



Guatemala



Instituto Privado de Investigación  
sobre Cambio Climático



El Salvador

# Manejo integrado del agua y la disponibilidad del recurso superficial y subterráneo en la agroindustria azucarera

Alex Guerra Noriega, PhD  
Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático

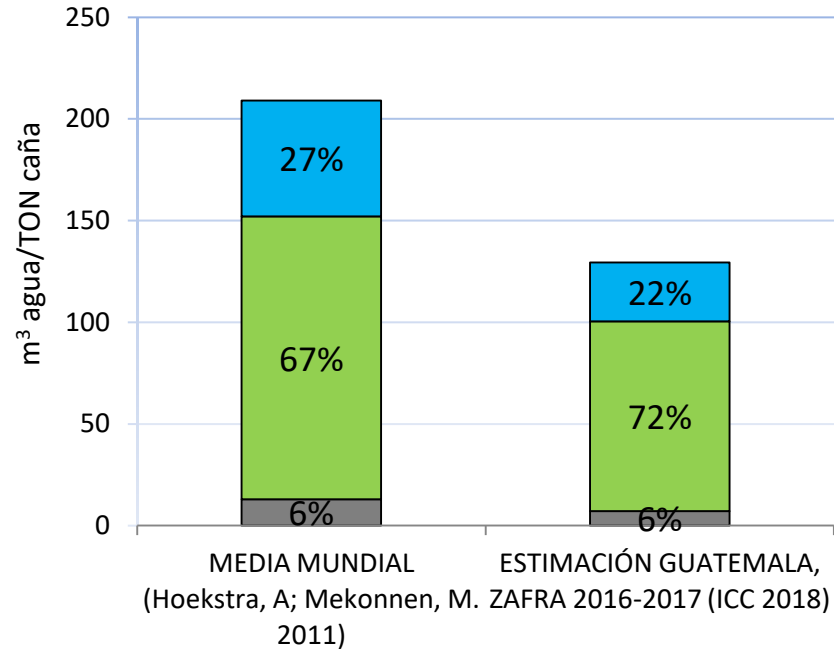
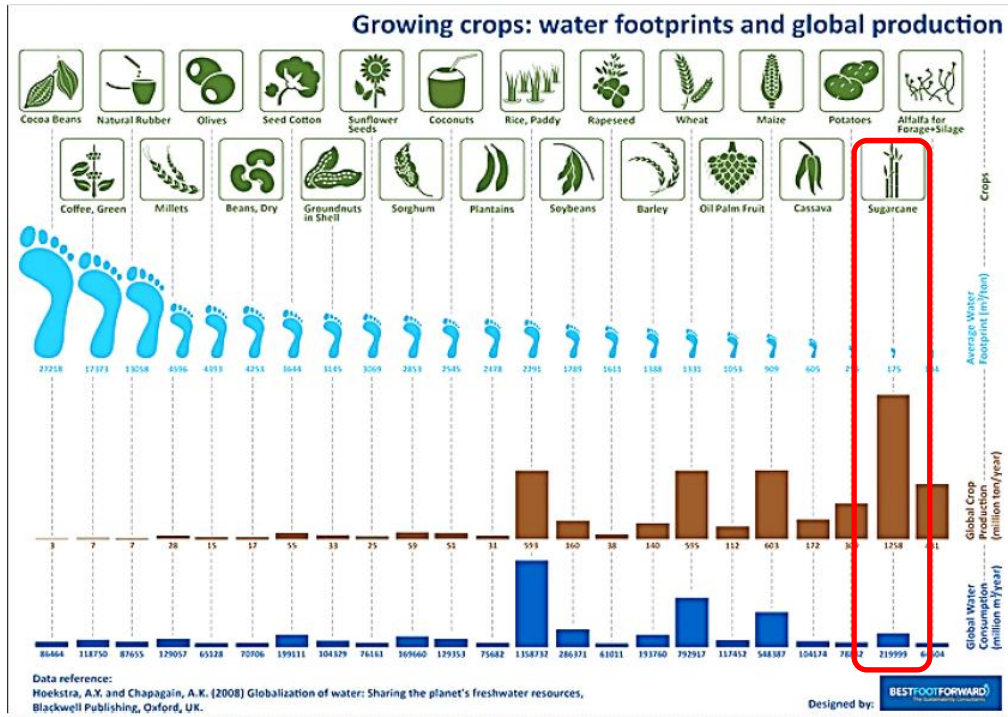
San Salvador, 26 de julio de 2019

