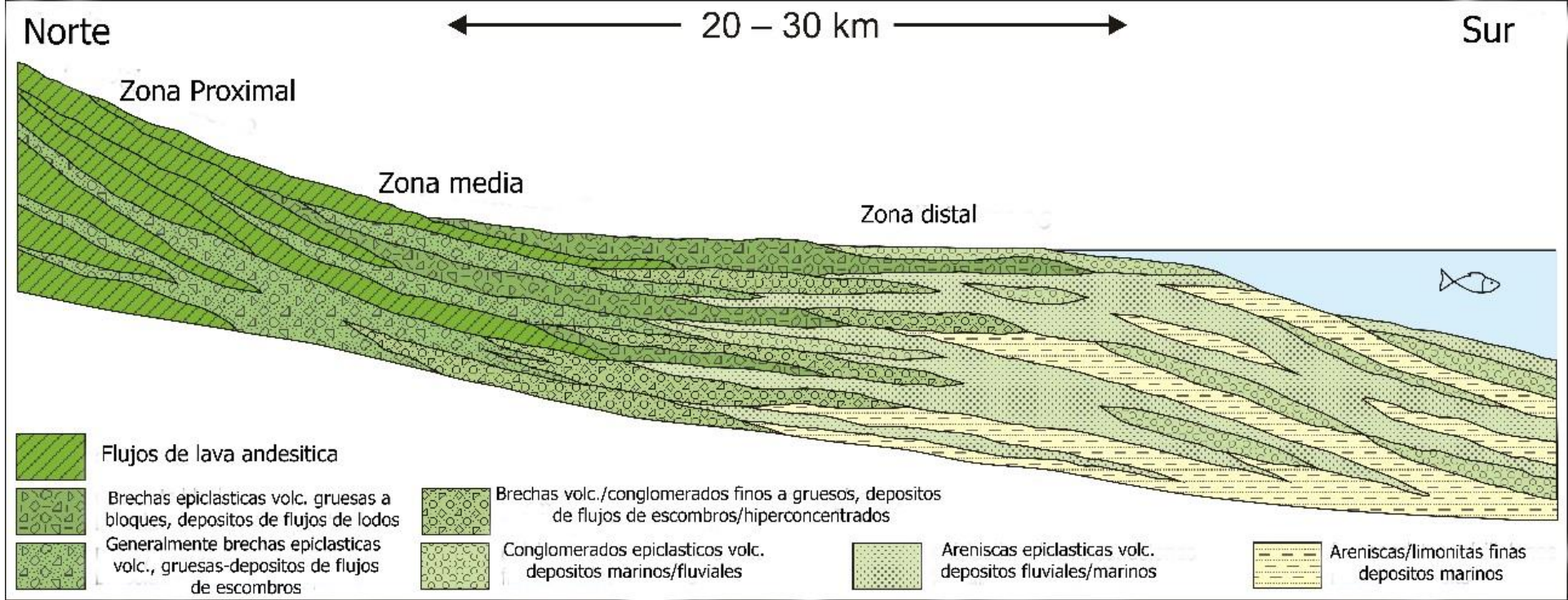


## Formación San Salvador

- 10- (Sba) Aglomerado basáltico /cono de tobas -zona proximal de Plan de la Laguna y la Tabla
- 11- (Sbm) Tobas freatomagmaticas basálticas-facies medias a distales, con tefras Tierra Blanca Joven y volcán Boquerón subordinadas
- 12 (Sbt) Tobas freatomagmáticas del volcán Boquerón- Talpetate
- 13- (Sbtt) Tefras de volcán Boquerón cubiertas por tobas freatomagmaticas (Talpetate)
- 14- (Sbs) Conos de escoria basáltica
- 15- (Sbl) Flujos de lava basáltica/andesítica y complejos/campos de flujo
- 16- (Sblt) Flujos de lava basáltica/andesítica y complejos/campos de flujo, cubiertos por tefras
- 17- (SbB) Volcán Boquerón (San Salvador joven) cono efusivo predominantemente
- 18- (SbBt) Volcán Boquerón (San Salvador joven) cono efusivo predominantemente, cubiertos por tefras
- 19- (SbBtt) Volcán Boquerón (San Salvador joven) cono efusivo predominantemente, cubierto por tefras y talpetate
- 20- (Stbj) Tefras riolíticas Tierra Blanca Joven, incluidos flujos de pómez
- 21- (Stbr) Facie retrabajada de tefras riolíticas iniciales de Tierra Blanca Joven
- 22- (Stbf) Depósitos singeneticos de flujos de escombros de Tierra Blanca Joven
- 23- (Stbs1) Tefras Tierra Blanca Joven yaciendo sobre tefras de volcán Boquerón y tobas de maar Plan de la Laguna
- 24- (Stbs2) Tefras Tierra Blanca Joven yaciendo sobre tefras de volcán Boquerón y tobas de maar la Tabla
- 25- (Stb) Tefras antiguas de Tierra Blanca dominante tipo caída (TB-4-TB2), variablemente con cubierta delgada de tefra TBJ
- 26- (Stc) Tefras de volcán Boquerón incluyendo la cubierta subordinada de TBJ y TB4 en la base
- 27- (Stcr) Tefras de volcán Boquerón- facies fluviales retrabajadas
- 28- (Stba) Tefras antiguas de Tierra Blanca (TB4-TB2) con horizontes subordinados de tefras de volcán Boquerón
- 29- (Stbar) Tefras antiguas de Tierra Blanca (TB4-TB2) con horizontes subordinados de tefras de volcán Boquerón-facie fluvial retrabajada

## Formación Cuscatlan

- 37- (Cbs) Conos de escoria basáltica
- 38- (Cbl) Flujos de lava basáltica y complejos/campos de flujos
- 39- (Cbtp) Aglomerados freatomagmaticos basálticos/cono de toba -facie proximal
- 40- (Cbtm) Tobas freatomagmaticas basálticas-facies media a distal
- 41- (Cbts) Depósitos vulcano-sedimentarios de maar
- 42- (Chs) Depósitos silíceos de aguas termales
- 43- (Cst)Tobas antiguas de calderas de Ilopango y Coatepeque
- 44- (Cstf) Facies retrabajadas (fluvial/lacustrina) de tobas antiguas de calderas
- 45- (Cdsa) Brechas dacíticas subacuáticas y tobas de pómez retrabajada de ca
- 46- (Cds) Cono de escoria dacítica San José
- 47- (Cadl) Cono efusivo andesítico/dacítico San Jacinto
- 48- (Cadlt) Cono efusivo andesítico/dacítico San Jacinto cubiertos por tefras
- 49- (Crd) Domos extrusivos riolíticos
- 50- (Cdd) Domos extrusivos dacíticos-San Jacinto y equivalentes
- 51- (Cddb) Brechas relacionadas a domo dacítico
- 52- (Cddp) Flujos piroclásticos relacionados a domo dacítico
- 53- (Cddt) Domos extrusivos dacíticos, cubiertos por tefras antiguas de Tierra B subordinados de tefras de volcán Boquerón
- 54- (Cas) Complejos de estratovolcanes/efusivos basálticos/andesíticos de la z Nejava, Guaycume, Guazapa y El Carmen
- 55- (Cast) Complejos de estratovolcanes/efusivos basálticos/andesíticos de la z
- 56- (Cal) Complejos de flujos de lava basáltica y brechas hialoclastitas
- 57- (Calt) Complejos de flujos de lava basáltica/andesíticas y brechas hialoclas



Lava masiva de andesita



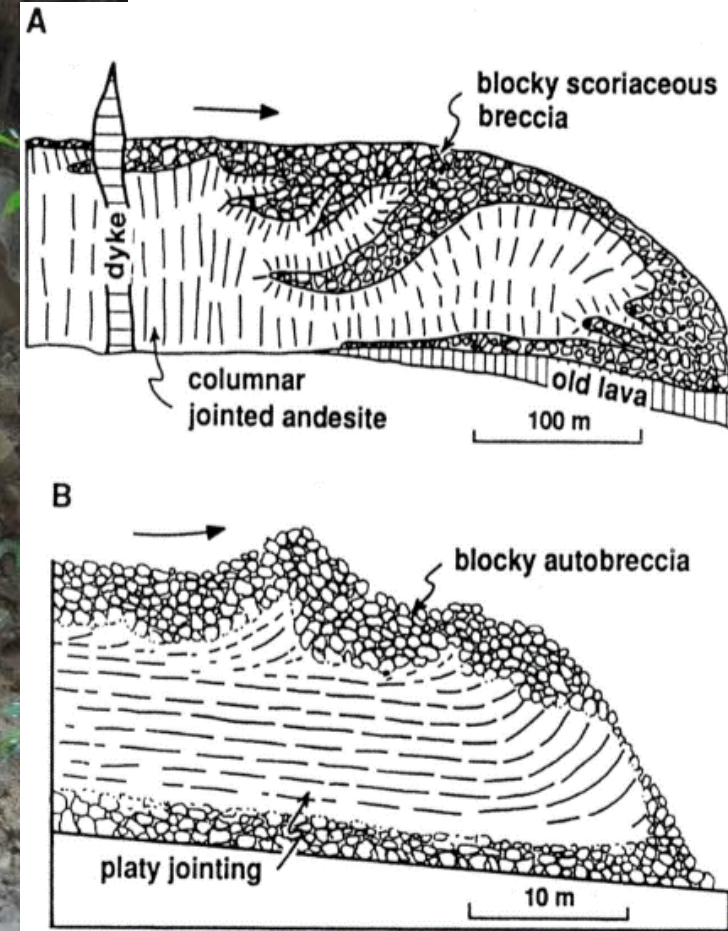
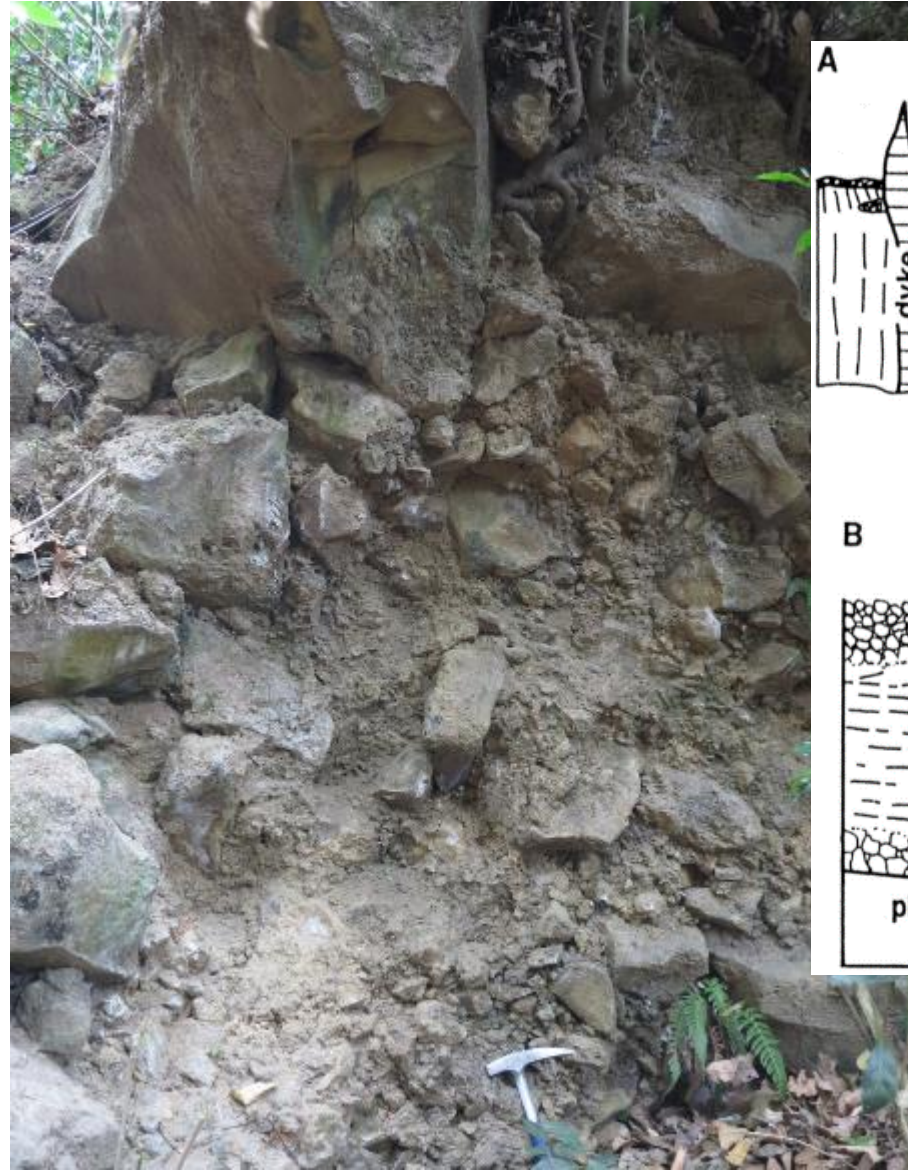
Lava masiva de riolita que muestra bandas de flujo



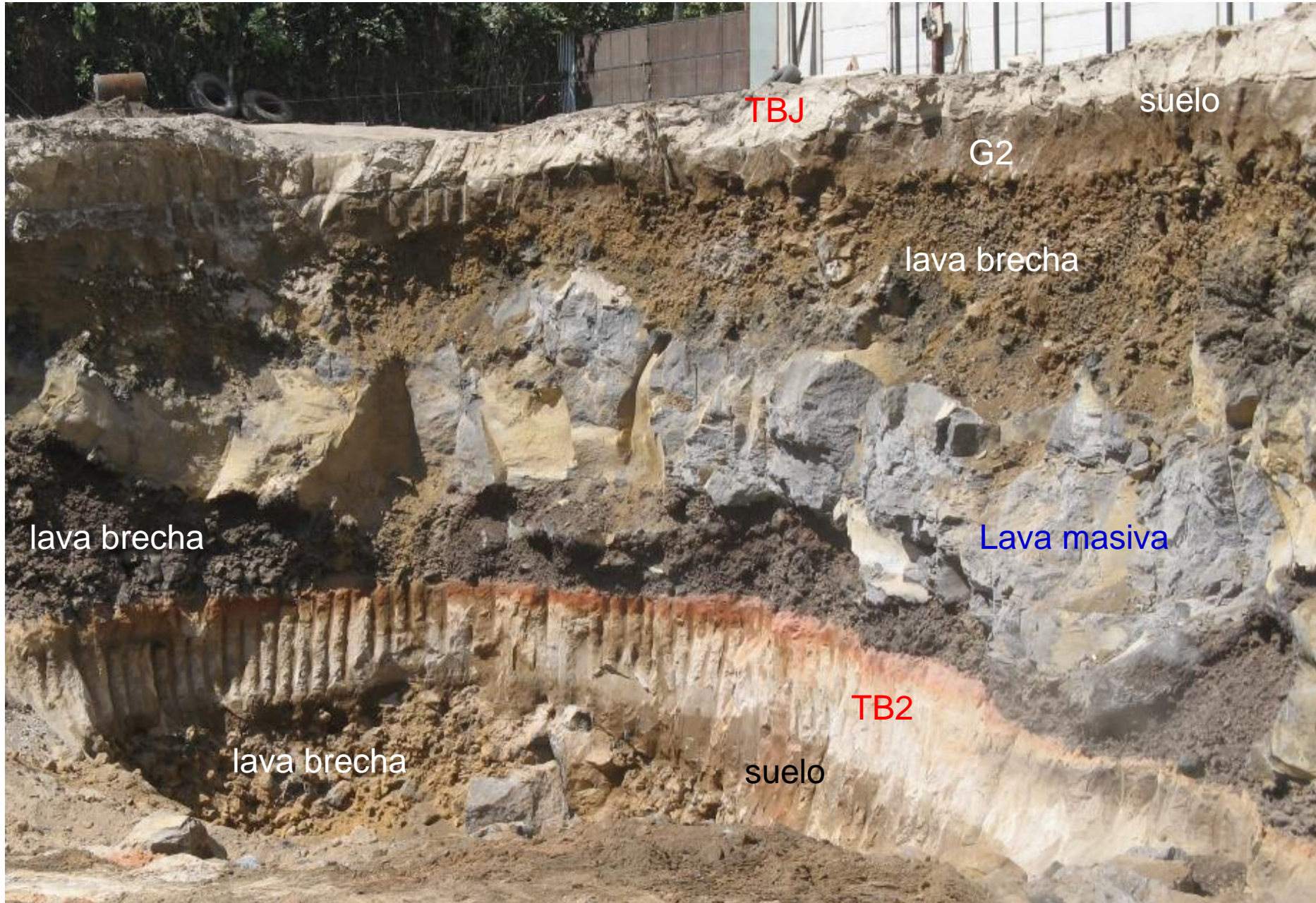
Brecha de lava escorácea de tipo AA



Brecha de lava tipo bloque



# Lavas de Boquerón alternadas con tefras



Aglomerado Escoráceo



Sucesión de tefras



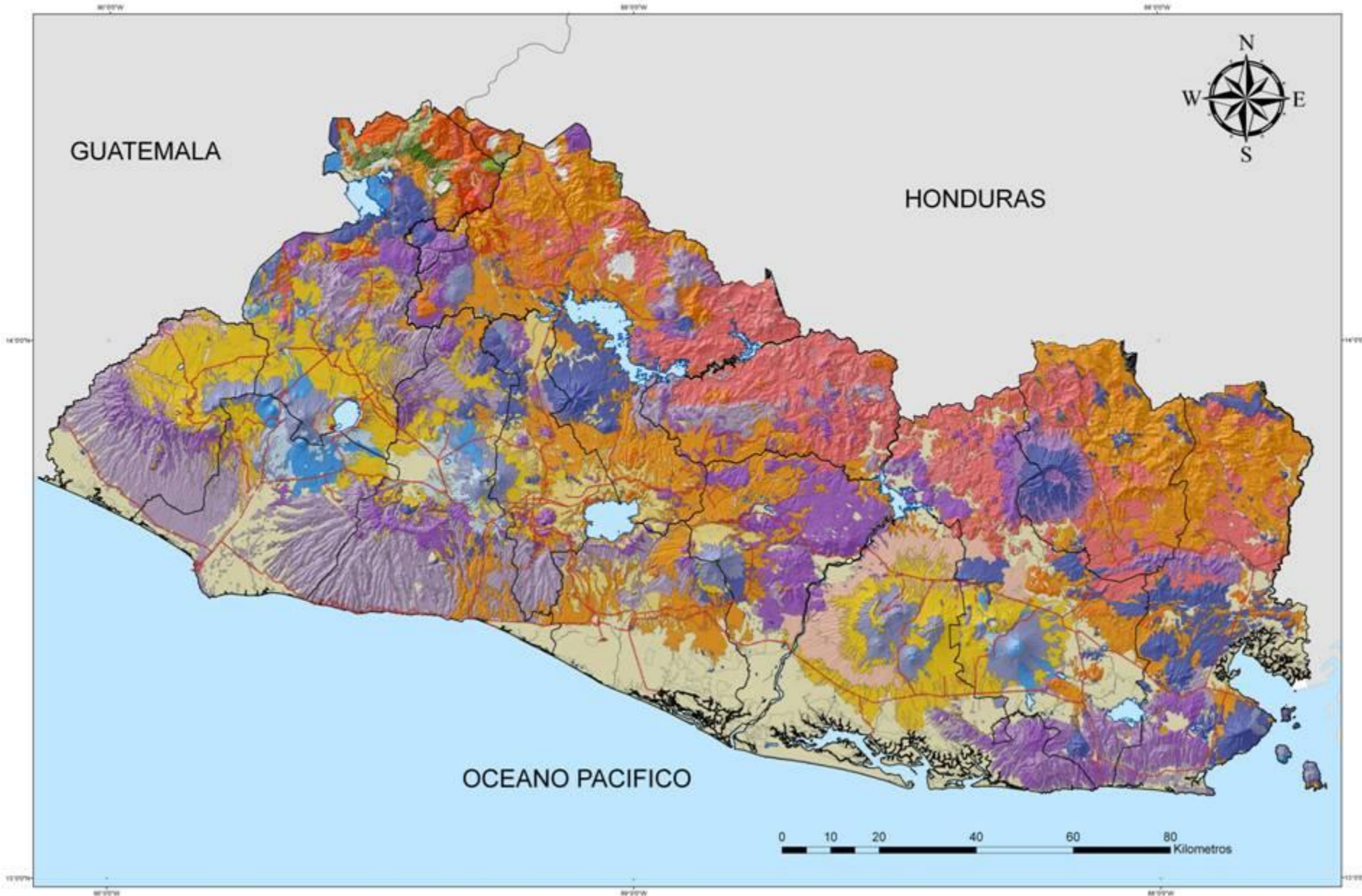
Zonas acuíferas fueron identificadas por Schmidh-Thomé (1969) siendo las principales TB4, escorias del volcán de San Salvador (G1 y G2), zonas con rocas de Formación el Bálsamo, la base de las lavas porosas y TB (capa abajo de Tierra Blanca Joven, TBJ).  
Se ha incluido esta cobertura en mapa