# Retos relativos al agua para el sector azucarero

- Mayor presión (social y política) por el uso del agua de los ríos
- Conflictos sociales por el uso del agua
- Riesgos por la creciente explotación del agua subterránea
- Una ley restrictiva o que implique costos altos por el uso del agua
- Inversiones significativas por el uso del agua
- Reducción de la productividad
- Menor disponibilidad de agua en años secos (por El Niño, por Cambio Climático o por demanda creciente río arriba).

**En general: que el agua sea una limitante  
para la producción o que sea cara**

# Huella Hídrica de la caña de azúcar



**Huella hídrica de la caña de azúcar: 175 m³/ton**

# La Seguridad Hídrica

Se considera la capacidad de la población para salvaguardar el acceso sostenible de agua en cantidad y de calidad adecuada para todos los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socio-económico, garantizar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con el agua y conservar los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política.

(ONU-Agua, 2013; UNESCO, 2014).

# Las tres i's

Para alcanzar objetivos de seguridad hídrica se destaca la necesidad de contar con tres ("i" s):

**Información** mejor y más accesible;

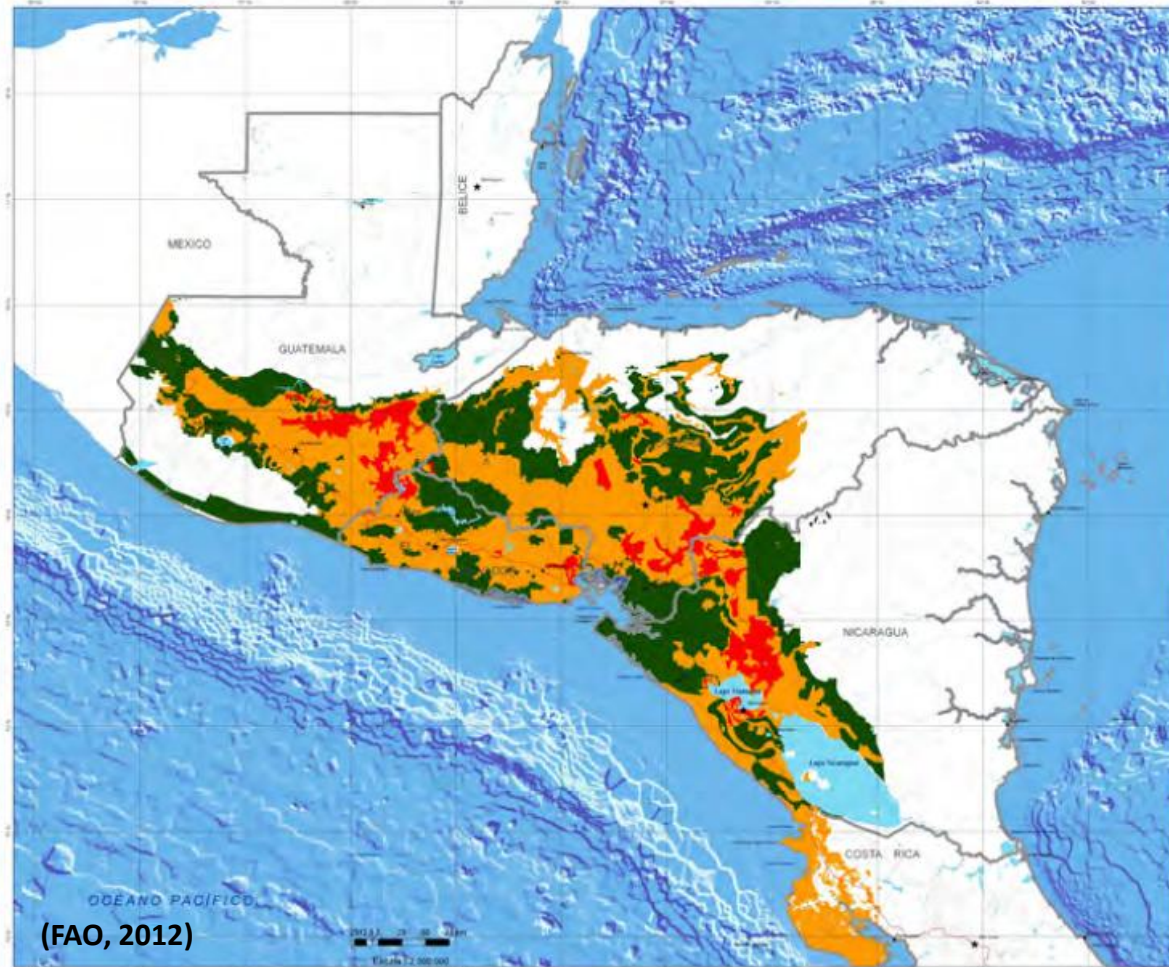
**Instituciones** más fuertes y adaptables;