# Mapa Geológico de la República de El Salvador

Misión Geológica Alemana

Escala 1:100,000

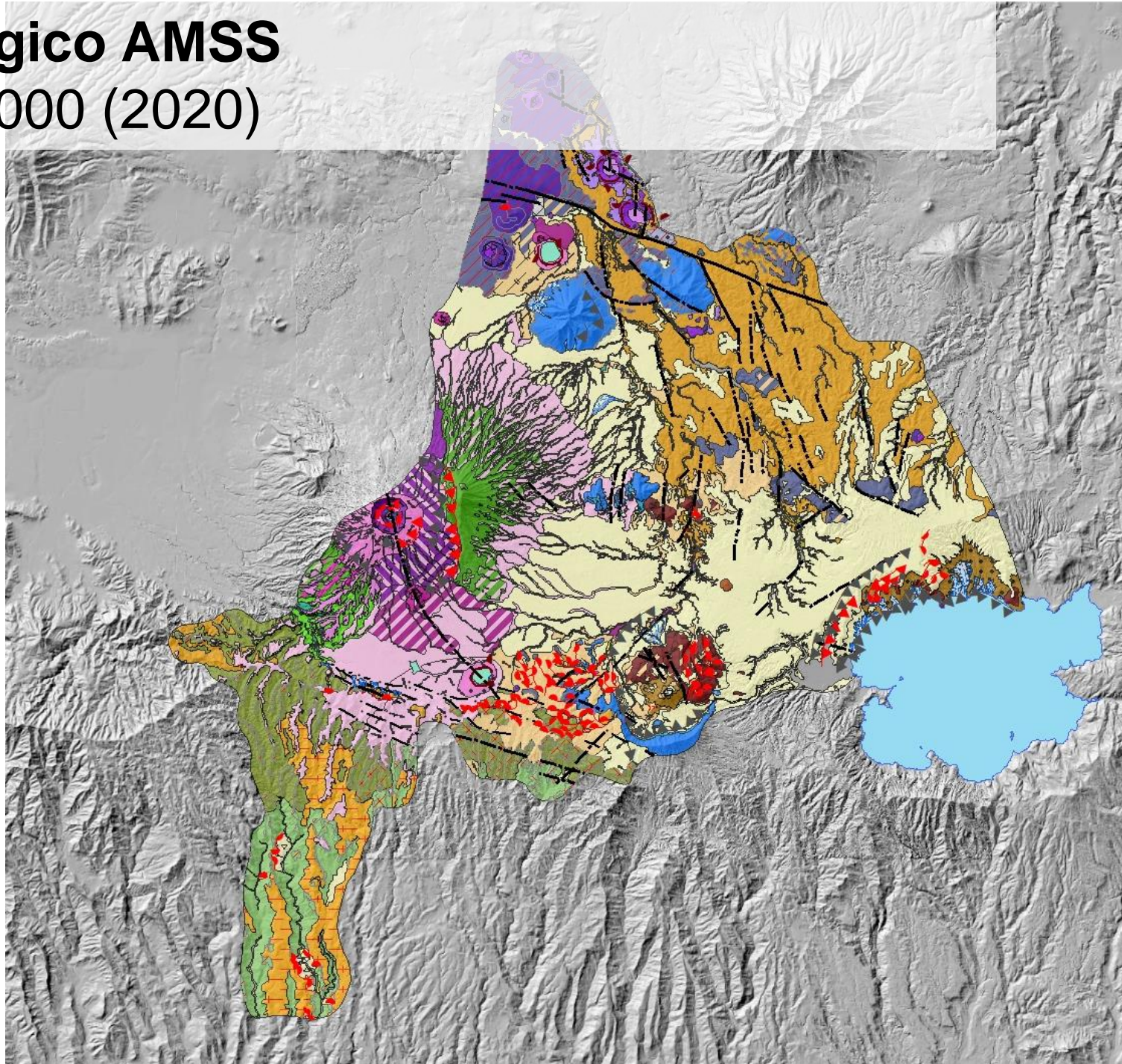
1978

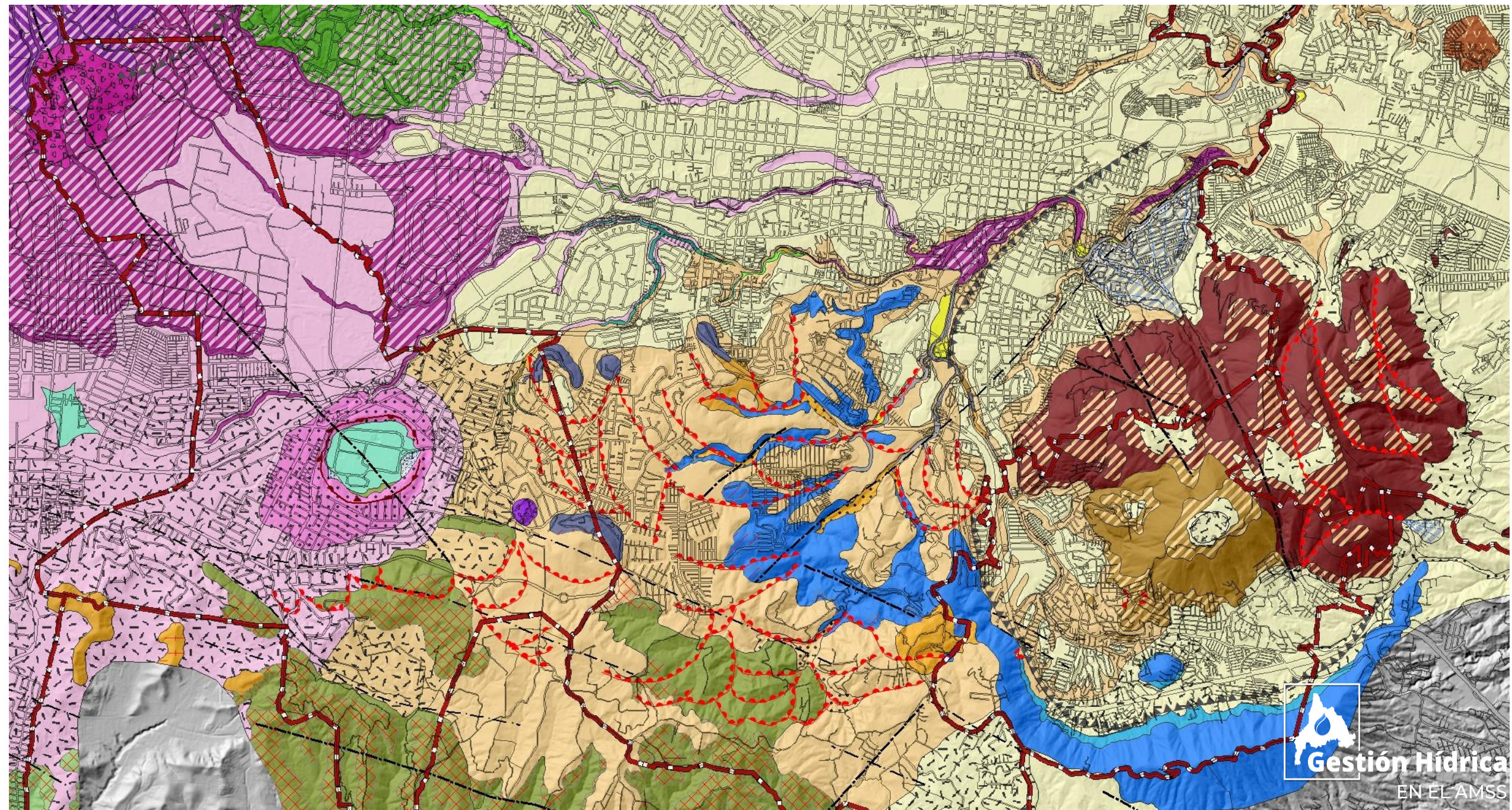


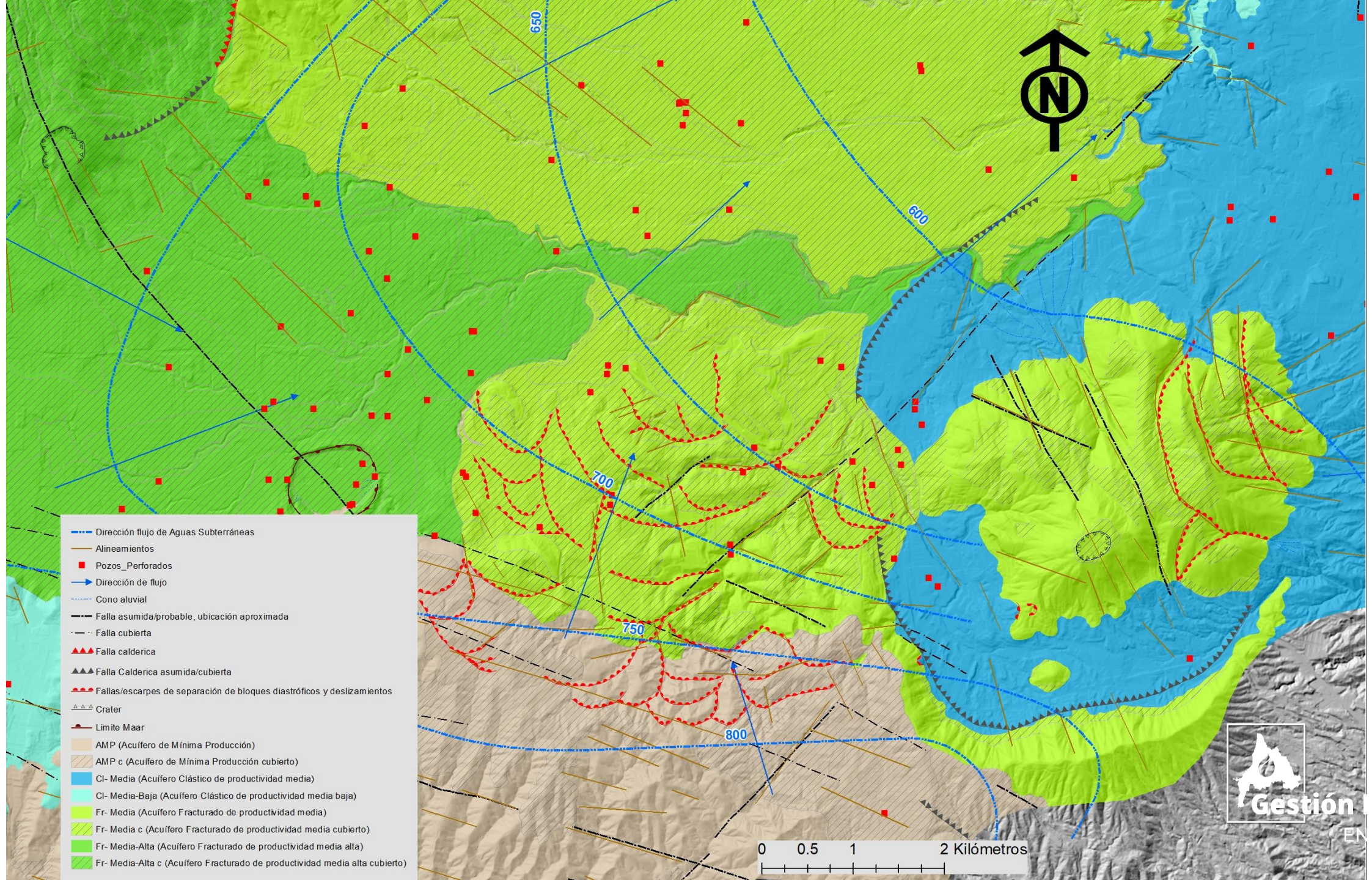


# Mapa geológico AMSS

Escala 1:50,000 (2020)



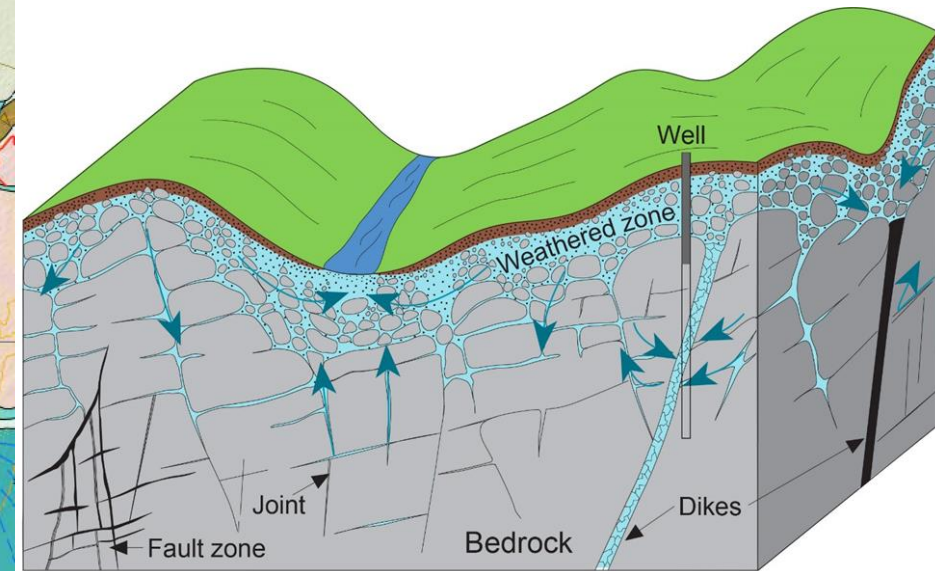
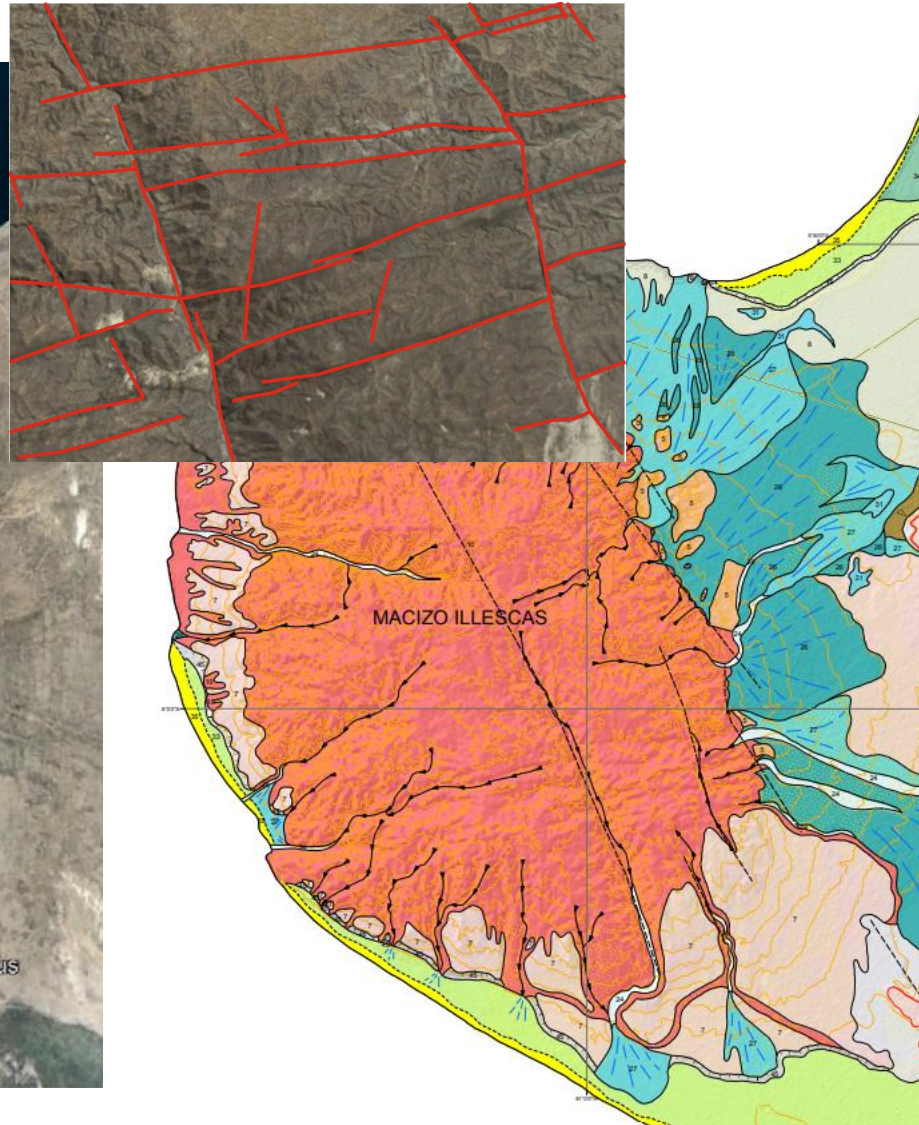




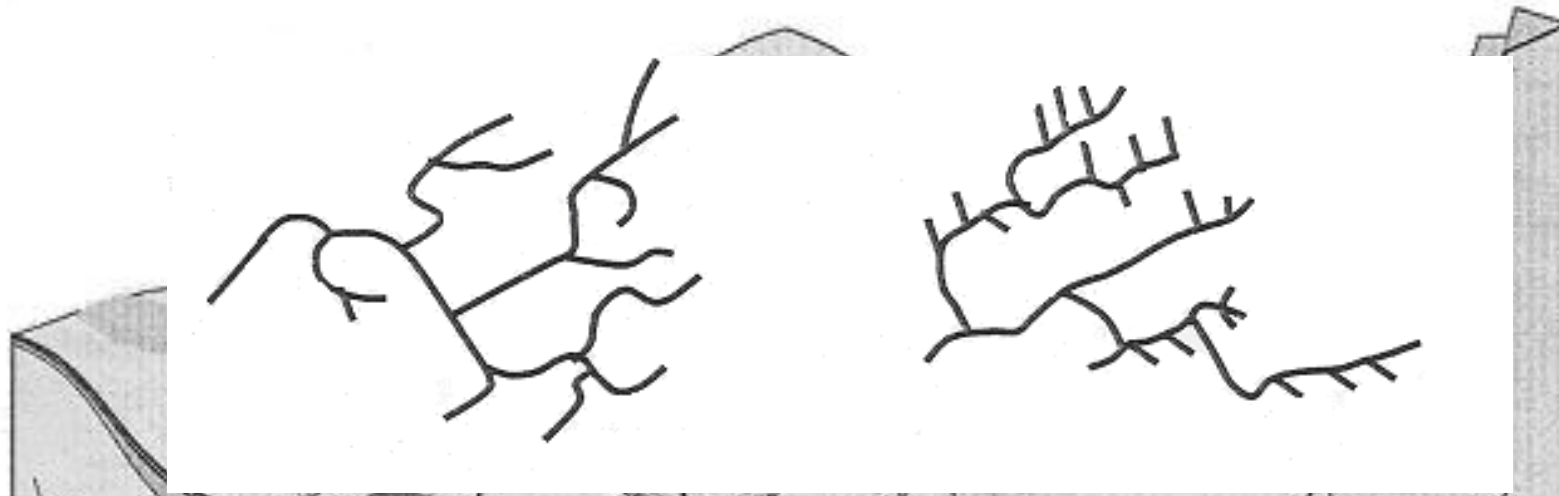
- Dirección flujo de Aguas Subterráneas
- Alineamientos
- Pozos\_Perforados
- Dirección de flujo
- Cono aluvial
- Falta asumida/probable, ubicación aproximada
- Falta cubierta
- ▲▲▲ Falta calderica
- ▲▲▲ Falta Calderica asumida/cubierta
- Fallos/escarpes de separación de bloques diastóricos y deslizamientos
- ▲▲▲ Crater
- Limite Maar
- AMP (Acuífero de Mínima Producción)
- AMP c (Acuífero de Mínima Producción cubierto)
- Cl-Media (Acuífero Clástico de productividad media)
- Cl-Media-Baja (Acuífero Clástico de productividad media baja)
- Fr-Media (Acuífero Fracturado de productividad media)
- Fr-Media c (Acuífero Fracturado de productividad media cubierto)
- Fr-Media-Alta (Acuífero Fracturado de productividad media alta)
- Fr-Media-Alta c (Acuífero Fracturado de productividad media alta cubierto)



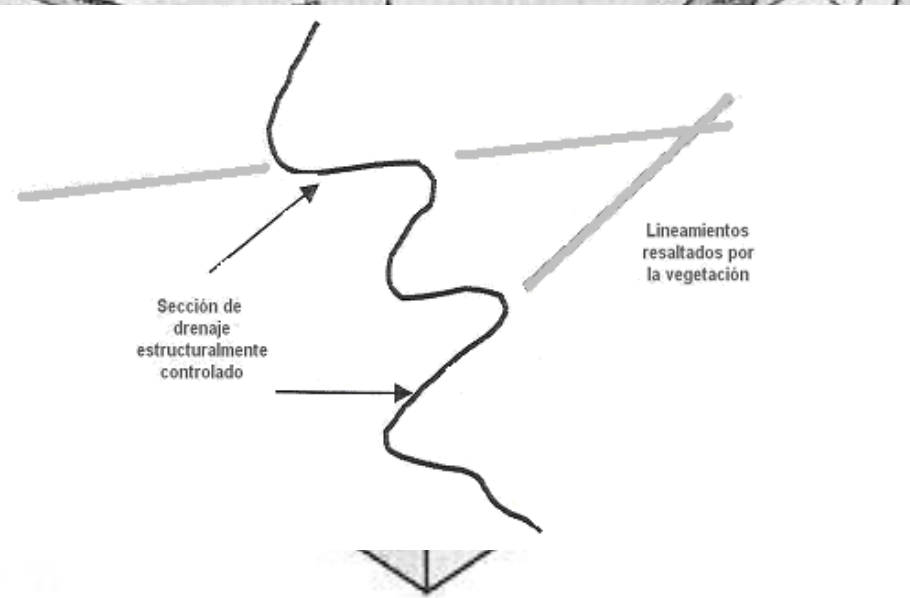
# Alineamientos con sensores remotos



## Alineamientos y fracturas

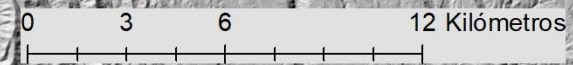
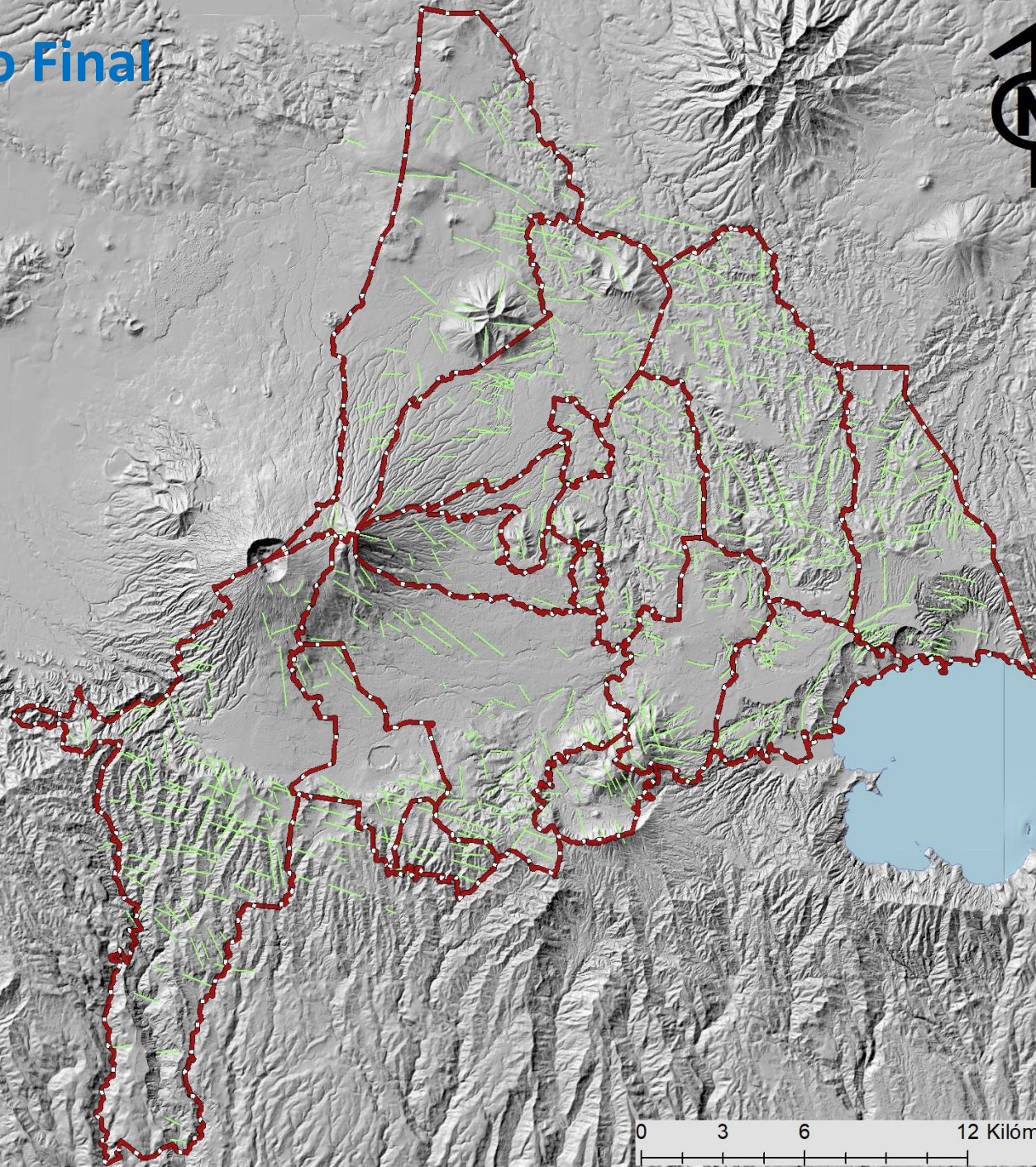


**Drenaje estructuralmente controlado, que sirve para inferir que existe un alineamiento. [Nils,2002:p.16]**



**Patrones de drenaje que se pueden encontrar en un alineamiento, combinación de falla o fractura: vegetación, vegetación adaptada, drenaje, tonos de suelo y fracturas. [Nils, 2002]**

# Resultado Final



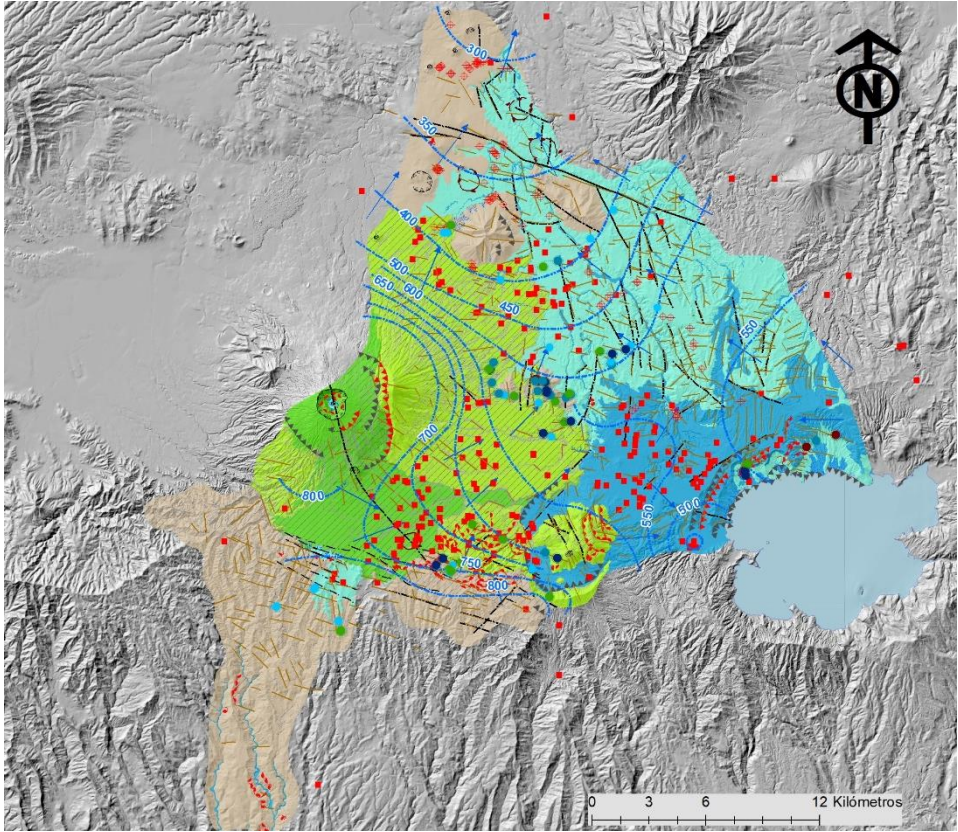
### Sistema Acuífero Fracturado

Las rocas que integran las formaciones del medio fracturado afloran en las áreas más elevadas topográficamente, representando áreas de recarga regionales del acuífero del AMSS, ubicadas en VB y alrededores. Está integrado por rocas de la Formación San Salvador y Cuscatlán, flujos de lava basáltica/andesítica, así como aglomerados basálticos cubiertos por tobas freatomagmáticas y también complejos estratovolcánicos cubiertos por tefras

### Sistema Acuífero Poroso

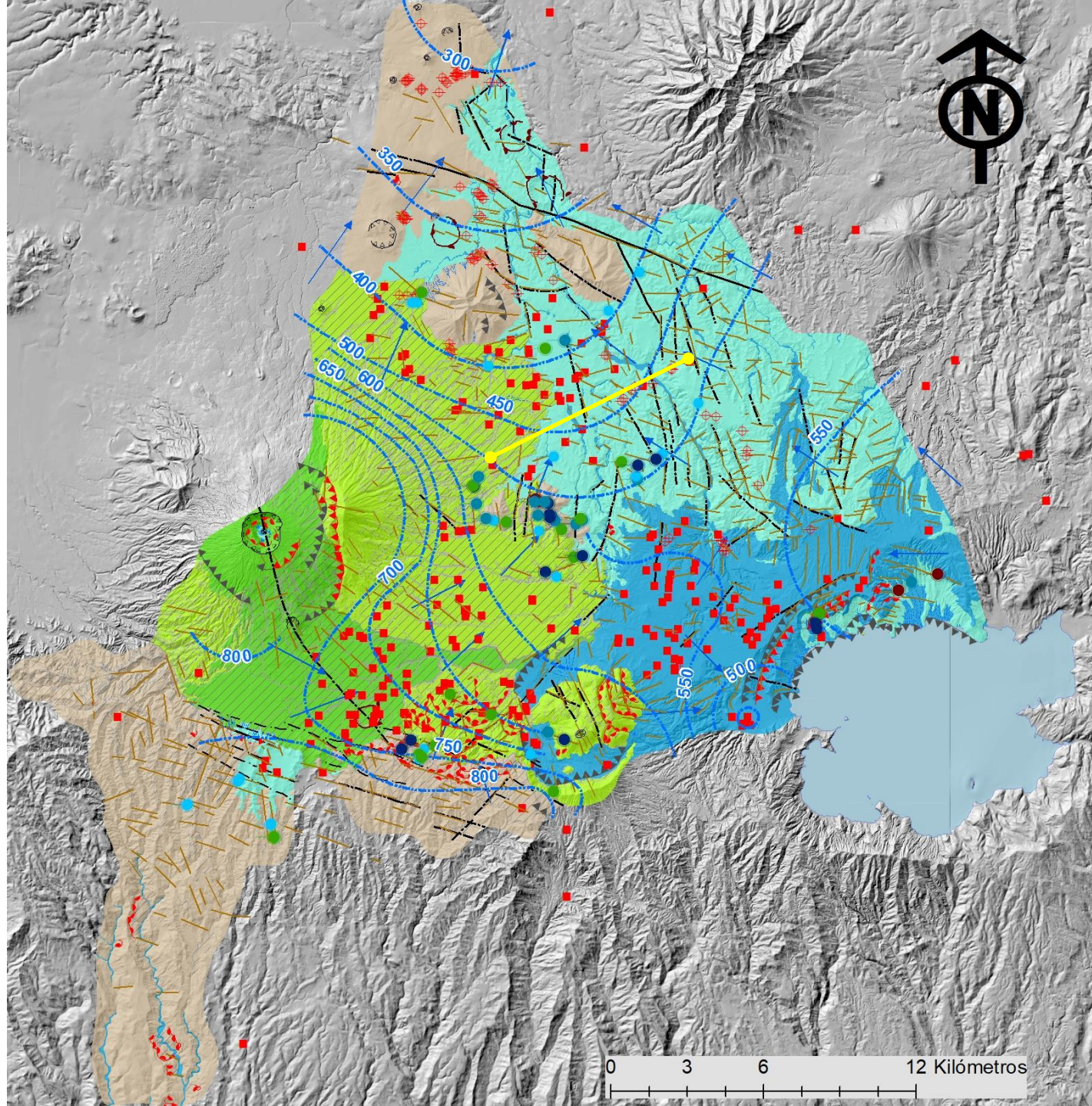
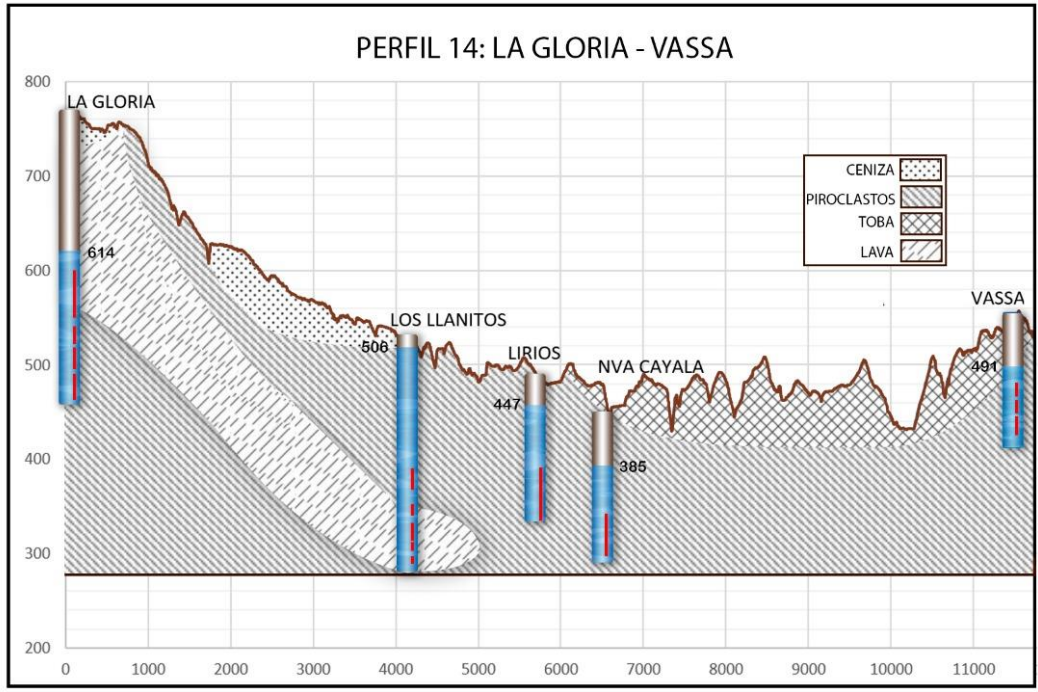
El acuífero poroso con permeabilidad favorable es la unidad hidrogeológica que se identifica en la zona sureste del AMSS e integra depósitos recientes. Se distribuye desde laderas de estratovolcanes hasta las partes más bajas y asociada a los principales cursos fluviales del AMSS. Incluye sedimentos Cuaternarios hasta la Formación San Salvador y Cuscatlán. En esta unidad se incluyen tefras, depósitos de movimientos de ladera recientes y depósitos fluviales recientes

La unidad hidrogeológica de acuífero poroso con una capacidad media o baja para almacenar y transmitir agua se distribuye predominantemente en el sector N-NE del AMSS. Incluye las tobas antiguas de las calderas de Ilopango y Coatepeque, algunos depósitos poligenéticos de depresiones.



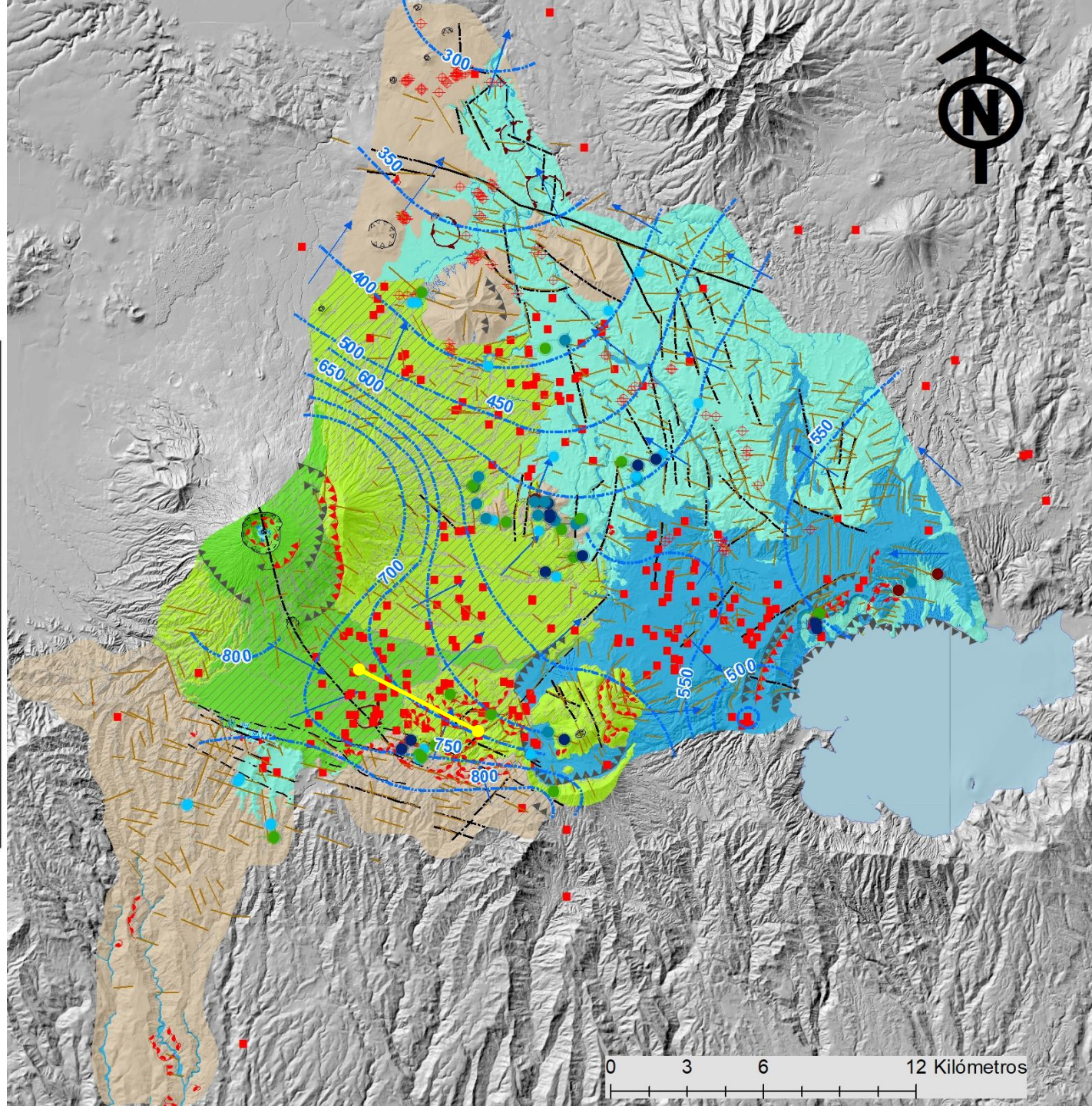
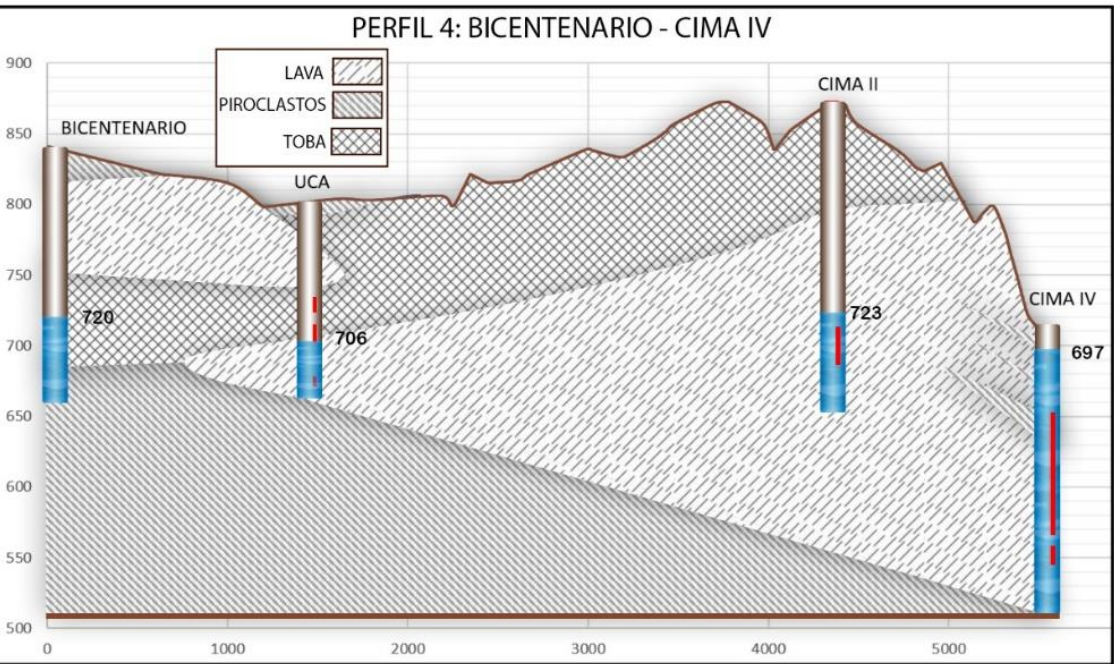
AMP	Acuíferos de mínima producción
CI-Media	Acuífero clástico de producción media
CI-Media-Alta	Acuífero clástico de producción media-alta
Fr-Media	Acuífero fracturado de productividad media
Fr-Media c	Acuífero fracturado cubierto de productividad media
Fr-Media-Alta	Acuífero fracturado de productividad media-alta
Fr-Media-Alta c	Acuífero fracturado cubierto de productividad media-alta

**Análisis de las columnas litológicas de pozos para evaluar la interrelación en profundidad de dichas unidades geológicas con el objetivo de asegurar la congruencia en la delimitación de las unidades hidrogeológicas.**



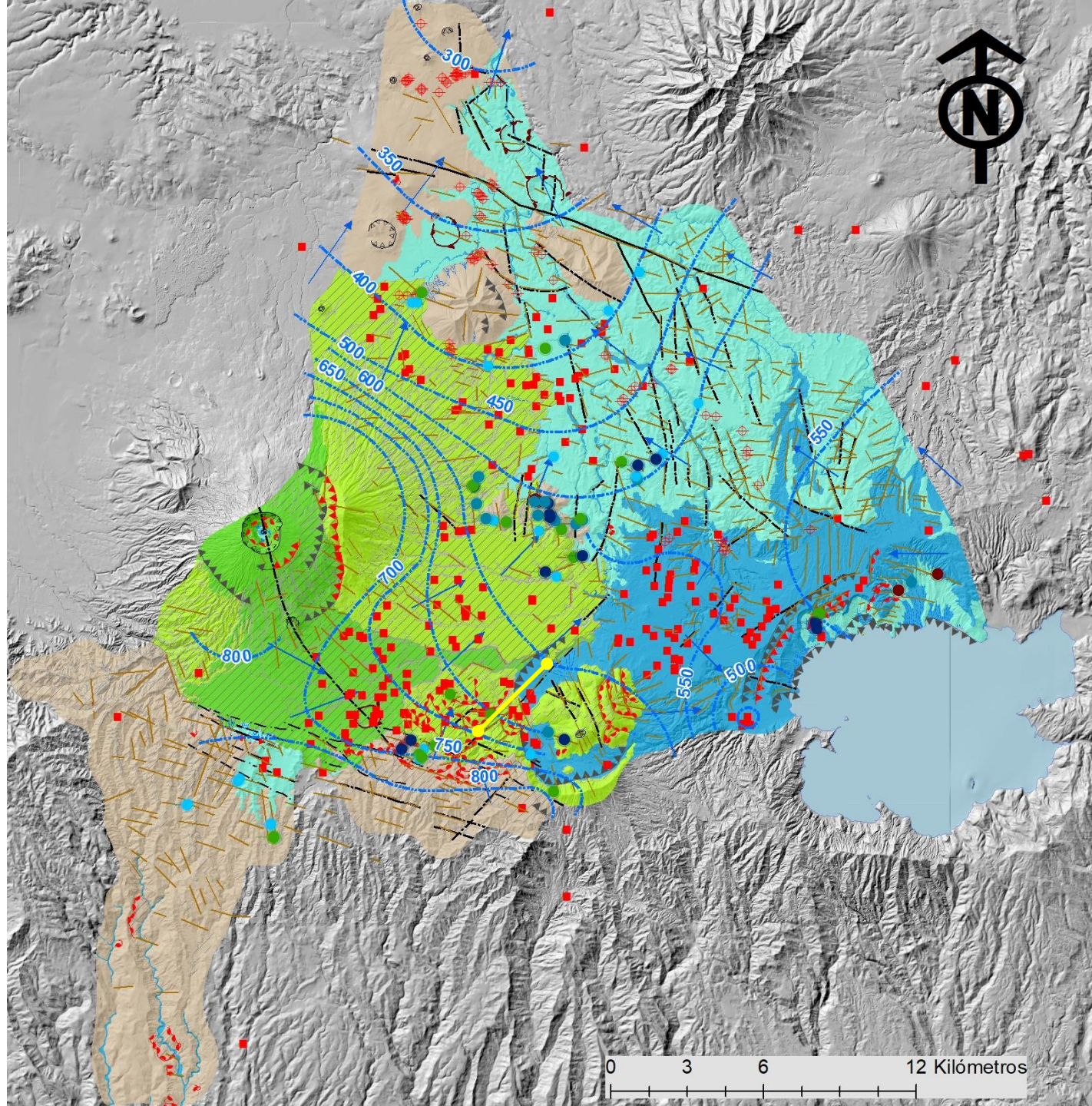
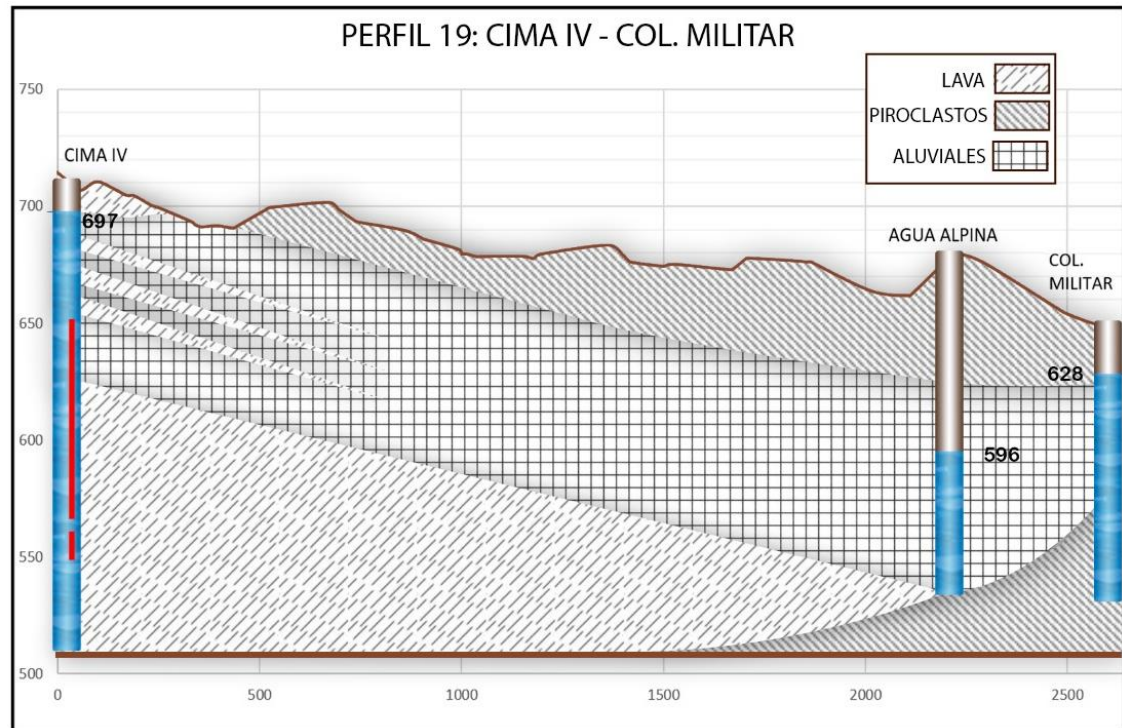


**Análisis de las columnas litológicas de pozos para evaluar la interrelación en profundidad de dichas unidades geológicas con el objetivo de asegurar la congruencia en la delimitación de las unidades hidrogeológicas.**

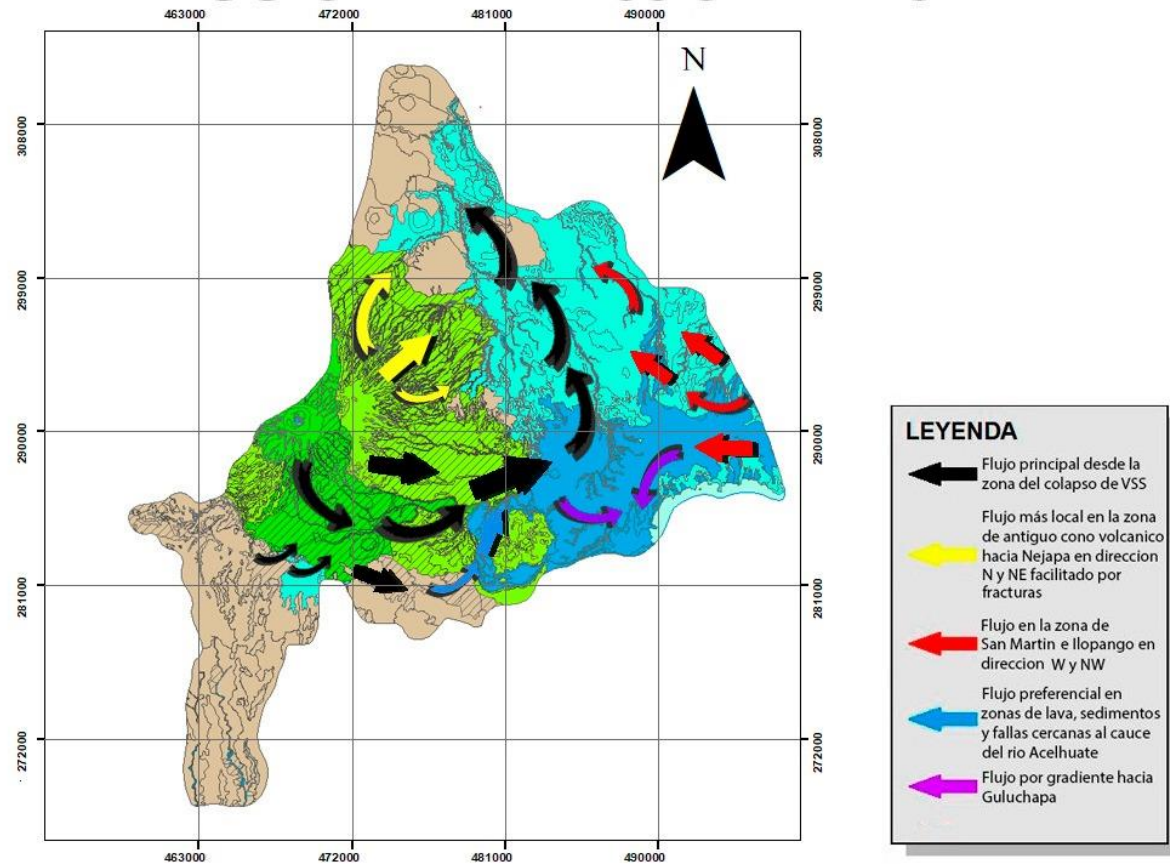


**Análisis de las columnas litológicas de pozos para evaluar la interrelación en profundidad de dichas unidades geológicas con el objetivo de asegurar la congruencia en la delimitación de las unidades hidrogeológicas.**

PERFIL 19: CIMA IV - COL. MILITAR



# DIRECCIÓN DE FLUJO DE AS



Las curvas isofreáticas fueron generadas a partir de un proceso de interpolación de 103 pozos incluidos algunos de la red de monitoreo actual del MARN. Estas curvas han sido comparadas con otros estudios como el de PNUD de 1972, el Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de 2015 y el mapa más reciente desarrollado por Barrera, 2021 con curvas más actualizadas. A partir de estas comparaciones es importante destacar que existen ciertas zonas en las que existen pocos datos para establecer una ubicación precisa de las curvas (como en la zona norte de Picacho) pero que pueden proyectarse tomando como referencia dichos estudios.

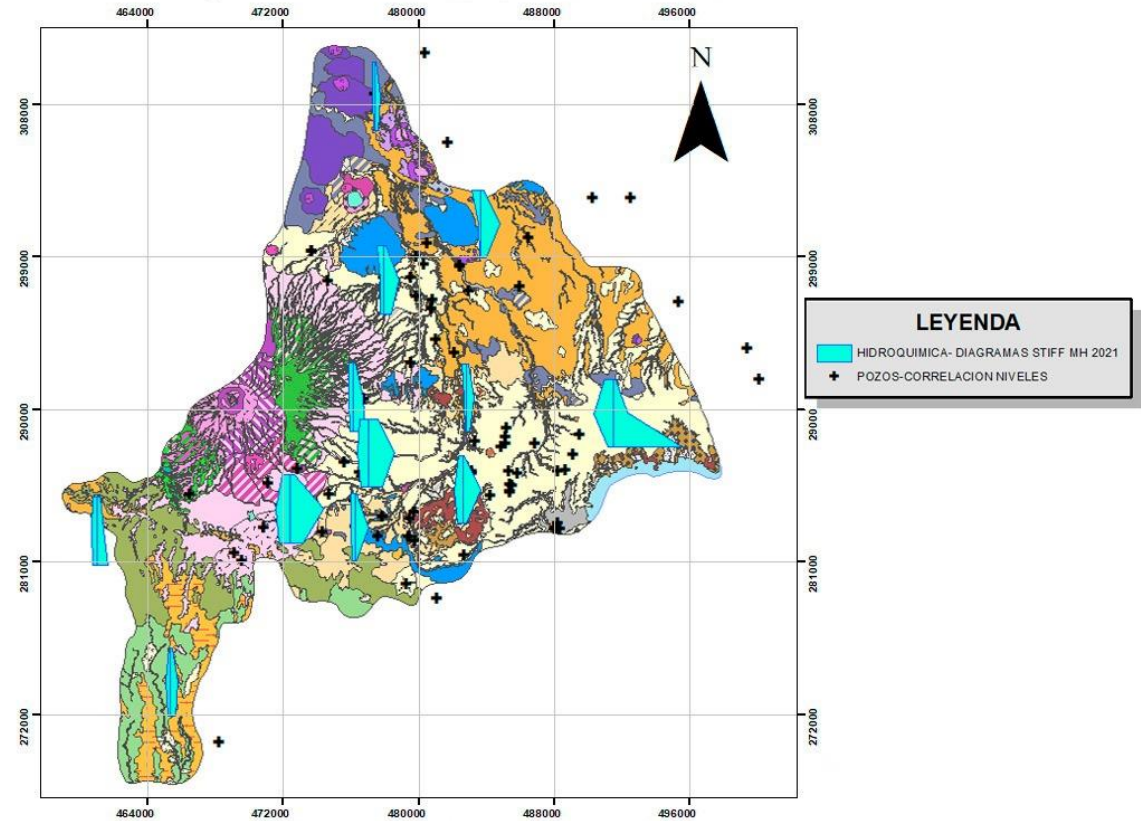
De igual forma se destaca que la formación de Cerro El Carmen y Cerro El Chagüite constituyen elementos geológicos que representan barreras para el flujo de agua y por tanto limitan la proyección de las curvas isofreáticas, las que se representan mejor siguiendo la tendencia del flujo principal del AS.