**Infraestructura** natural y artificial para el almacenamiento, transporte y tratamiento del agua.

(Sadoff y Muller, 2010).

# A escala global, Centroamérica está entre las regiones con menos área sujeta al estrés hídrico





(FAO, 2012)

## CORREDOR SECO CENTROAMERICA CORREDOR SECO



### LEYENDA

- ★ Capital País
- Principales poblados
- ✱ Principales Elevaciones
- Carretera Panamericana
- Carreteras Principales
- Carreteras Secundarias
- Principales Ríos
- Cuerpos de Agua
- Limite Internacional

### Grados de Sequia

- Baja
- Alta
- Severa

### LOCALIZACIÓN MUNDIAL



Elaborado a partir del Programa Regional de Reducción de la Vulnerabilidad y Resiliencia Ambiental (PRO-CRA) - Procesamiento cartográfico y SIG. IICA/CIAT/FAO.  
 Proyección Geográfica. Datum WGS84.  
 Fuente: Modelo Digital de Elevación (MDE) - General Bathymetric Chart of the Ocean (GBCO) - Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) - Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) - Centro de Investigación del Trópico Húmedo para América Latina e El Caribe (CITA/CIAT).

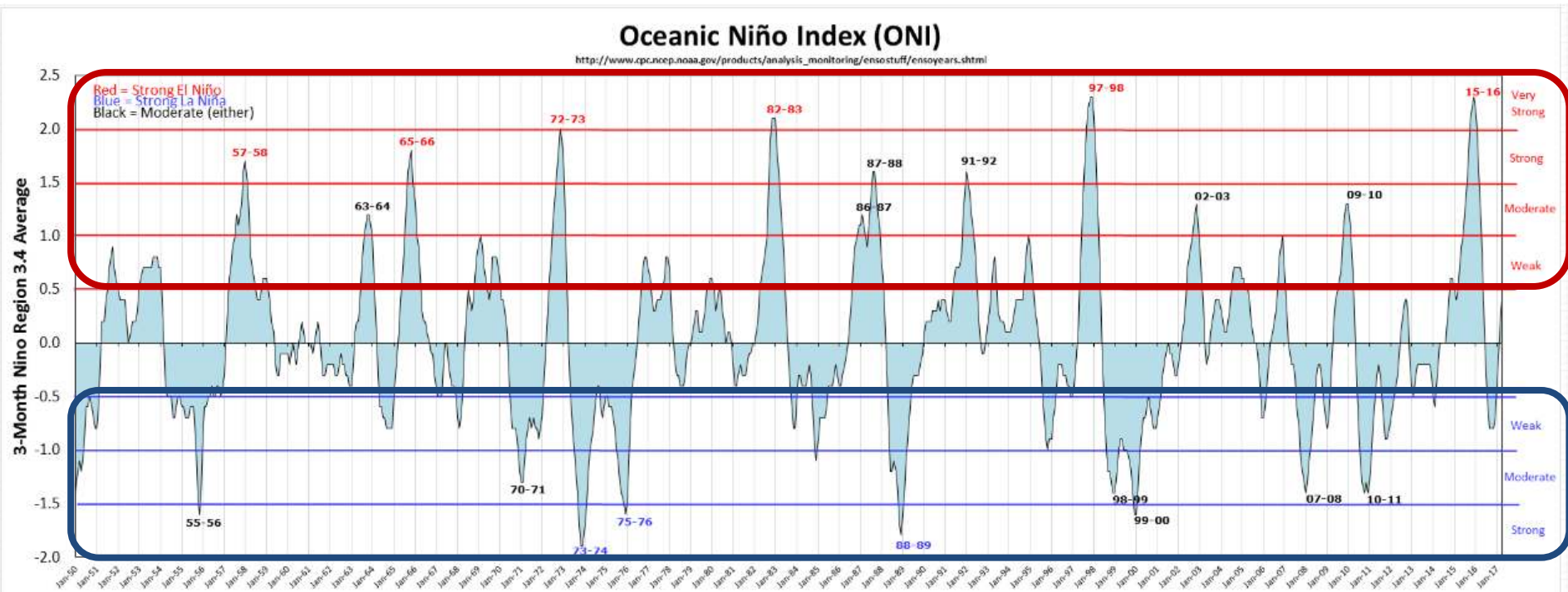


# Grados de severidad potencial de las sequías en Centroamérica

Severidad potencial del efecto de sequía	Características