La presencia de un parteaguas hidrogeológico en la zona de Soyapango es importante para entender que el río Las Cañas recibe aportes de agua subterránea desde ambas márgenes, así como el aporte de AS hacia la zona de Guluchapa proveniente tanto del Volcán Boquerón como del flujo de agua desde el Este (Ilopango).

# HIDROQUIMICA

CÓDIGO	NOMBRE	Z (msnm)	PH	°C	Cond	STD
MH-01	Guaycume		6,9	26,3	181	90
MH-02	Nejapa	407	7,45	32,7	466	233
MH-03	Apopa	422	7,7	30,1	388	194
MH-04	Mejicanos	800	6,94	26,8	272	137
MH-05	San Salvador - I	719	6,3	31,6	813	407
MH-06	Antiguo Cusctalán	846	6,24	28,5	829	414
MH-07	San Salvador - II	896	6,66	25,8	256	129
MH-08	Soyapango	704	7,23	36,1	425	212
MH-09	San Martín	681	6,6	29,7	844	422
MH-10	Comasagüa	561	6,68	29,9	215	109
MH-11	Santa Tecla	360	6,27	27,7	249	124
MH-12	Ciudad Delgado	1131	6,15	25,8	350	112

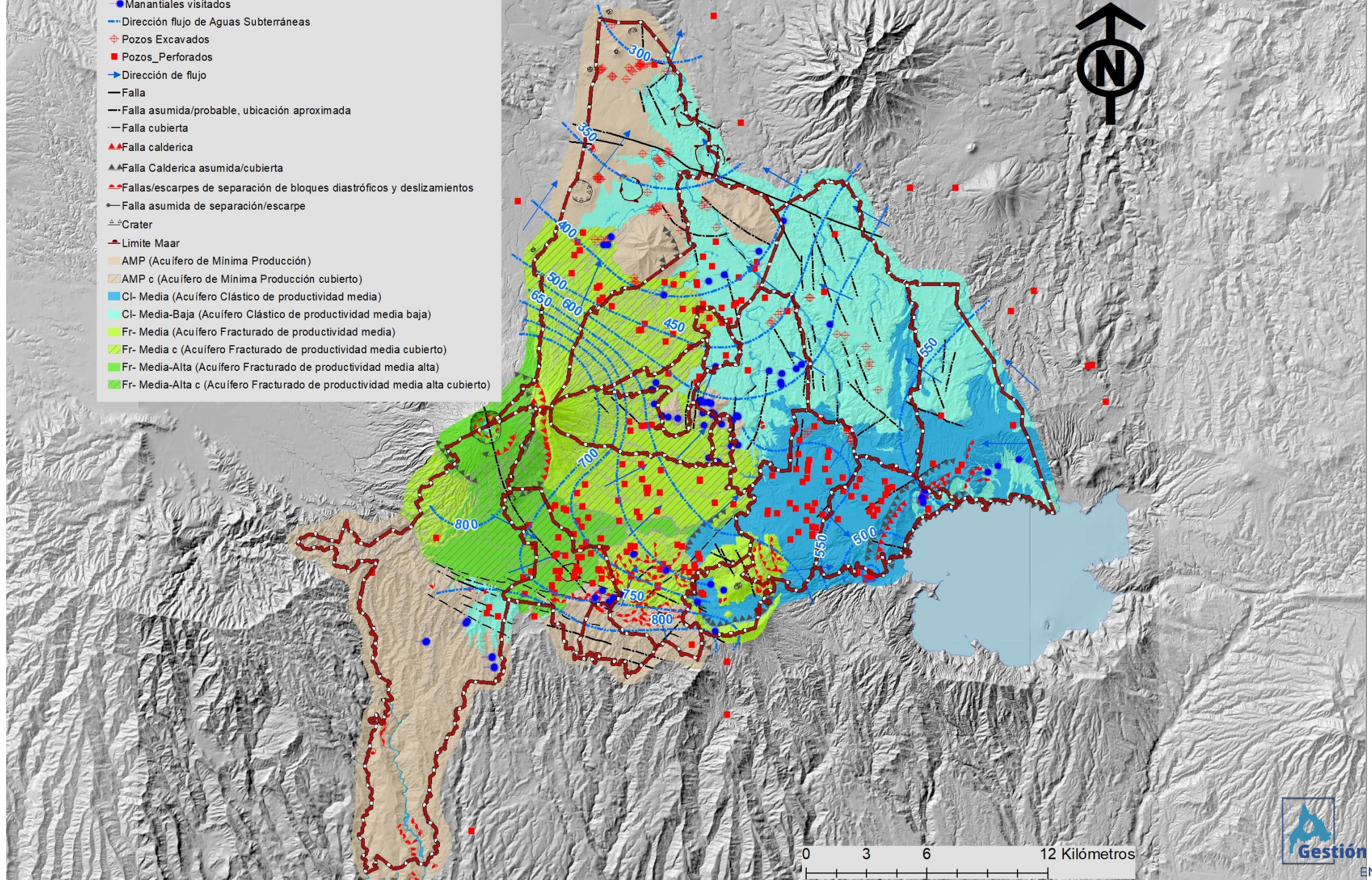
CÓDIGO	NOMBRE	K mg/l	Na mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	HCO3 mg/l
MH1	Guaycume	13,35	35,1	8,72	2,76	24,47	54,52	248,88
MH2	Nejapa	6,7	8,3	7,37	2,34	8,74	27,68	70,76
MH3	Apopa	8,78	23,1	14,43	7,48	17,48	76,3	200,08
MH4	Mejicanos	1,89	17,5	18,79	9,45	12,23	117,55	117,12
MH5	San Salvador I	11,25	36,9	48,9	21,75	71,65	138,66	331,84
MH6	Antiguo Cuscatlan	10,6	31,4	58,1	27,4	33,21	128,94	431,88
MH7	San Salvador II	3,44	16,5	19,29	8,75	8,74	12,51	168,36
MH8	Soyapango	3,85	17,2	37,15	12,85	12,23	39,99	226,92
MH9	San Martín	8,35	36,5	80,4	13,9	17,48	681,79	185,44
MH 10	Comasagua	4	17,9	25,23	11,63	19,22	102,03	80,52
MH11	Santa Tecla	2,98	6,95	18,05	7,1	10,49	53,43	90,28
MH-12	Ciudad Delgado	4,58	18	11,56	4,8	12,23	35,15	92,72



De los diagramas de Stiff puede concluirse que las aguas son principalmente bicarbonatadas cálcicas con posibilidad de mayor tiempo de residencia. Las muestras de agua cercanas a zonas de falla revelan menor mineralización y posible poco tiempo de residencia.

Aguas de la zona de Ilopango muestran composición química diferente, ya que son sulfatadas cálcicas. Estos resultados son congruentes con la litología y con los flujos de aguas propuestos

- Manantiales visitados
- Dirección flujo de Aguas Subterráneas
- ⊕ Pozos Excavados
- Pozos\_Perforados
- Dirección de flujo
- Falla
- Falla asumida/probable, ubicación aproximada
- Falla cubierta
- ▲▲ Falla calderica
- ▲▲ Falla Calderica asumida/cubierta
- Fallas/escarpes de separación de bloques diastróficos y deslizamientos
- Falla asumida de separación/escarpe
- ⚡ Cráter
- Limite Maar
- AMP (Acuífero de Mínima Producción)
- AMP c (Acuífero de Mínima Producción cubierto)
- CI- Media (Acuífero Clástico de productividad media)
- CI- Media-Baja (Acuífero Clástico de productividad media baja)
- Fr- Media (Acuífero Fracturado de productividad media)
- Fr- Media c (Acuífero Fracturado de productividad media cubierto)
- Fr- Media-Alta (Acuífero Fracturado de productividad media alta)
- Fr- Media-Alta c (Acuífero Fracturado de productividad media alta cubierto)

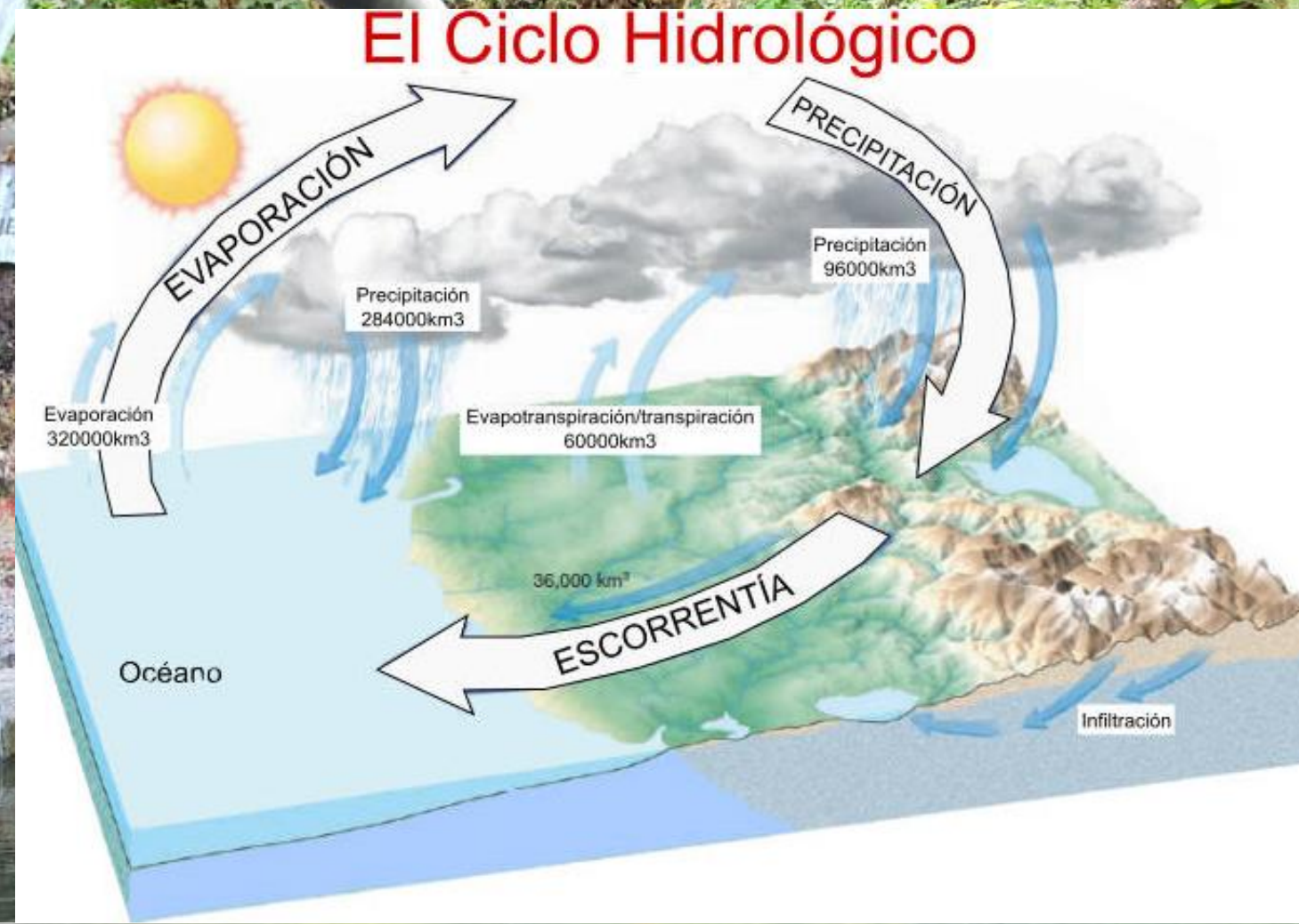


## ■ CICLO HIDROLOGICO

- Movimiento o transferencia de masas de agua, de un sitio a otro y de un estado a otro.
- Dos causas principales de dicho movimiento: EL SOL, que proporciona la energía para elevar el agua del suelo al evaporarla, y LA GRAVEDAD, que permite que el agua condensada se precipite.
- Hay dos procesos fundamentales: Almacenamiento y Transferencia de Agua.



## El Ciclo Hidrológico

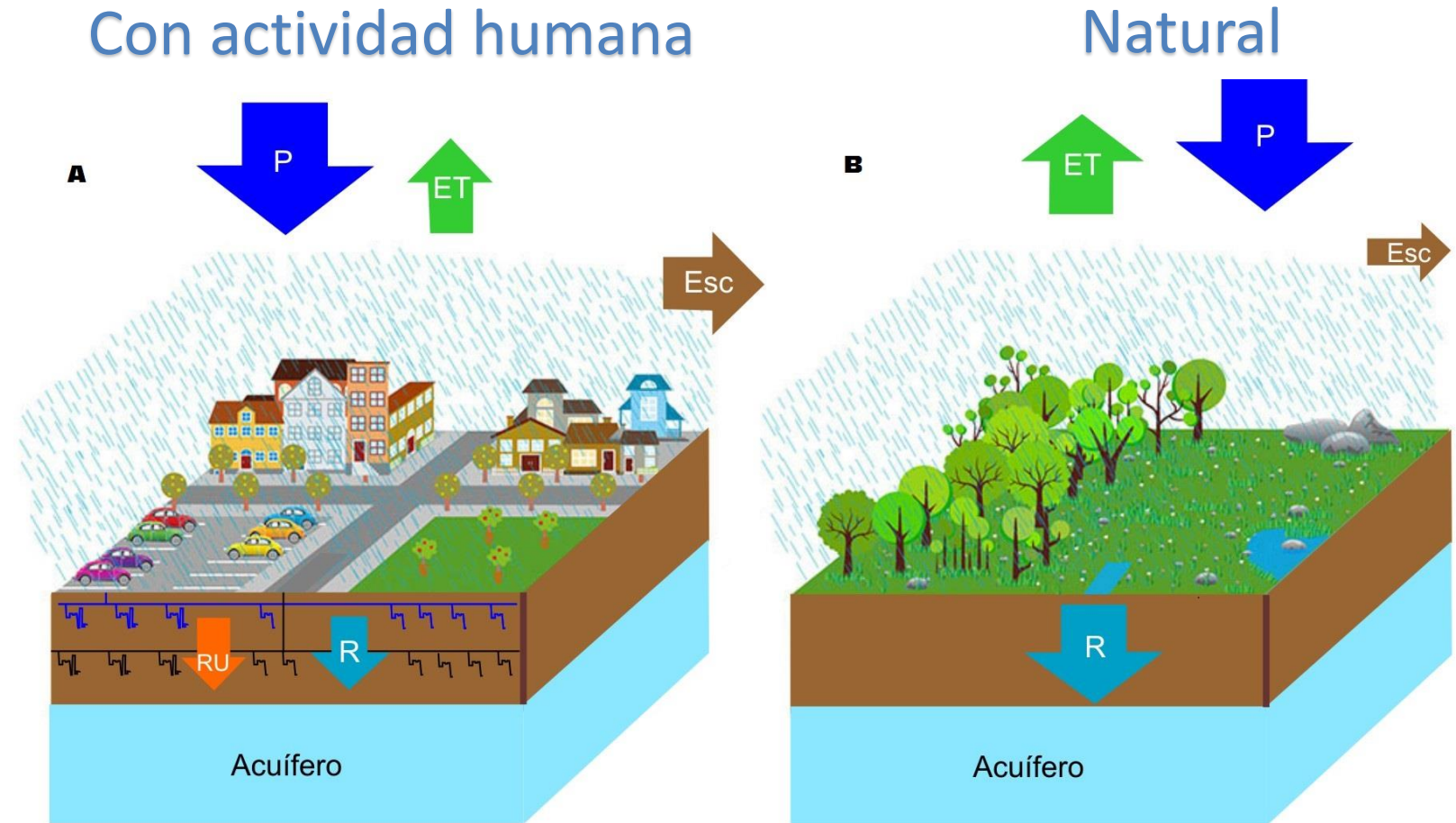


Fórmula:

$$\text{Precipitación} - \text{Evapotranspiración} - \text{Escorrentía} - \text{pozos/manantiales} = \text{Infiltración}$$

# Balance hídrico

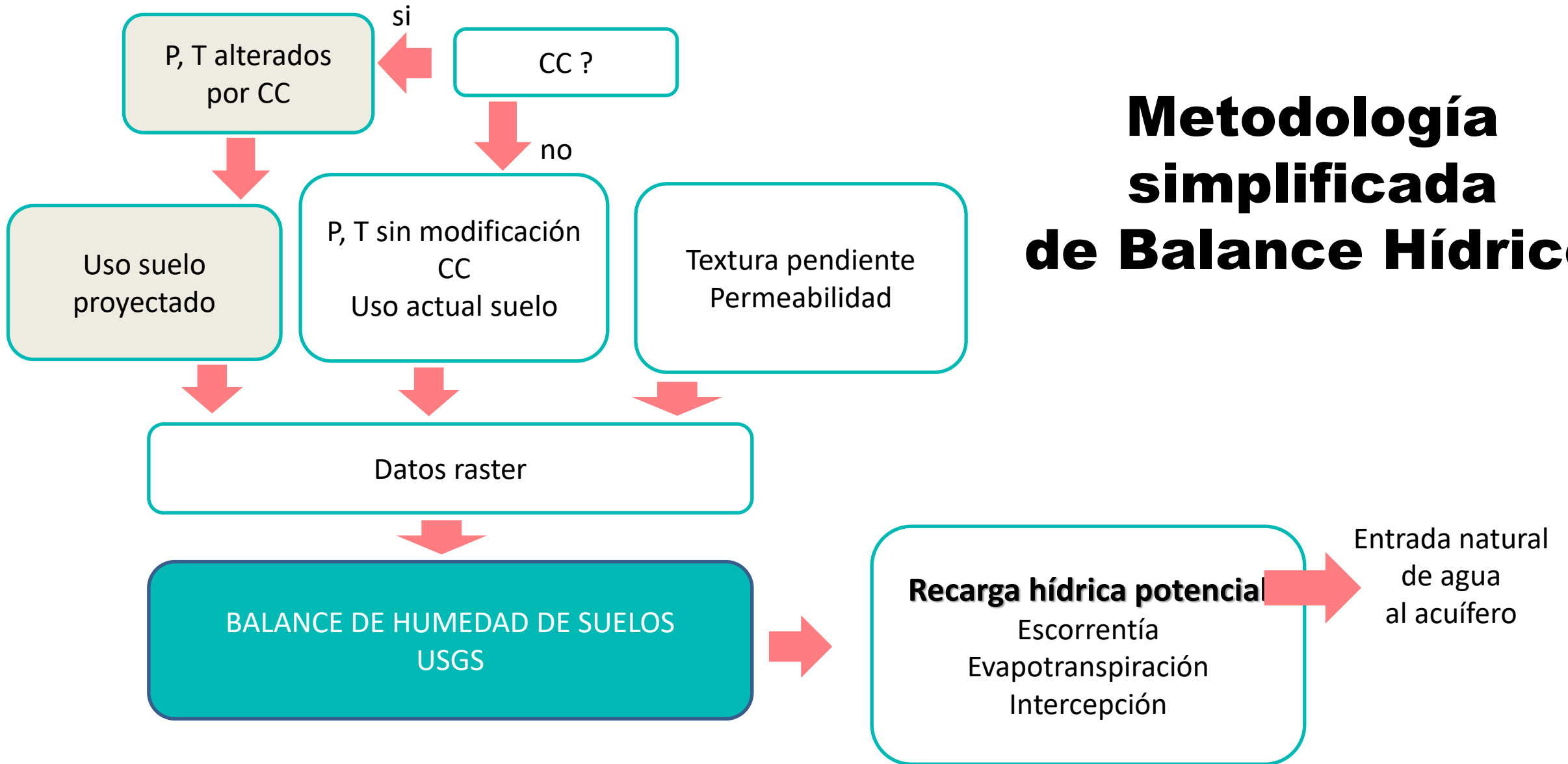
El Cambio Climático puede exacerbar estas modificaciones en el Balance Hídrico



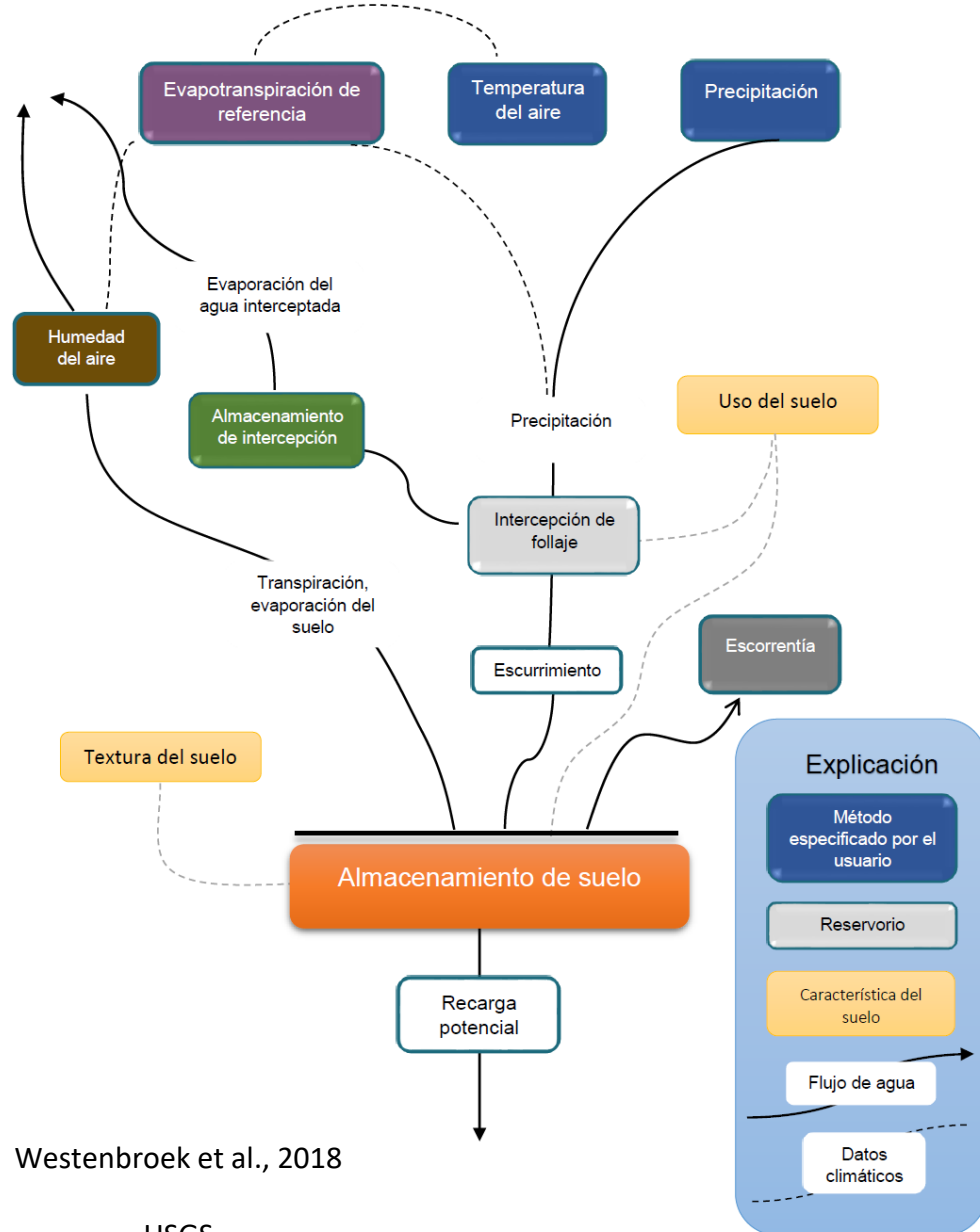
$$\text{Entradas} - \text{Salidas} = \Delta \text{Almacenamiento}$$



# Metodología simplificada de Balance Hídrico



# Balance de Humedad de Suelos



Westenbroek et al., 2018

USGS

## FUNDAMENTAL PARTICIPACIÓN DE ACTORES

- MARN
- ANDA
- Alcaldías
- OPAMSS
- Otros colaboradores

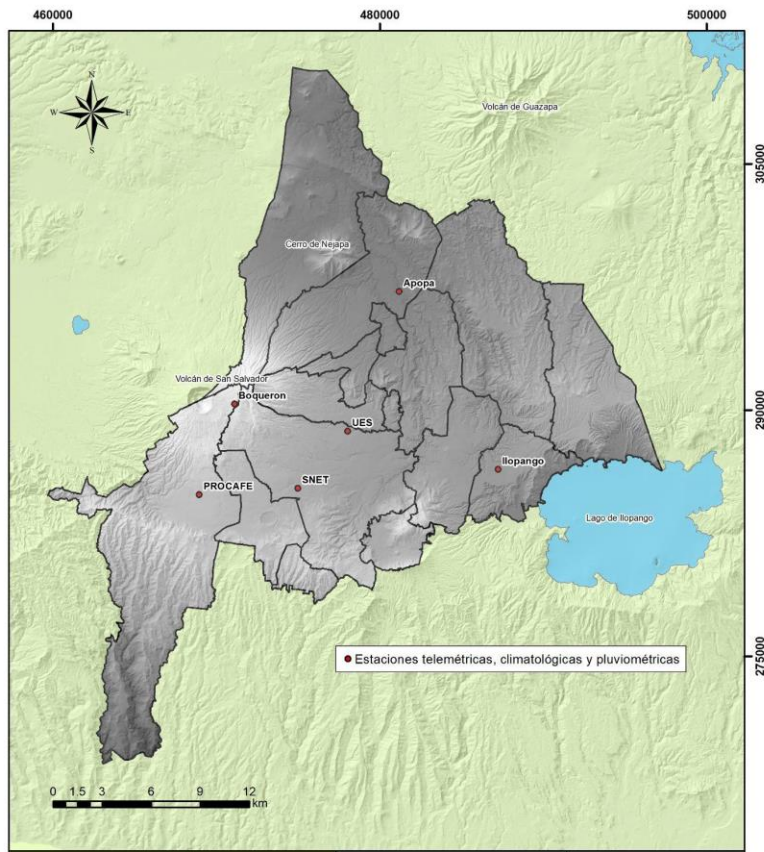


Salidas naturales y artificiales



Recarga natural histórica y proyectada + recarga urbana  
**BHS**





*Fuente: MARN (2020)*

# Estaciones y datos disponibles

Código	Nombre Estación	X (m)	Y (m)	Elevación (msnm)	Datos proporcionados
S-10	Ilopango	487200	286409	615	P, T prom, Tmax, Tmin
S-30	SNET	474960	285247	700	P
35	Boquerón	470787	289661	1588	P, T prom, Tmax, Tmin
36	PROCAFE	468809	285134	964	P, T prom, Tmax, Tmin
61	UES	477647	288997	703	P, T prom, Tmax, Tmin
97	Apopa	481164	297173	420	P

*Fuente: MARN (2021)*



# Pruebas de Permeabilidad

(4/4) mapa\_permeabilidad\_36.jpg



Laboratorio de Hidrogeología  
Escuela de Física  
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática  
Universidad de El Salvador

Fecha de toma de muestra: Fecha de Análisis: 08/10/2021  
Lugar: Canton Las Granadillas 5  
Id: M18  
Laboratoristas: David Flores, Eduardo Lue

**Análisis Granulométrico**

Tamiz	Abertura	Retenido(g)	% Retenido	% Ret Acu	% Pasa
4	4.75	13.0835	5.679134849	5.679134849	94.32086515
10	2	19.0183	8.255244415	13.93437926	86.06562074
12	1.7	4.3524	1.889239616	15.82361888	84.17638112
20	0.84	21.2587	9.227731419	25.0513503	74.9486497
40	0.42	37.456	16.25846868	41.30981898	58.69018102
60	0.25	40.0886	17.40119733	58.71101631	41.28898369
140	0.106	67.2729	29.20104489	87.9120612	12.0879388
200	0.074	25.1946	10.93618152	98.84824272	1.151757283
base		2.6534	1.151757283	100	
		230.3784			

**Curva de Granulometría**

% Gravas:	5.679135	D60	0.44412063
% Arenas:	93.16911	D30	0.179424374
% Arcillas:	1.151757	D10	0.098971043
		Cu	4.487379513
		Cc	0.732409189

Laboratorio de Hidrogeología  
Escuela de Física  
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática  
Universidad de El Salvador

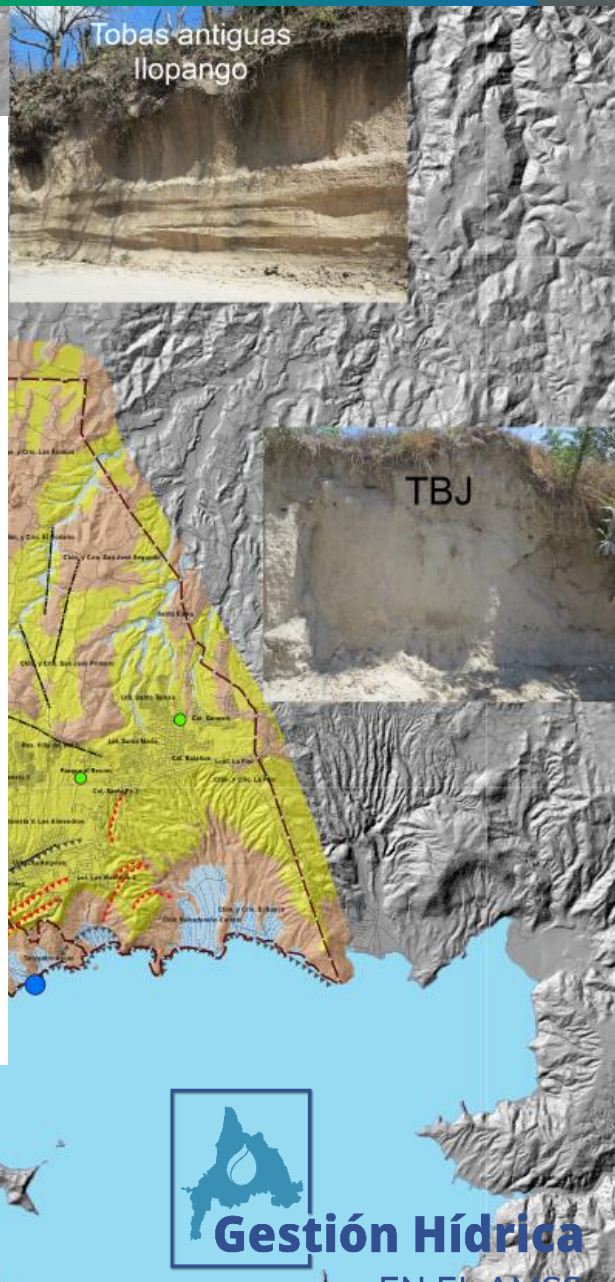
Fecha de toma de muestra: Fecha de Análisis: 22/10/2021  
Lugar: Las Delicias, Santa Tecla  
Id: M26  
Laboratoristas: David Flores, Eduardo Lue

**Análisis Granulométrico**

Tamiz	Abertura	Retenido(g)	% Retenido	% Ret Acu	% Pasa
4	4.75	3.5191	1.762000943	1.762000943	98.23799906
10	2	6.7725	3.390966835	5.152967778	94.84703222
12	1.7	1.9292	0.965943628	6.118911406	93.88108859
20	0.84	12.2545	6.135784877	12.25469628	87.74530372
40	0.42	21.9965	11.01356988	23.26826616	76.73173384
60	0.25	31.2692	15.65637802	38.92464418	61.07535582
140	0.106	87.4448	43.78330257	82.70794675	17.29205325
200	0.074	31.7029	15.87353008	98.58147683	1.418523166
base		2.8331	1.418523166	100	
		199.7218			

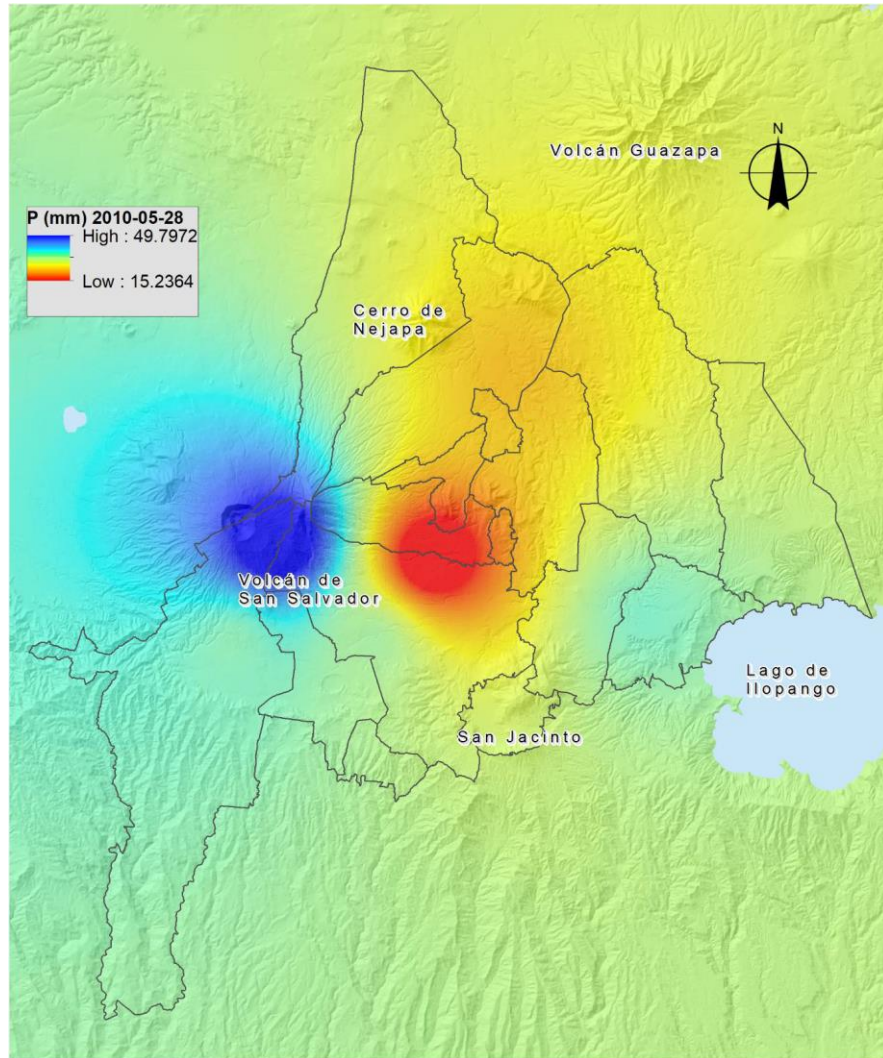
**Curva de Granulometría**

% Gravas:	1.762001	D60	0.244786685
% Arenas:	96.81948	D30	0.13597579
% Arcillas:	1.418523	D10	0.089868569
		Cu	2.723829789
		Cc	0.840480349

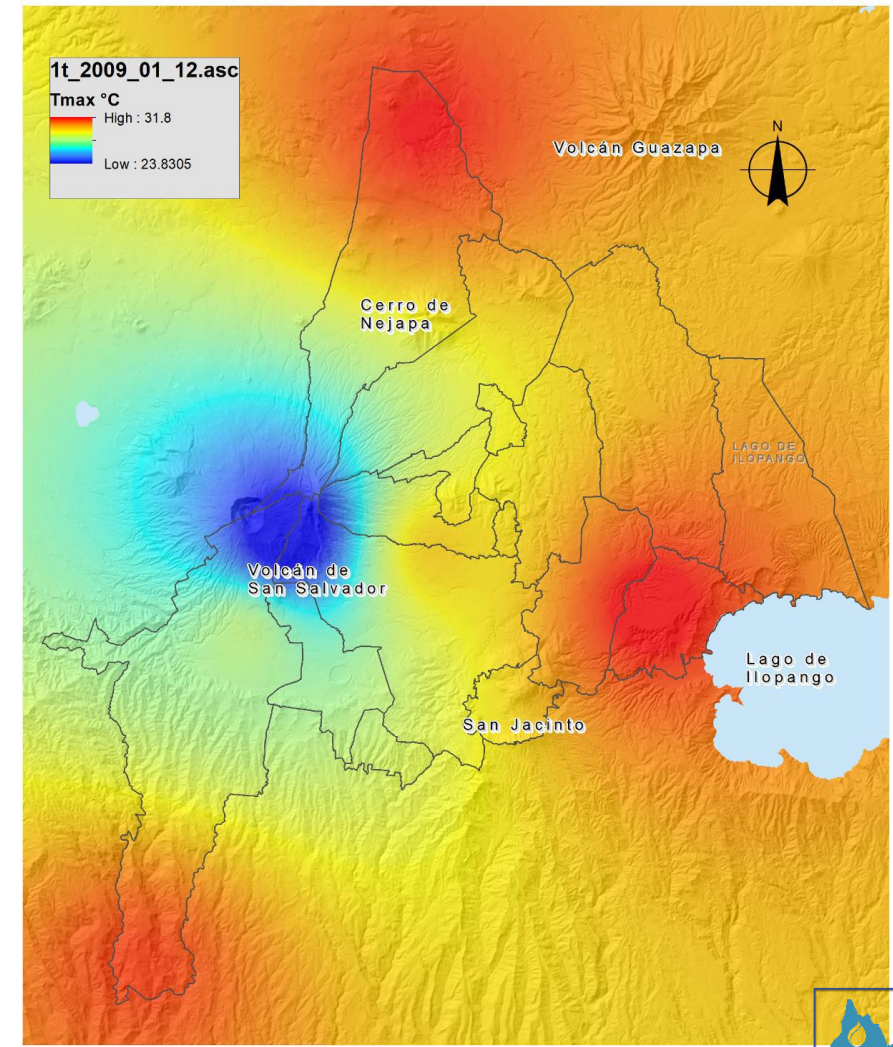


# Archivos clima diario para SWB

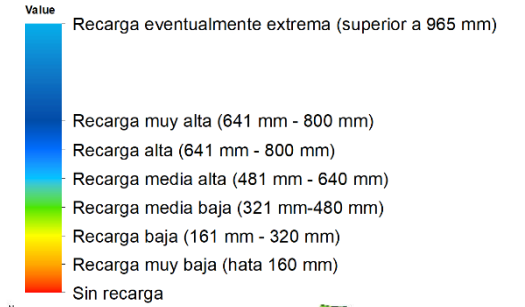
## Precipitación



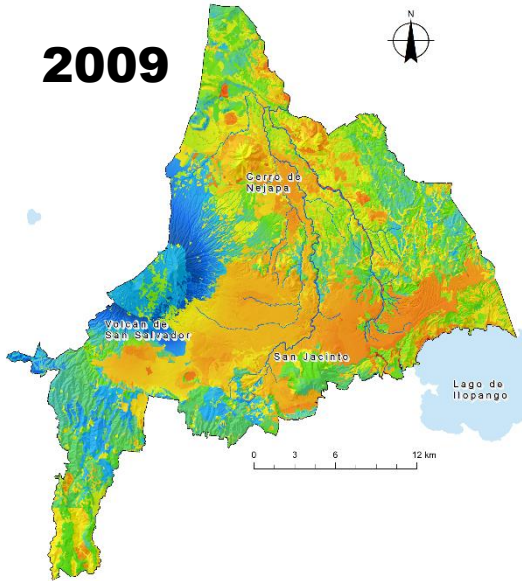
## Temperatura máxima y mínima



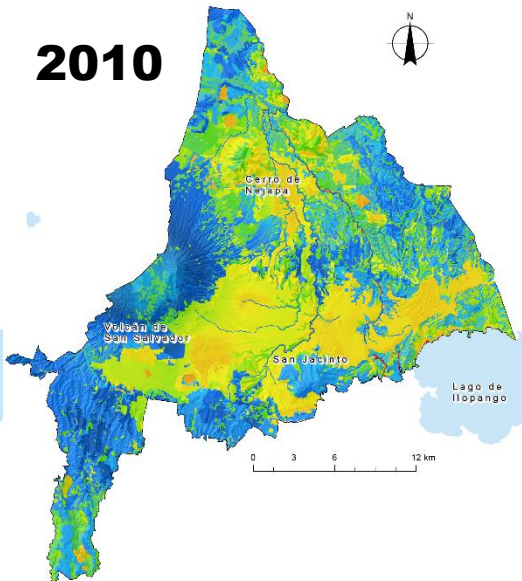
# Recarga potencial anual 2009-2018



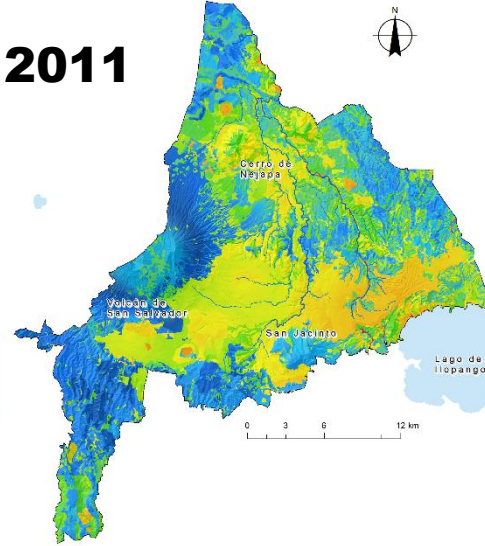
2009



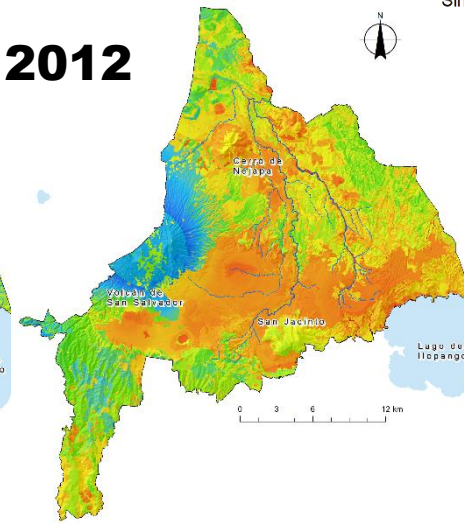
2010



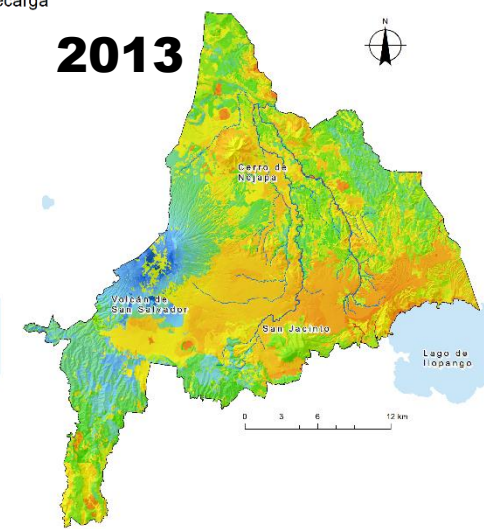
2011



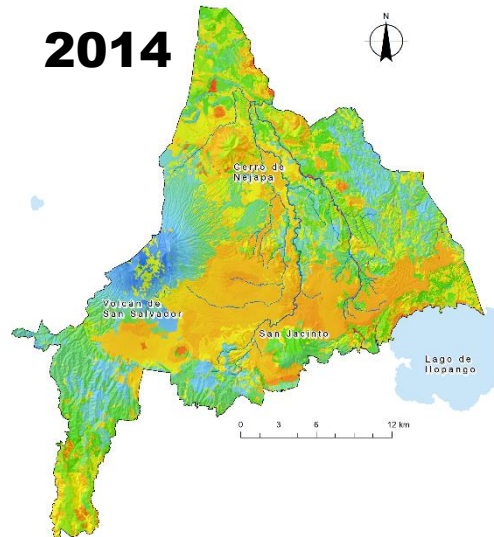
2012



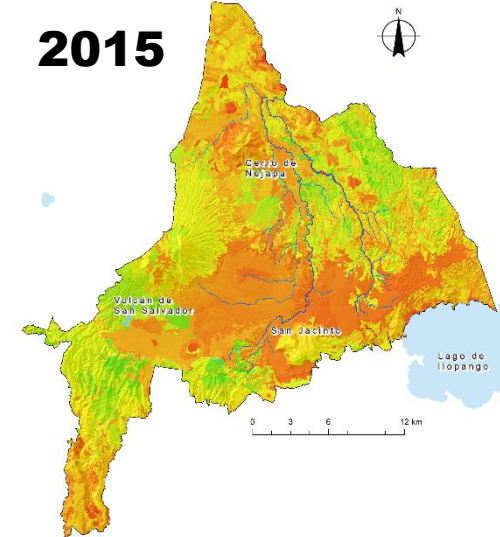
2013



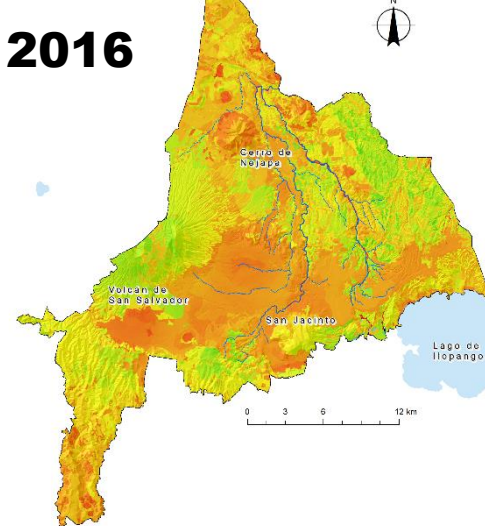
2014



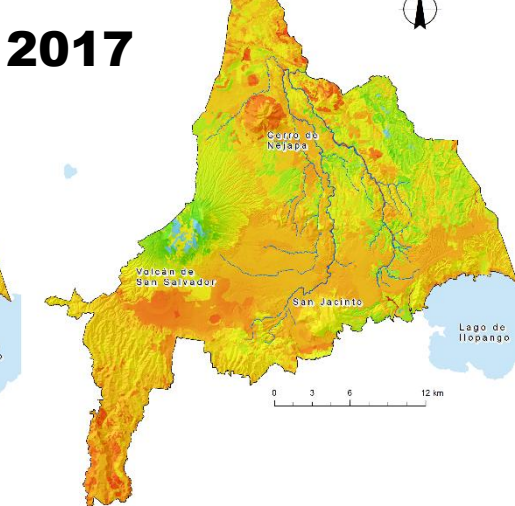
2015



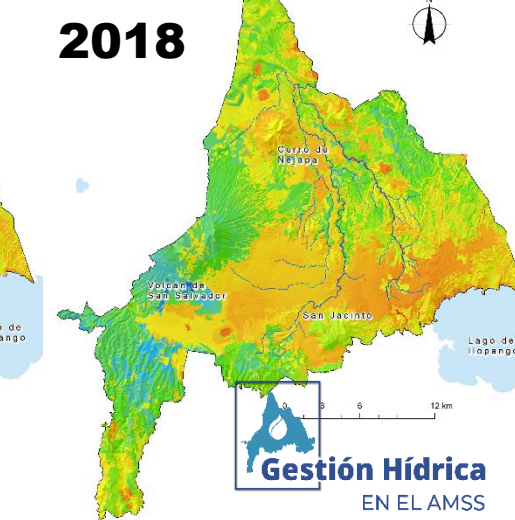
2016



2017



2018



# Variación temporal y espacial de la recarga de agua subterránea 2009-2018

Para 2009-2018 (10 años)

- Recarga puede variar entre 238 y 555 mm/año
- Dependencia directa de la precipitación
- Meses secos → baja recarga. Años secos consecutivos tienden a reducir niveles en los acuíferos.
- Meses húmedos → 2010: Tormenta tropical Agatha; 2011: Depresión T. 12E
- Eventos meteorológicos extremos recargan los acuíferos pero también ocasionan grandes afectaciones a población e instalaciones.
- Variabilidad espacial y temporal es útil para planificación de recursos a corto y mediano plazo si se conocen las tendencias

# Balance hídrico promedio 2009-2018

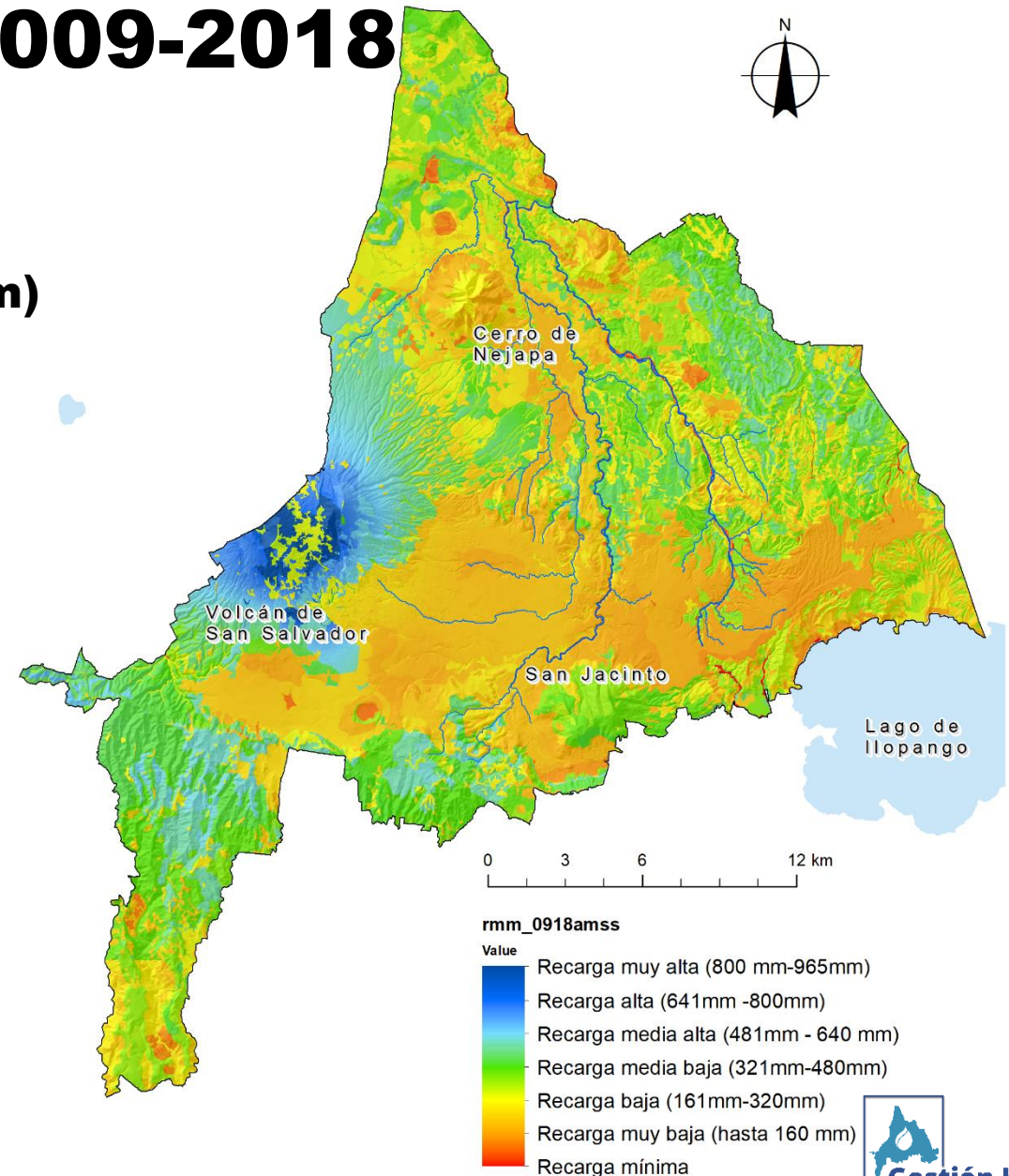
Componente del Balance Hídrico	Promedio (mm/año)	Promedio (Mm <sup>3</sup> /año)	% de precipitación
P	1973	1165.06	100%
ETR	882	520.82	45%
R	366	216.12	19%
Esc	459	271.04	23%
Int	186	109.83	9%