Severo	Precipitación pluvial baja (800-1,200 mm / año), mas de 6 meses secos. Evaporación potencial alta, promedio mayor de 200 mm/mes. Arbustales, sabana de gramínoídes con arbustos deciduos, bosques deciduos con muchas especies de hojas compuestas microfoliadas.
Alto	Precipitación pluvial media (1,200-1,600 mm/año, de 4-6 meses secos. Evapotranspiración media, promedio alrededor de 130 mm/mes. Bosques deciduos, sabana de gramínoídes con arbustos deciduos, pinares, bosques mixtos.
Bajo	Precipitación pluvial alta (1,600-2,000 mm / año), 4-6 meses secos. Evapotranspiración baja, promedio menor de 100 mm / mes. Bosques deciduos, bosques siempreverde estacional (submontano, montano y altimontano), algunos pinares y bosques mixtos, bosques riberosinos.

(FAO, 2012)

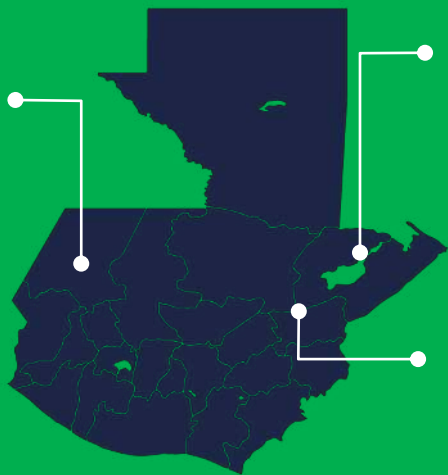
# Eventos El Niño/La Niña en los últimos 67 años: una de las causas de variabilidad en precipitación



Fuente: <http://ggweather.com/enso/oni.htm>

- Hay un evento El Niño cada 2 a 5 años; con intensidad fuerte/muy fuerte 4 a 8 años
- Hay un evento La Niña cada 3 a 6 años; con intensidad fuerte a cada 11 a 18 años

Oferta de agua  
en todo el país  
**97,120**  
millones m<sup>3</sup>/año



Vol. agua per cápita

**6,875**  
m<sup>3</sup>/año

Vol. Límite de riesgo hídrico

**1,000**  
m<sup>3</sup>/cápita



**25 mil**  
m<sup>3</sup>/habitante/año



**23 mil**  
m<sup>3</sup>/habitante/año



**6 mil**  
m<sup>3</sup>/habitante/año



**4 mil**  
m<sup>3</sup>/habitante/año



**4 mil**  
m<sup>3</sup>/habitante/año



**3 mil**  
m<sup>3</sup>/habitante/año



**90**  
m<sup>3</sup>/habitante/año

Debido a la disponibilidad heterogénea en el tiempo y en el territorio, el manejo del agua es esencial para la seguridad hídrica.

### ¿Qué implica manejar el agua?

- Captación
- Conducción
- Distribución
- Tratamiento para consumo
- Aplicación (riego)
- Tratamiento de aguas residuales
- Administración
- Manejo de cuencas
- Información
- **Almacenamiento**


#### **Problema principal:**

**No existe un manejo del agua, lo cual crea escasez dentro de la abundancia y conflictividad.**

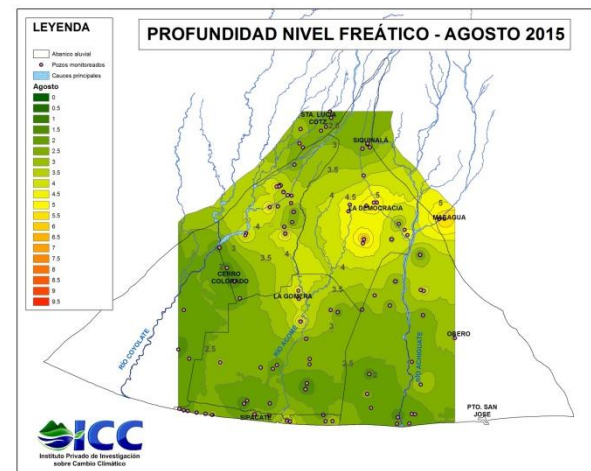
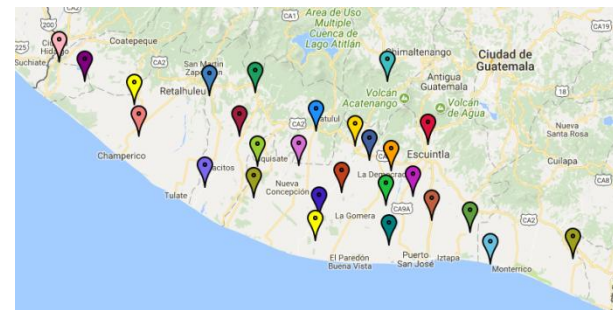
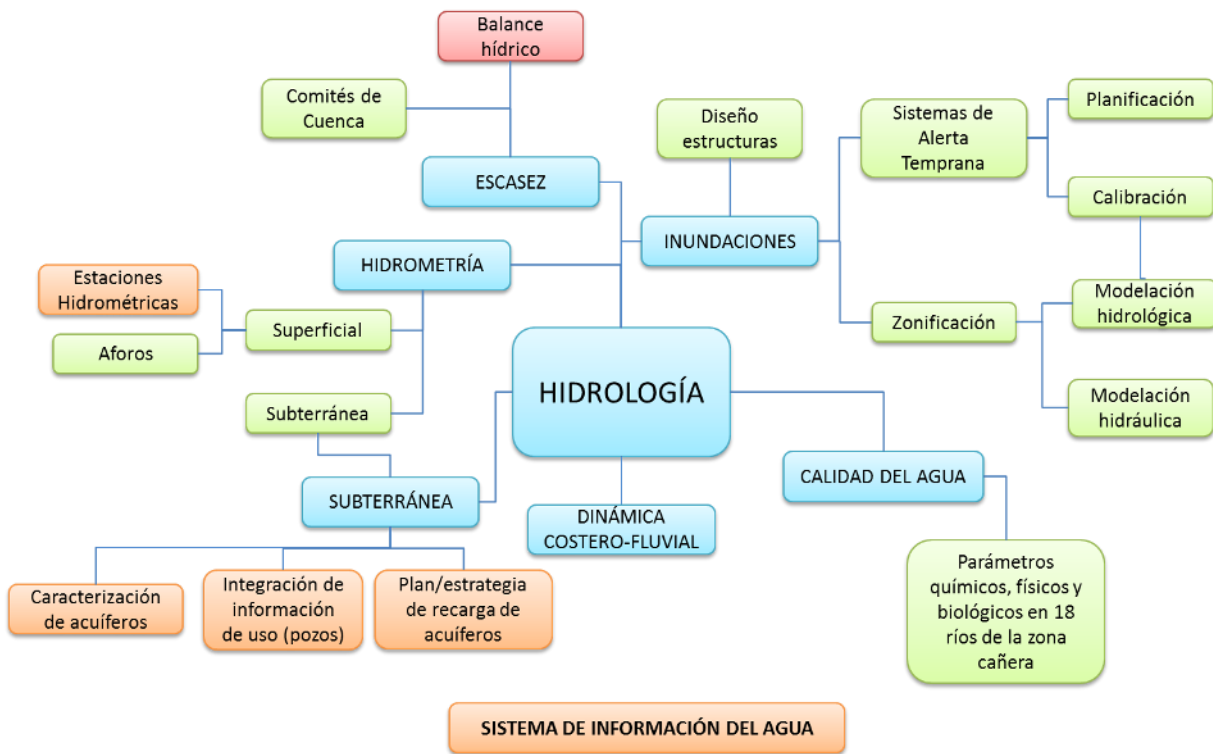
## Condiciones para el Manejo Integrado del Recurso Hídrico