# Recarga promedio anual 2009-2018

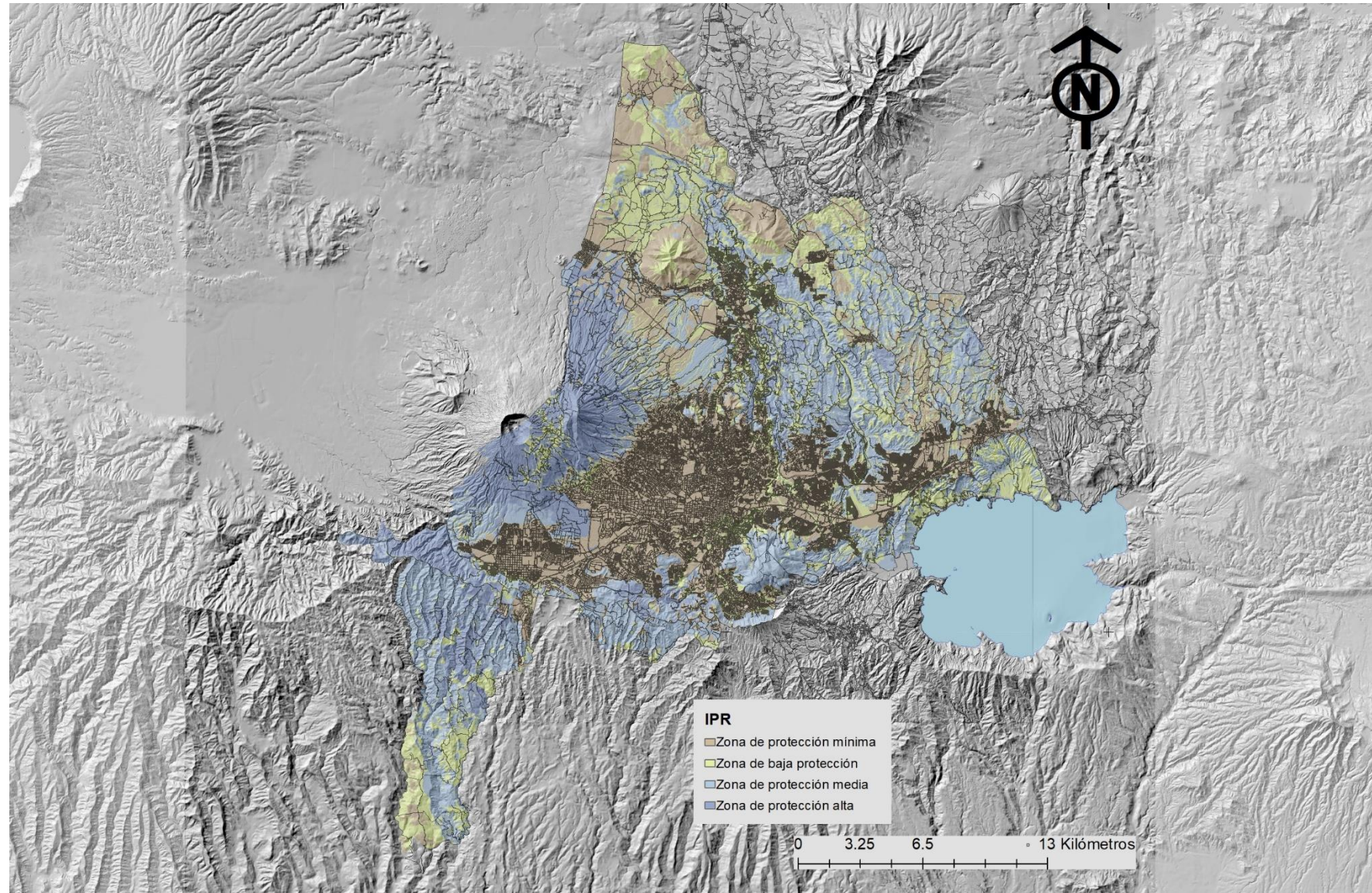
**Recarga media 366 mm/año (19.3% de Pprom)**

- Representa condiciones medias de 10 años
- Útil para:
  - ✓ Gestión territorio
  - ✓ Planificación hídrica de mediano y largo plazo



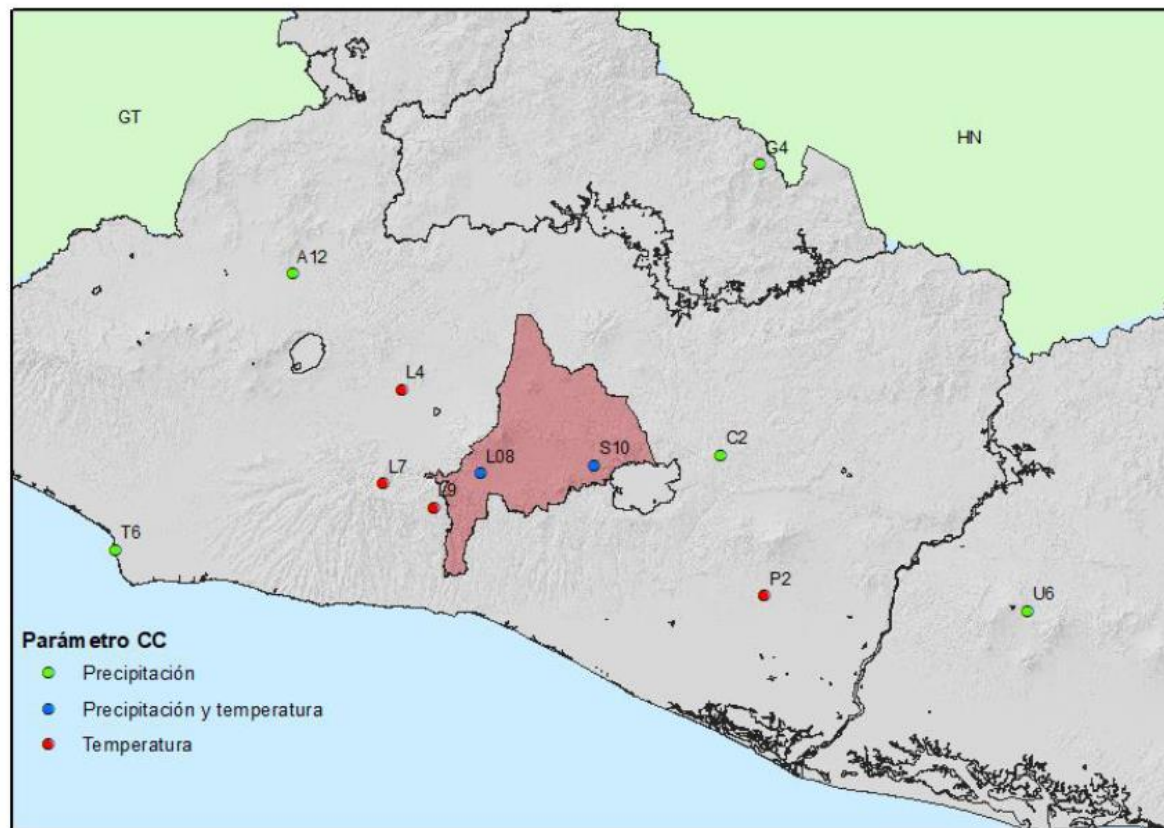
# Índice de protección de recarga acuífera

A partir de la integración de los factores **Conexión con Fuentes de Agua (FCO)**, **Cantidad de recarga respecto al promedio de la cuenca (RA)**, **Factor por usos de suelo (FUS)**, y **Factor de vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea (FCA)** ponderados para el AMSS brindan el **Índice de protección de recarga (IPR)**, se procedió al análisis de los resultados y a la clasificación correspondiente de las zonas de protección



# Archivos mensual para Balance con CC

## Estaciones utilizadas en escenarios climáticos



- Raster mensuales de P y ETP
- Ensamble de confiabilidad ponderada

Fuente: MARN (2018)

## Precipitación

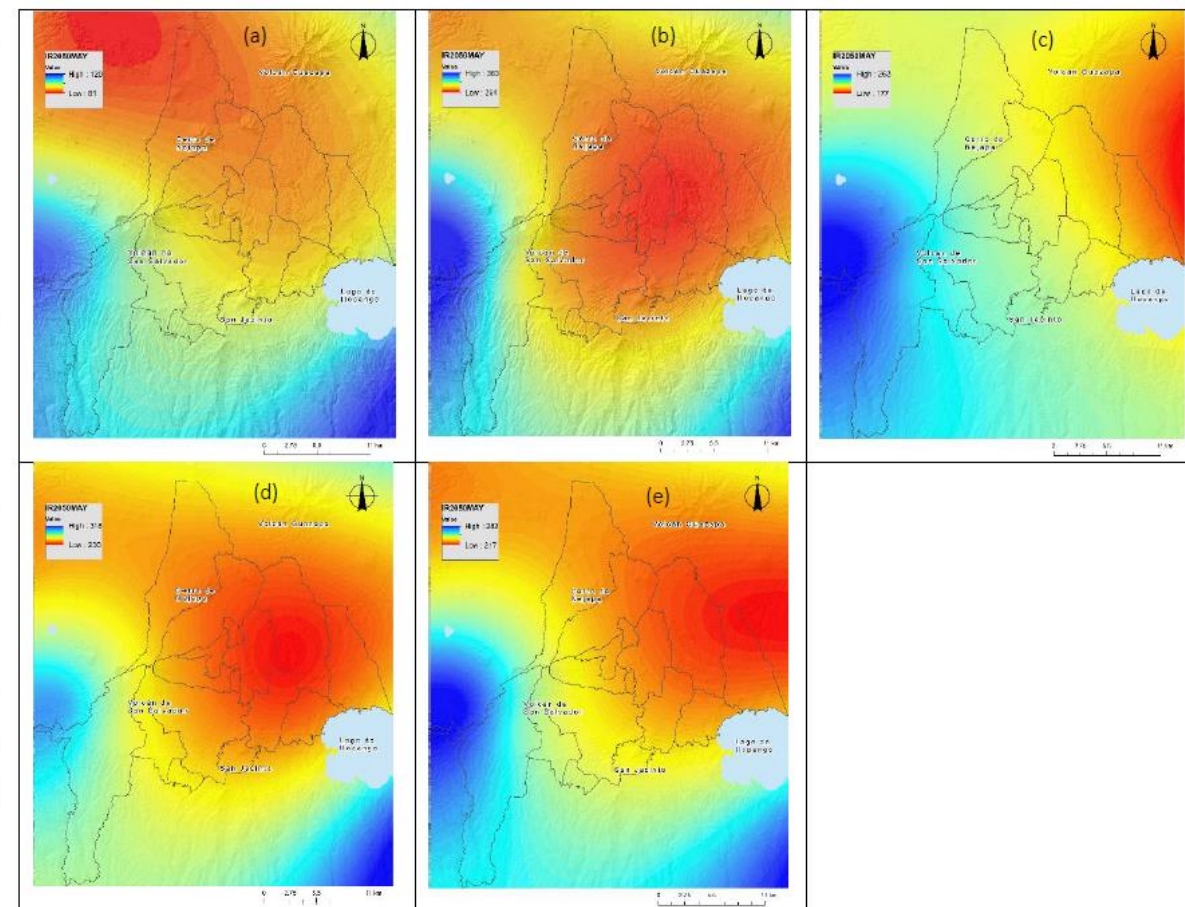
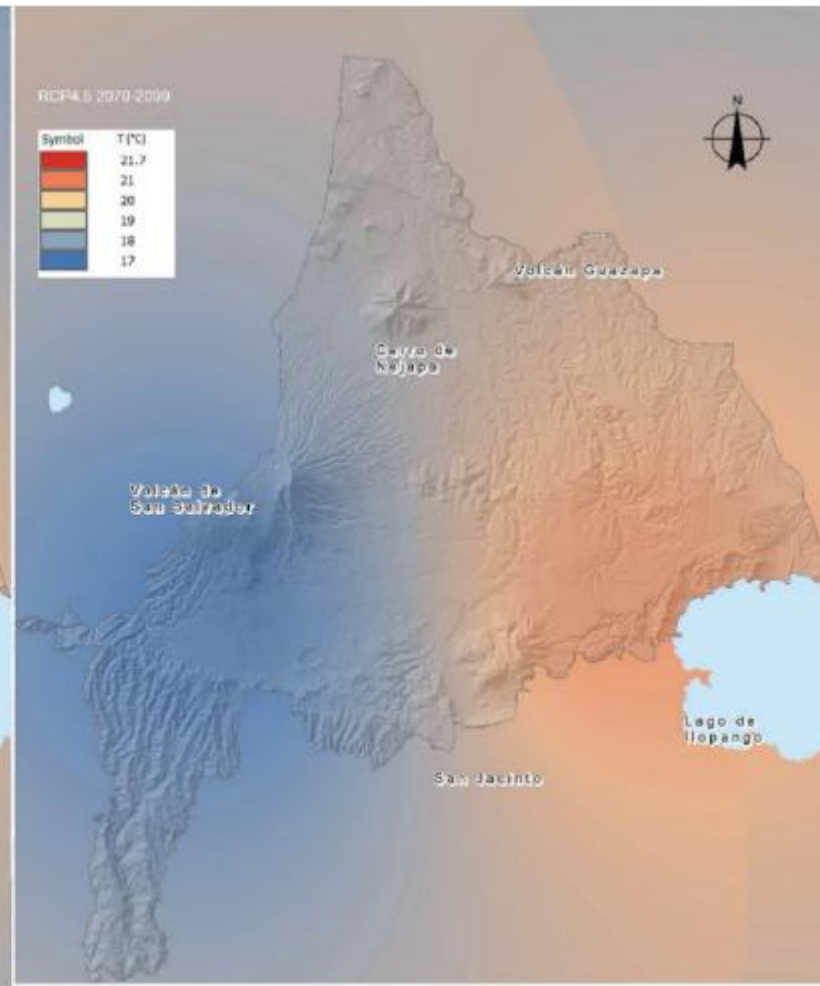
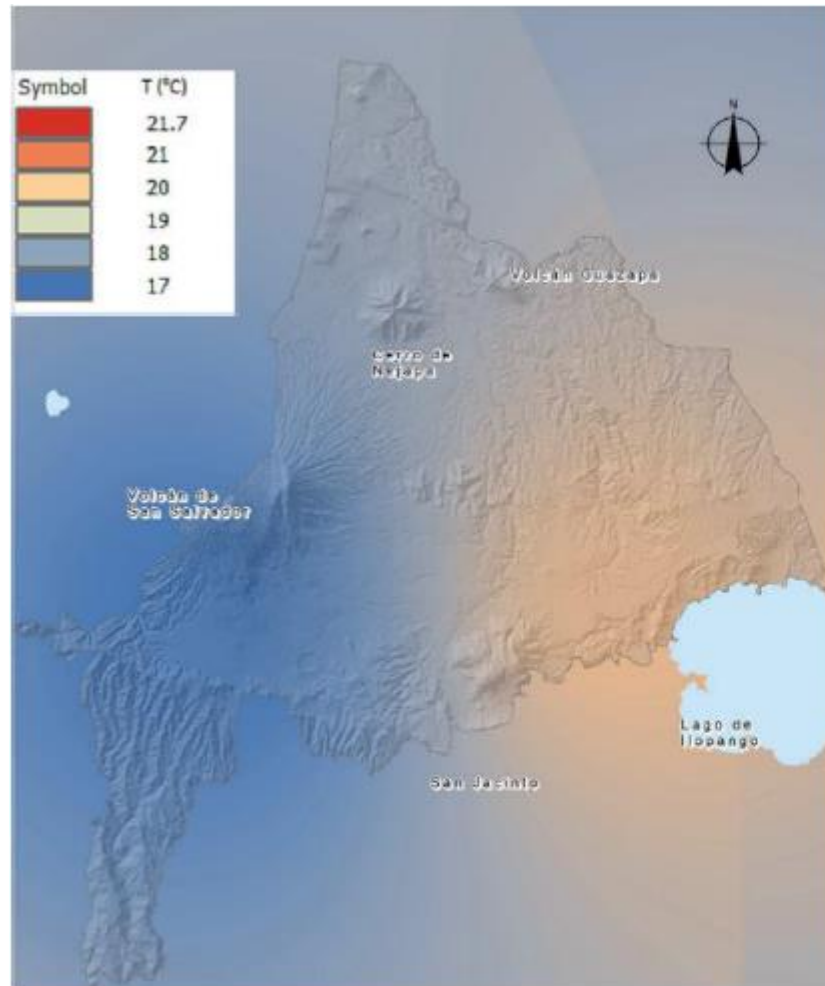


Figura 29 Precipitación en mm proyectada para el mes de mayo de 2050 con los cinco modelos de circulación global utilizados para el AMSS en el escenario RCP 8.5: (a) MRGCI3; (b) MIROC5; (c) HadGEM2AO (d) GFDLCM3; y (e) CSRIOMK360  
Fuente: MARN (2018)

# Archivos mensual para Balance con CC

**Tmin RCP 4.5 (2030-2059)**

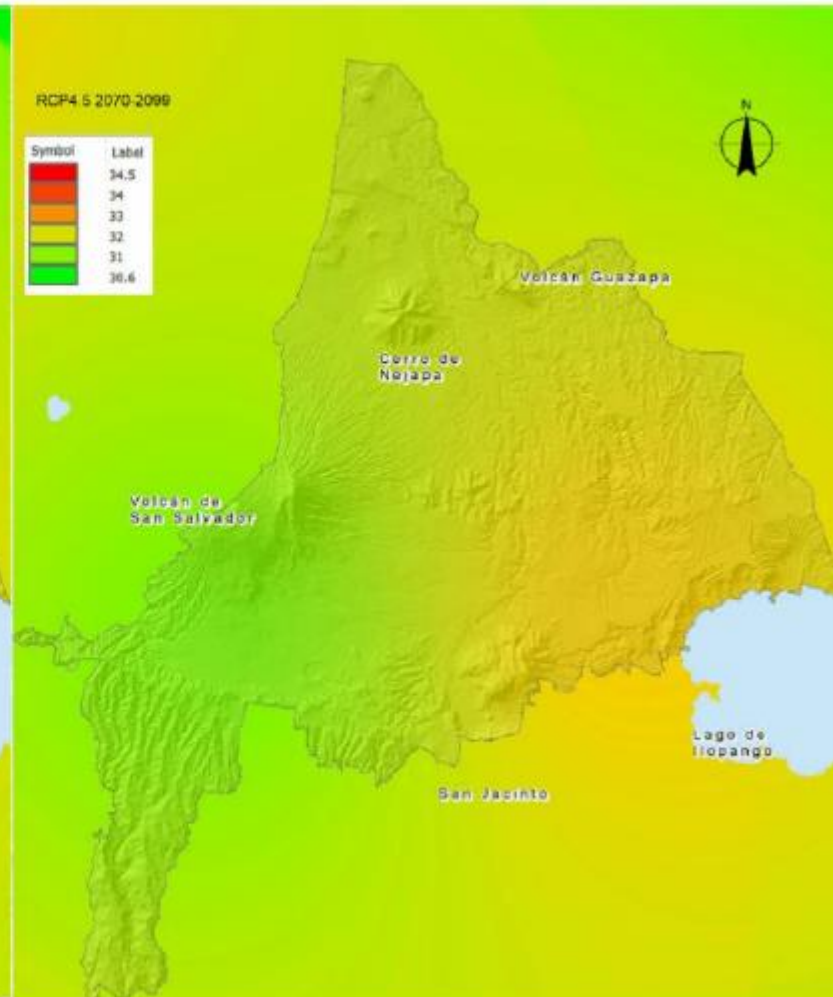
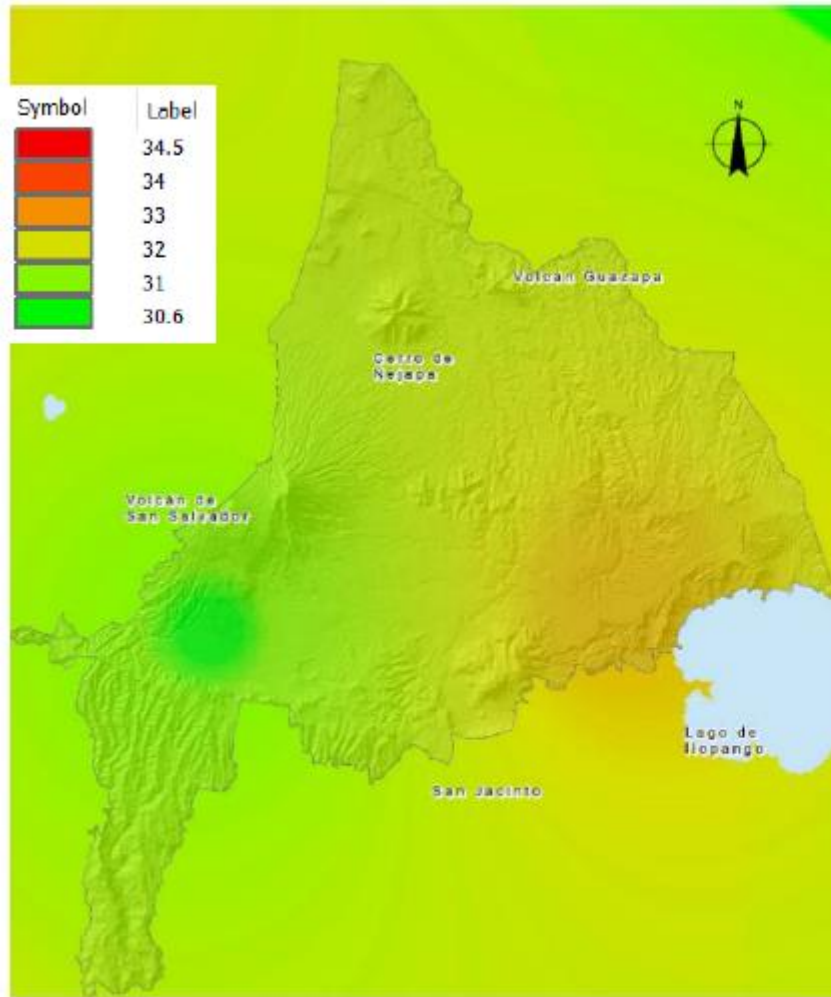
**Tmin RCP 4.5 (2070-2099)**



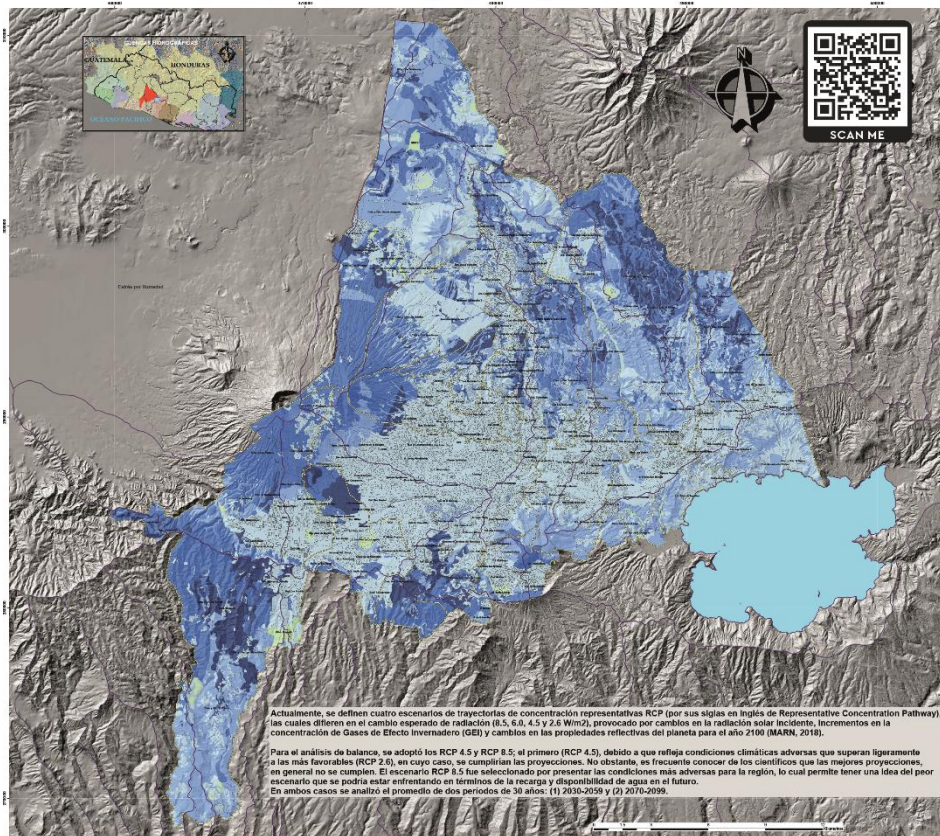
# Archivos mensual para Balance con CC

**Tmax RCP 4.5 (2030-2059)**

**Tmax RCP 4.5 (2070-2099)**



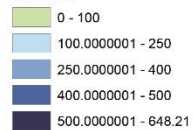
# Recarga de agua subterránea RCP4.5



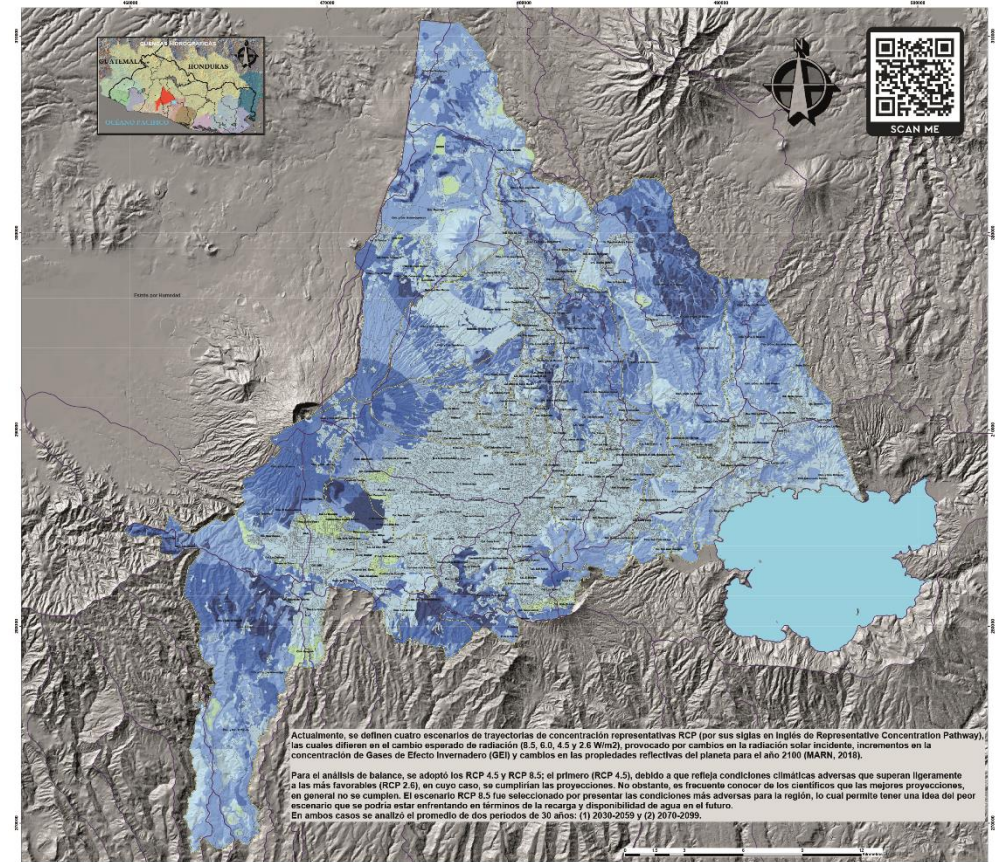
**MAPAS DE RECARGA ACUÍFERA (ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO)**

RCP 4.5 (2030-2059)

mm/año



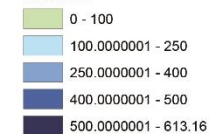
ELABORACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO  
CON ENFOQUE DE CAMBIO CLIMÁTICO



**MAPAS DE RECARGA ACUÍFERA (ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO)**

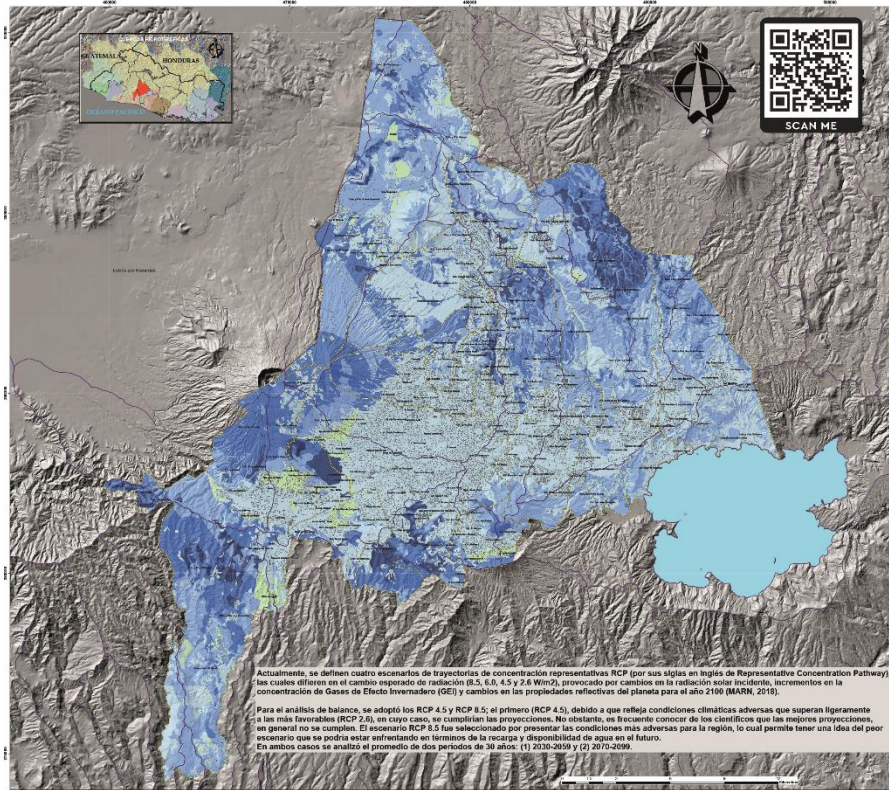
RCP 4.5 (2070-2099)

mm/año

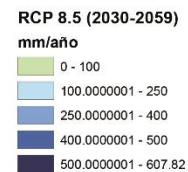


ELABORACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO  
CON ENFOQUE DE CAMBIO CLIMÁTICO

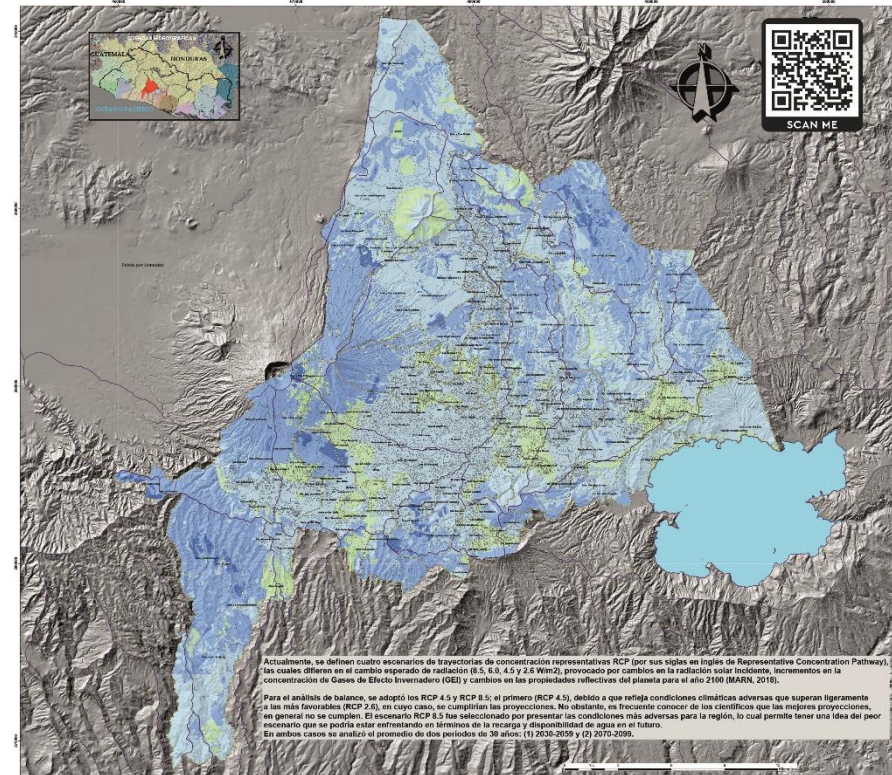
# Recarga de agua subterránea RCP8.5



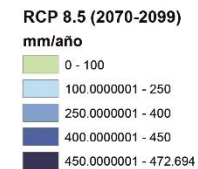
**MAPAS DE RECARGA ACUÍFERA (ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO)**



ELABORACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO  
CON ENFOQUE DE CAMBIO CLIMÁTICO



**MAPAS DE RECARGA ACUÍFERA (ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO)**



ELABORACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO  
CON ENFOQUE DE CAMBIO CLIMÁTICO

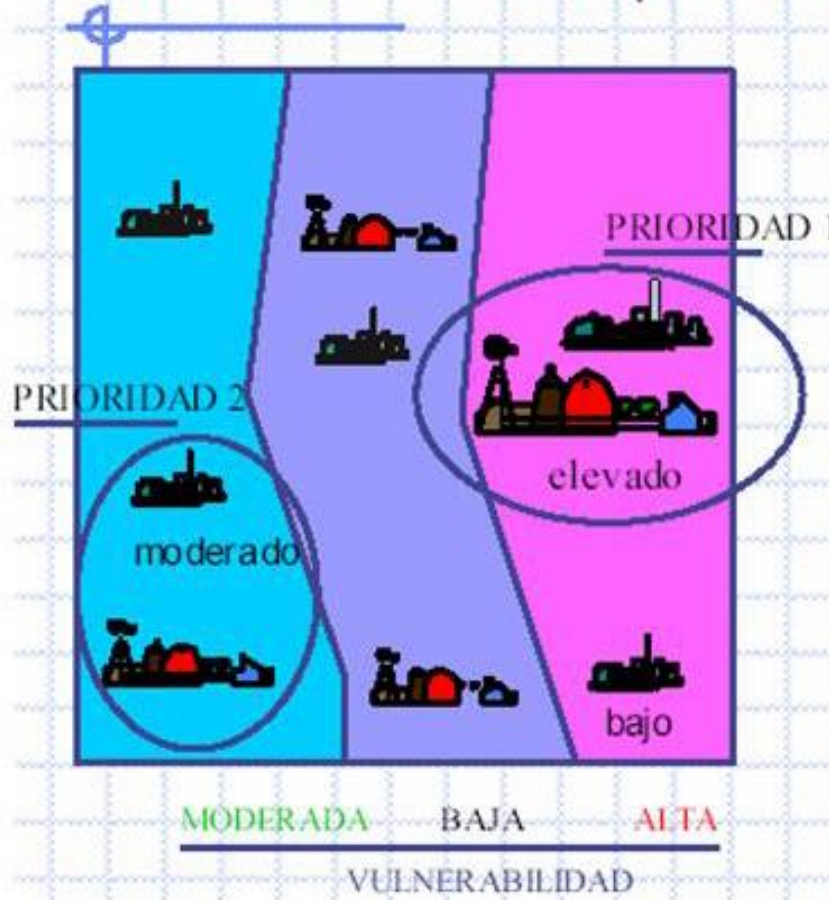
# Vulnerabilidad de Acuíferos

- **Qué es vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos?**
  - **Características intrínsecas** que determinan la sensibilidad de un acuífero de ser adversamente afectado por una carga contaminante antrópica.
  - Clasificación de los acuíferos basada en la **importancia presente y futura del recurso hídrico**.
  - Clasificación de un acuífero de acuerdo con la posibilidad de ser **sustituido por otro recurso**.



# Vulnerabilidad de Acuíferos

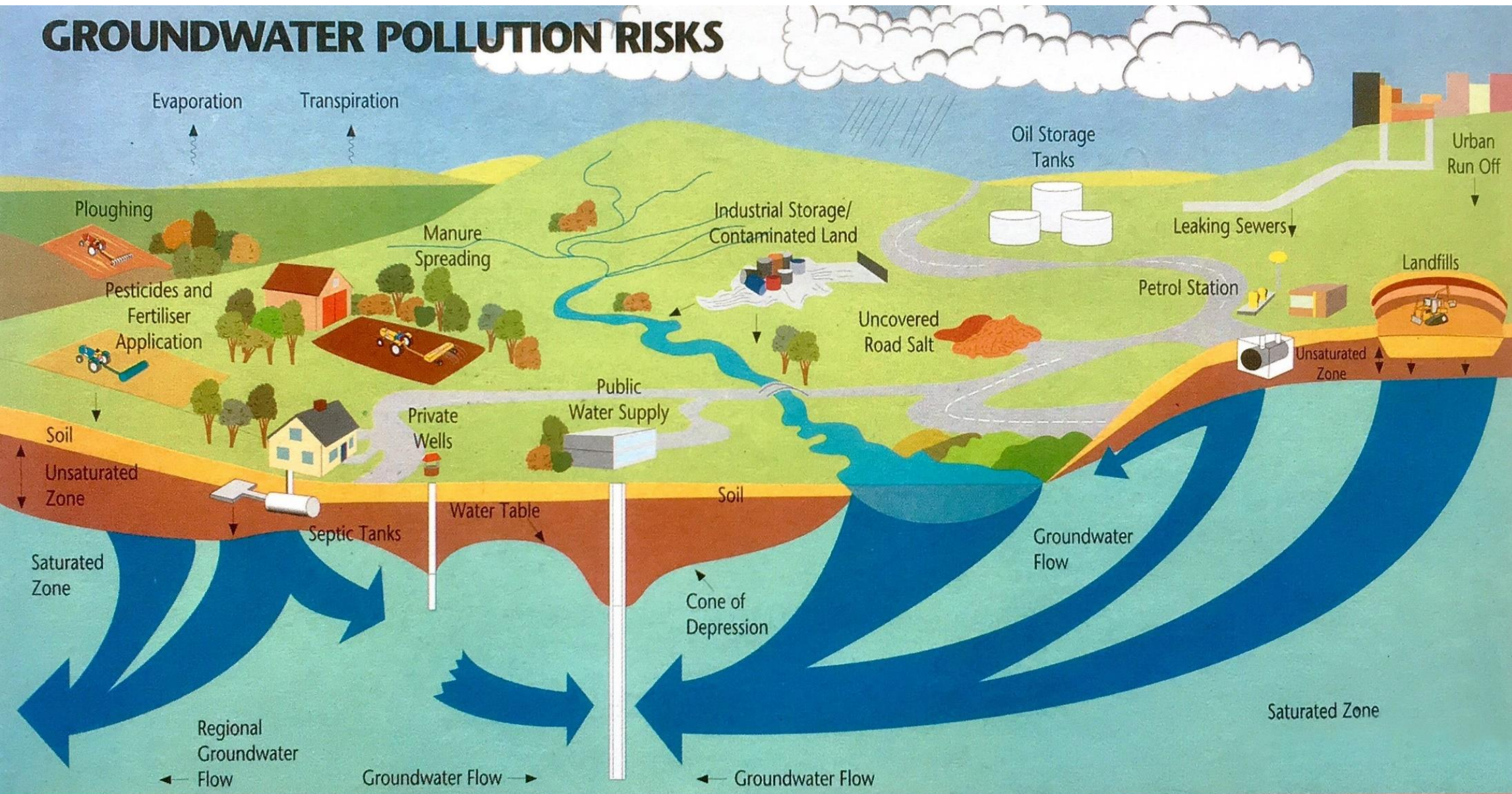
Necesidad de un mapa de vulnerabilidad



✦ cualquier área urbanizada tiene un gran número de actividades potencialmente contaminante.

Es prácticamente imposible aplicar un control universal en todas ellas. La vulnerabilidad representa la más práctica herramienta para identificar importantes actividades (mayor peligro) y establecer prioridades para el manejo.

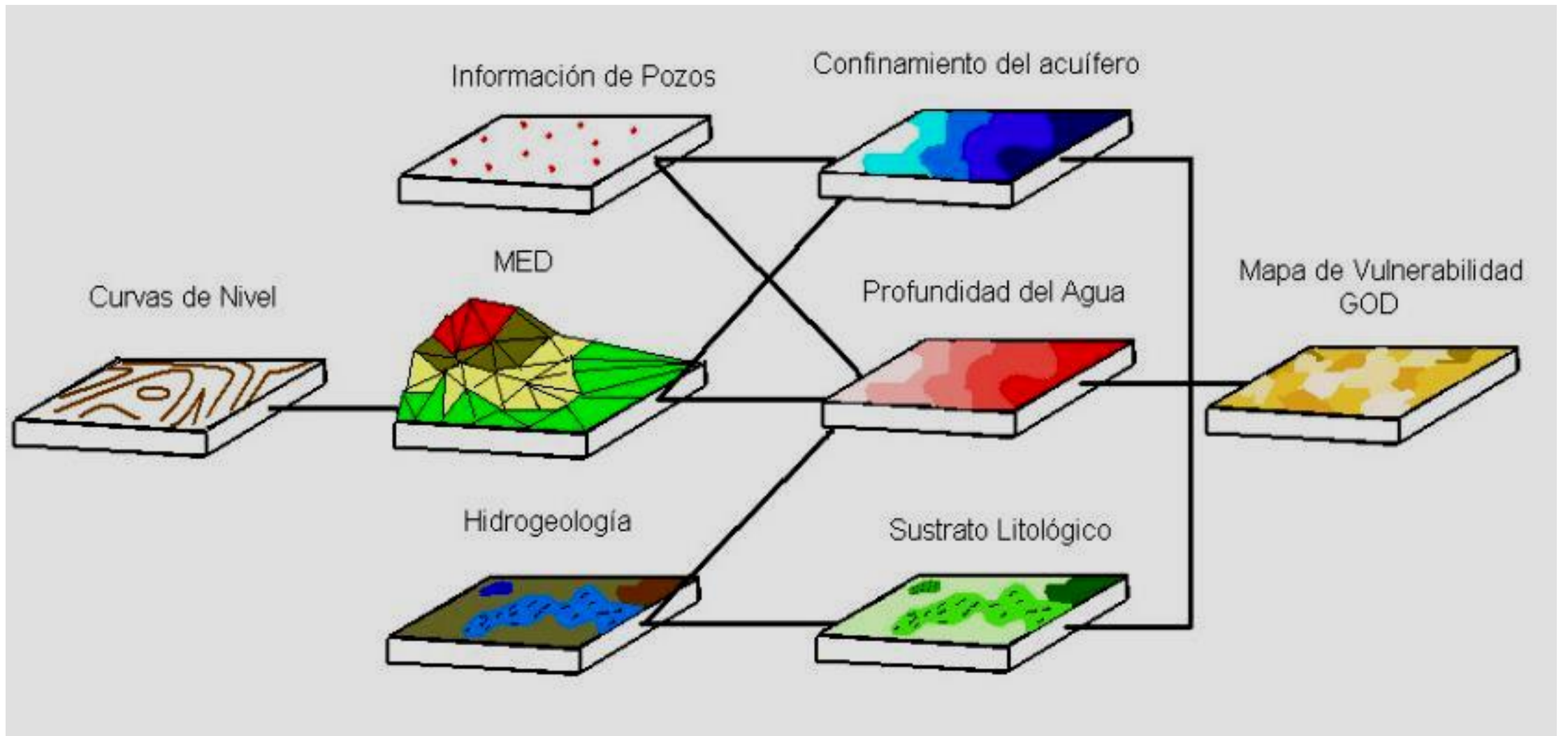
# GROUNDWATER POLLUTION RISKS



Impermeable Layer

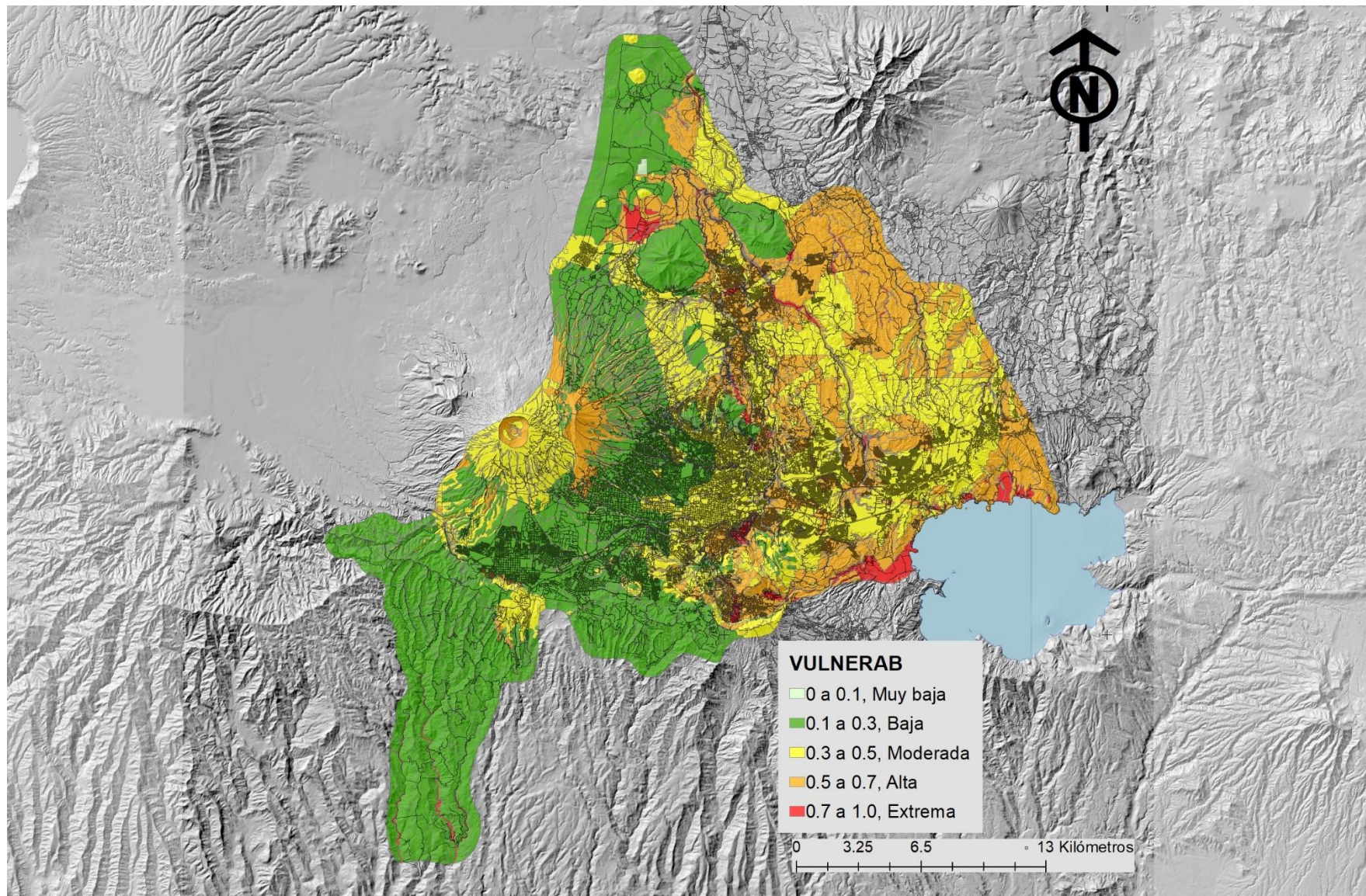
# Vulnerabilidad de Acuíferos

- **Necesidad de un mapa de Vulnerabilidad.**
  - En lugar de ser extremadamente restrictivo con una actividad antrópica, es mejor (costo-efectivo y menos perjudicial a la economía) utilizar la capacidad de atenuación de los estratos que cubren al acuífero.
  - El conocimiento de la vulnerabilidad de un acuífero permite un adecuado uso de la tierra, ya que es posible hacer un balance entre el uso del terreno y su capacidad de atenuación.



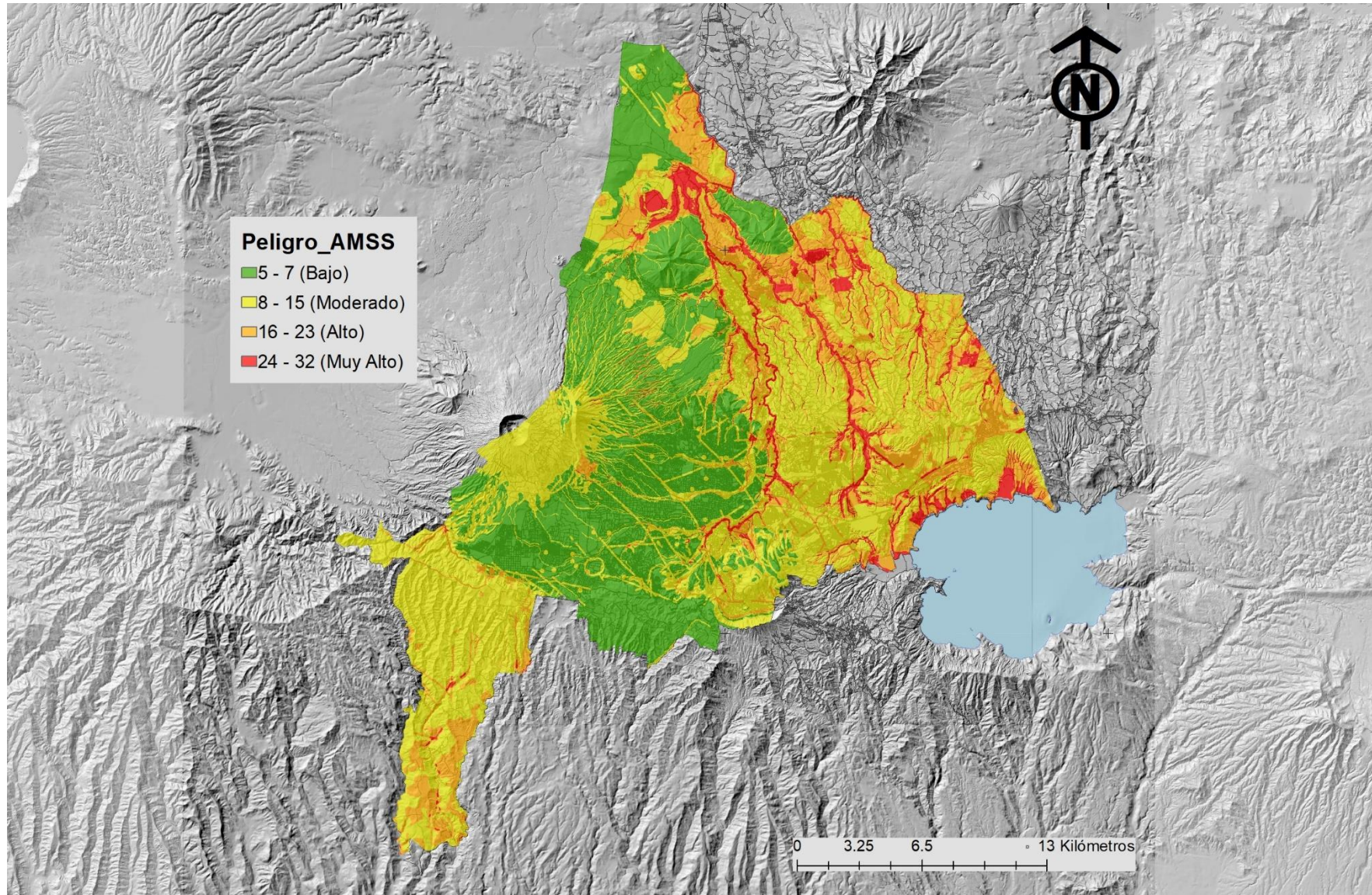
# Método GOD para determinar la vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea

El método **GOD** para evaluar la vulnerabilidad de contaminación de los acuíferos. Consiste en evaluar la vulnerabilidad multiplicando los parámetros o factores como **tipo de acuífero, litología del acuífero y profundidad de agua subterránea**.



# Peligro de Contaminación del AMSS.

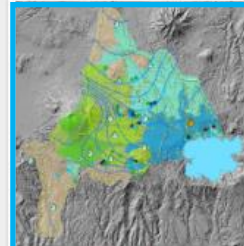
El mapa de peligro a la contaminación, indica que la zona con peligrosidad a contaminarse por actividades antrópicas.



# Geoportal OPAMSS

<https://geoportal.opamss.org.sv/portal/>

## MAPAS



Aguas Subterráneas

Cargar el mapa

Ver metadatos



Anexos Reglamenta

Cargar el mapa

Ver metadatos



MAPAS COVID-19

Cargar el mapa

Ver metadatos



DEUTOS AMSS

Cargar el mapa

Ver metadatos



Mapa Colaborativo Emprendedores

Cargar el mapa

Ver metadatos



Instrumento Normativo: Ejequema Director

Cargar el mapa

Ver metadatos



Mapa Colaborativo

Cargar el mapa

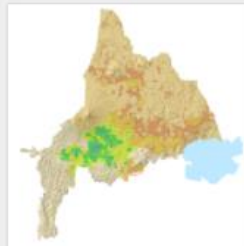
Ver metadatos



Mapa Colaborativo

Cargar el mapa

Ver metadatos



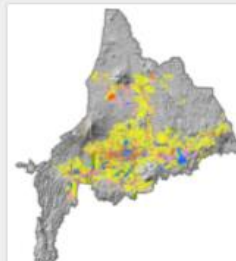
TENDENCIA VALOR DEL SUELO

Cargar el mapa



Impactos de las tormentas Amanda y Cristóbal

Cargar el mapa



Levantamiento de los usos del suelo, año 2014 (No es de carácter normativo)

# Inciendiendo en Gestión de Ciclo Hidrológico con Enfoque en Aguas Subterráneas para Adaptación al Cambio Climático en Área Metropolitana de San Salvador



Financiado por la Unión Europea











Actualmente, se definen cuatro escenarios de trayectorias de concentración representativas RCP (por sus siglas en inglés de Representative Concentration Pathway), las cuales difieren en el cambio esperado de radiación (8.5, 6.0, 4.5 y 2.6 W/m<sup>2</sup>), provocado por cambios en la radiación solar incidente, incrementos en la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y cambios en las propiedades reflectivas del planeta para el año 2100 (MARN, 2018).

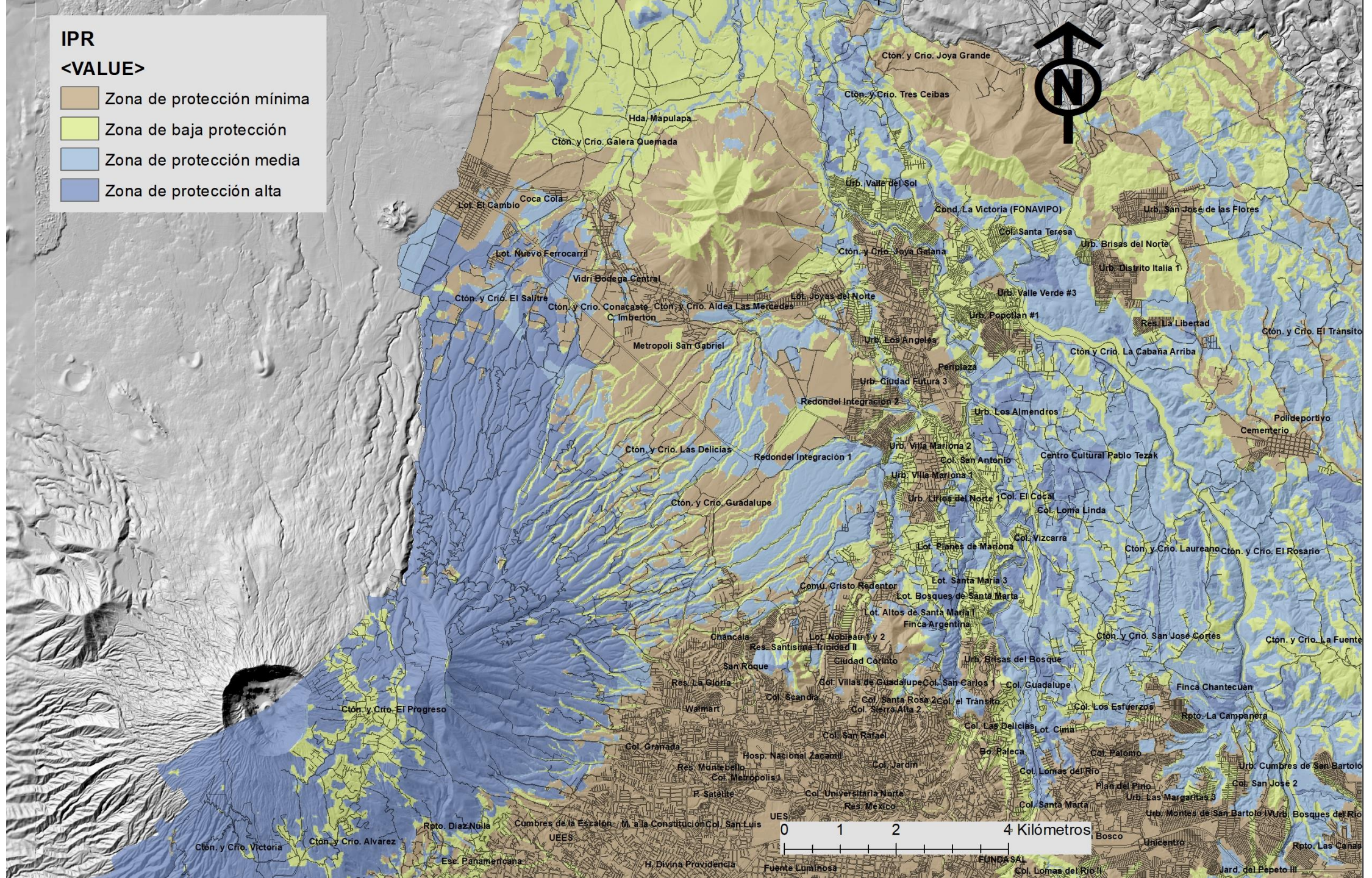
Para el análisis de balance, se adoptó los RCP 4.5 y RCP 8.5; el primero (RCP 4.5), debido a que refleja condiciones climáticas adversas que superan ligeramente a las más favorables (RCP 2.6), en cuyo caso, se cumplirían las proyecciones. No obstante, es frecuente conocer de los científicos que las mejores proyecciones, en general no se cumplen. El escenario RCP 8.5 fue seleccionado por presentar las condiciones más adversas para la región, lo cual permite tener una idea del peor escenario que se podría estar enfrentando en términos de la recarga y disponibilidad de agua en el futuro.

En ambos casos se analizó el promedio de dos períodos de 30 años: (1) 2030-2059 y (2) 2070-2099.

# IPR





<VALUE>

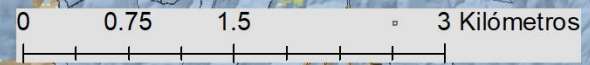
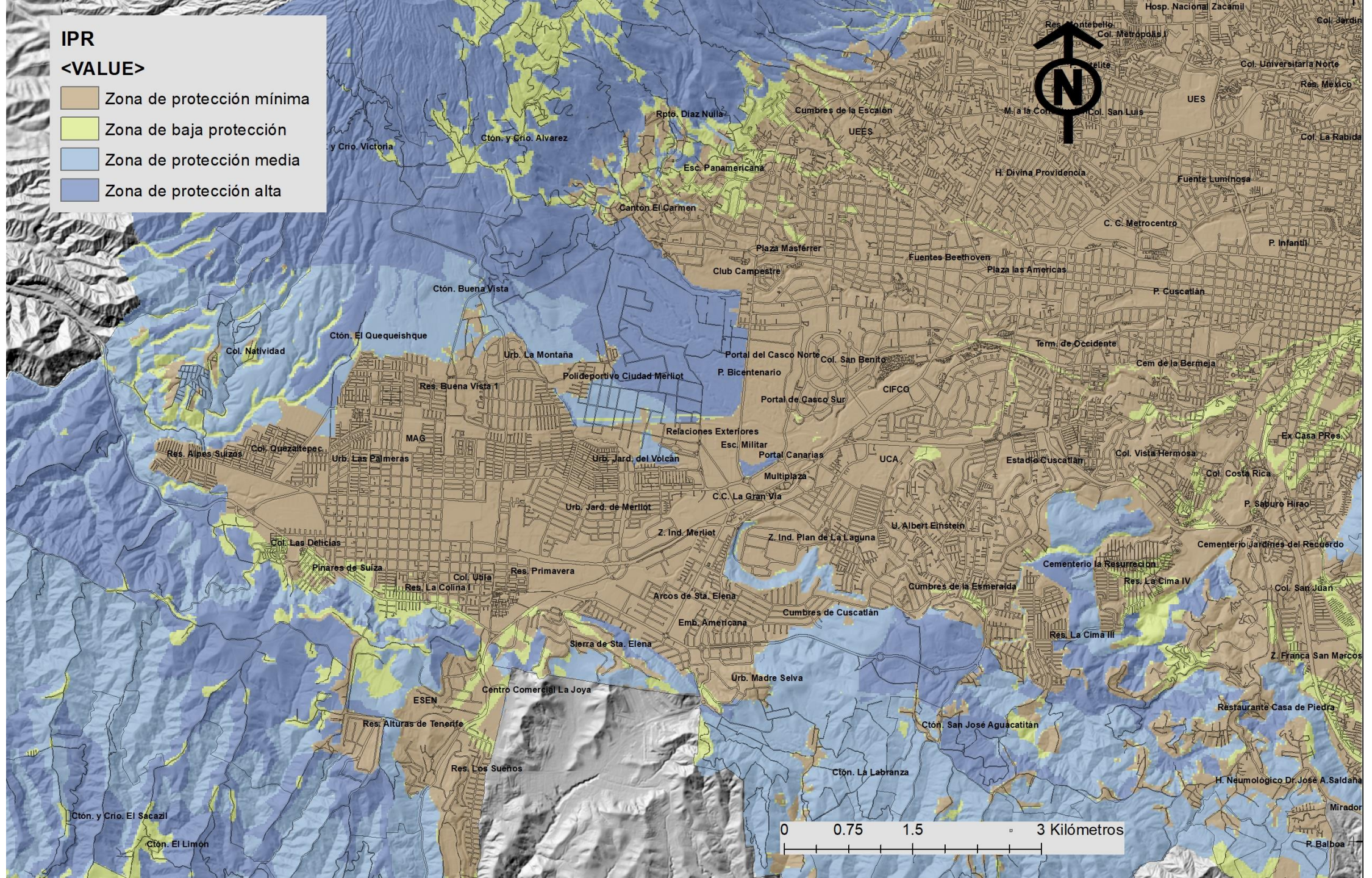
-  Zona de protección mínima
-  Zona de baja protección
-  Zona de protección media
-  Zona de protección alta



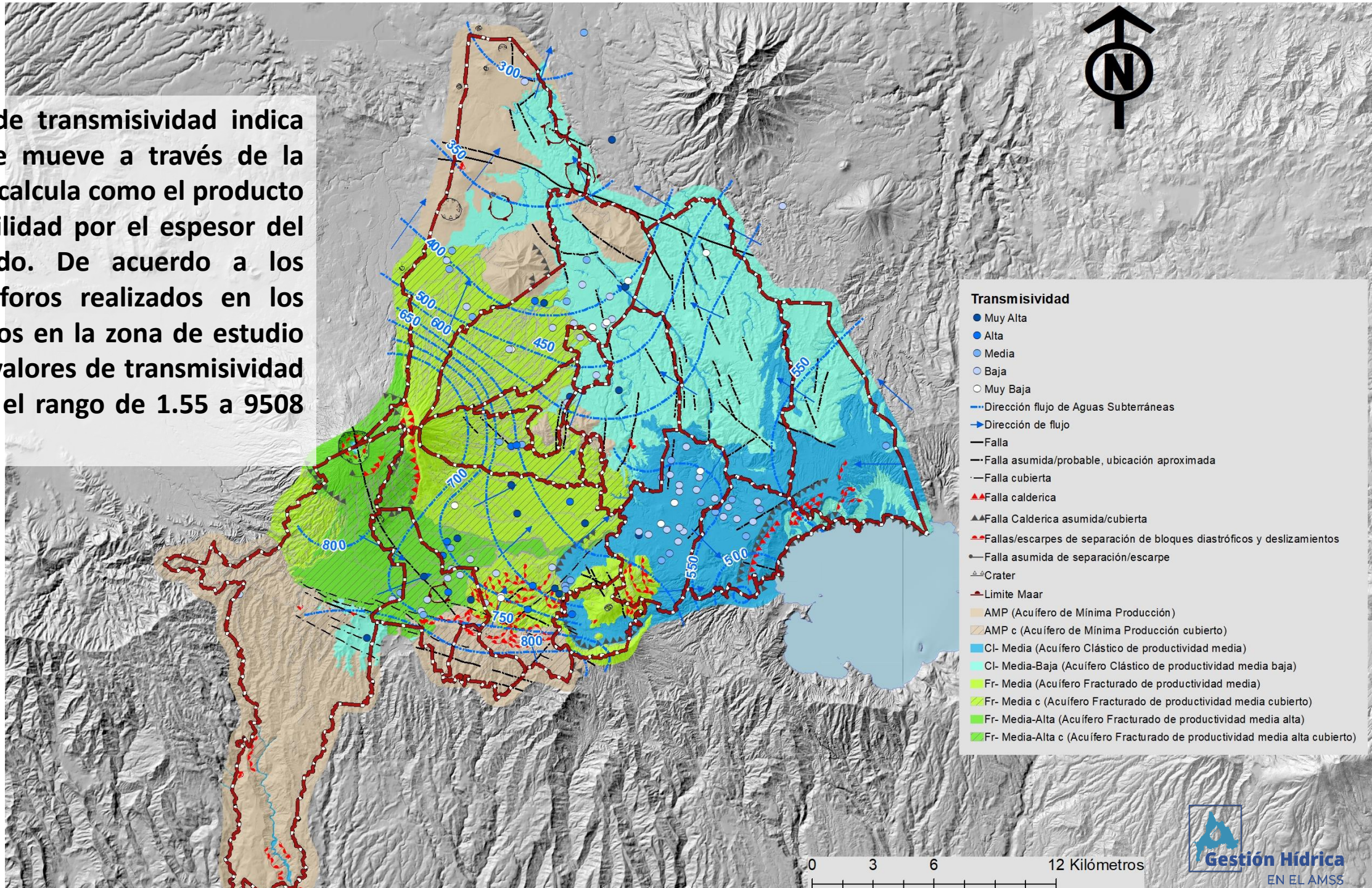
# IPR

<VALUE>

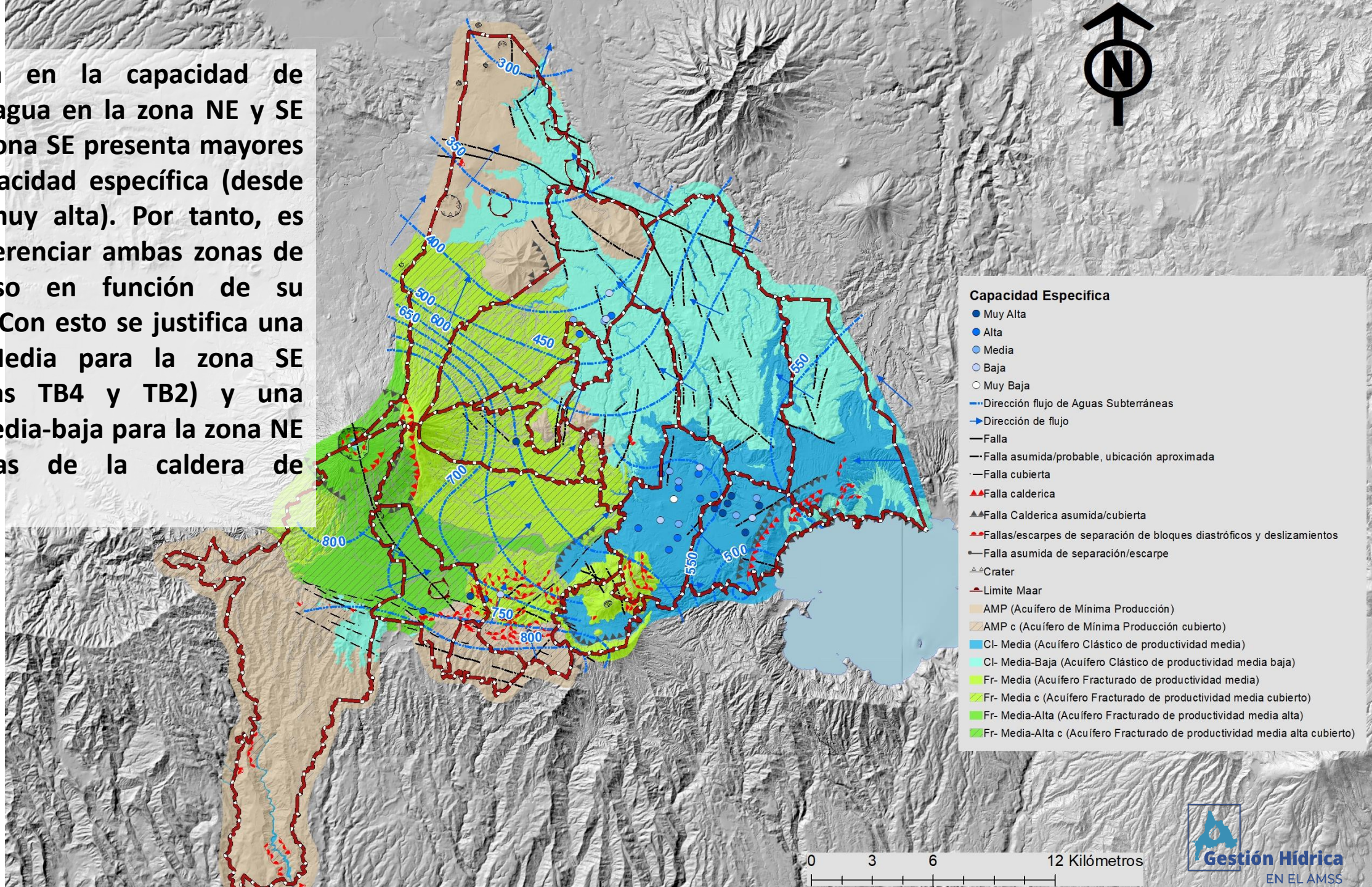
-  Zona de protección mínima
-  Zona de baja protección
-  Zona de protección media
-  Zona de protección alta



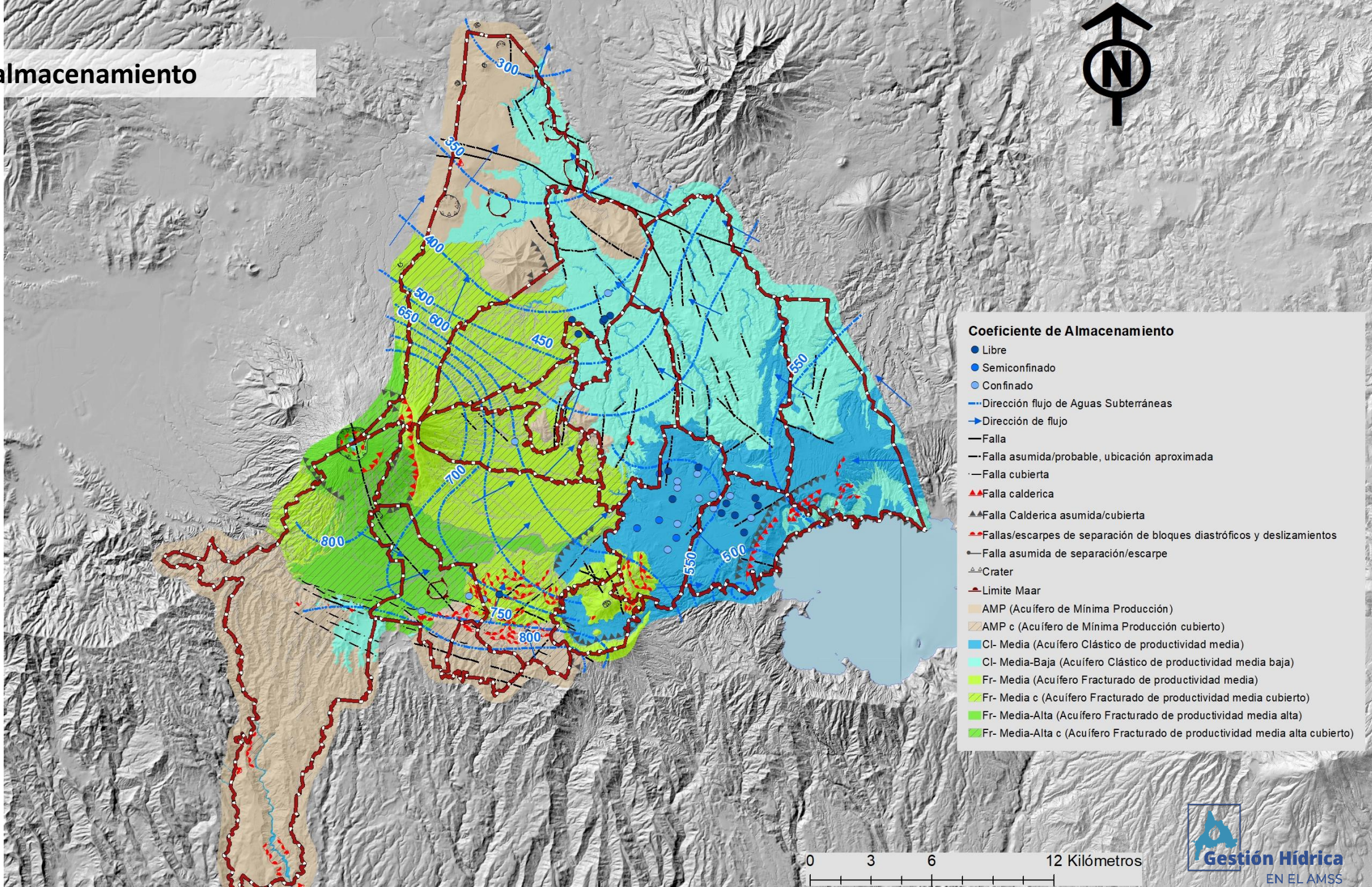
El coeficiente de transmisividad indica cuánta agua se mueve a través de la formación y se calcula como el producto de la permeabilidad por el espesor del estrato saturado. De acuerdo a los informes de aforos realizados en los pozos perforados en la zona de estudio se cuenta con valores de transmisividad que oscilan en el rango de 1.55 a 9508 m<sup>2</sup>/día.



Hay diferencia en la capacidad de transporte de agua en la zona NE y SE del AMSS. La zona SE presenta mayores valores de capacidad específica (desde media hasta muy alta). Por tanto, es importante diferenciar ambas zonas de acuífero poroso en función de su productividad. Con esto se justifica una clasificación Media para la zona SE (tefras antiguas TB4 y TB2) y una clasificación media-baja para la zona NE (tobas antiguas de la caldera de Ilopango).



# Coefficiente de almacenamiento



- Coefficiente de Almacenamiento**
- Libre
  - Semiconfinado
  - Confinado
  - Dirección flujo de Aguas Subterráneas
  - Dirección de flujo
  - Falla
  - Falla asumida/probable, ubicación aproximada
  - Falla cubierta
  - ▲▲ Falla calderica
  - ▲▲ Falla Calderica asumida/cubierta
  - ▲▲ Fallas/escarpes de separación de bloques diastróficos y deslizamientos
  - Falla asumida de separación/escarpe
  - △ Cráter
  - Limite Maar
  - AMP (Acuífero de Mínima Producción)
  - AMP c (Acuífero de Mínima Producción cubierto)
  - CI- Media (Acuífero Clástico de productividad media)
  - CI- Media-Baja (Acuífero Clástico de productividad media baja)
  - Fr- Media (Acuífero Fracturado de productividad media)
  - Fr- Media c (Acuífero Fracturado de productividad media cubierto)
  - Fr- Media-Alta (Acuífero Fracturado de productividad media alta)
  - Fr- Media-Alta c (Acuífero Fracturado de productividad media alta cubierto)

0 3 6 12 Kilómetros