- El gobierno debe actuar como facilitador y regulador
- Legislación de aguas: marco de acción
- Diálogo entre distintos actores clave
- Financiamiento para la infraestructura del agua
- Tomar a la cuenca como base de planificación
- Instituciones a distintos niveles

(GWP, 2000)



# Generación de información e investigación (ICC)



# Estrategias territoriales: Manejo Integrado de Cuencas



# La conflictividad por el agua de los ríos

En 2016 se crearon conflictos a nivel local, regional y nacional por razones físicas (sequía por El Niño), técnicas (falta de manejo del agua), sociales y políticas (promovidas por ONG's). Los efectos fueron:

- Señalamientos contra el sector privado (incluyendo el azúcar), dañando la **reputación**
- **Denuncias** ante el Ministerio Público contra varias empresas
- **Medidas de hecho** a nivel local
- Mayor presión para la aprobación de una **Ley del Agua** (con algunas propuestas muy nocivas)
- **Restricción en el uso del agua de los ríos**



## Acciones ante la conflictividad

Se inició el diálogo entre distintos usuarios del agua (comités y mesas técnicas).

**Se generó información sobre disponibilidad de agua de los ríos y las demandas de los usuarios para poder coordinar su uso.**

Se redujo el uso del agua por la adopción de sistemas de riego más eficientes.

Se redujo el riego en algunas fincas.

**Muchos usuarios recurrieron a utilizar agua de pozos y norias.**



# Diálogo entre actores



• Río Madre Vieja

• Río Achiguate

• Río Ocosito

• Río Los Esclavos



## Mesas Técnicas



- Gobernación Departamental
- Empresas locales
- Municipalidades
- Ministerios
- ONG'S
- Comunidades



## Compromisos



Recuperar y mantener el caudal hasta la desembocadura.



Crear mecanismo de medición y verificación.

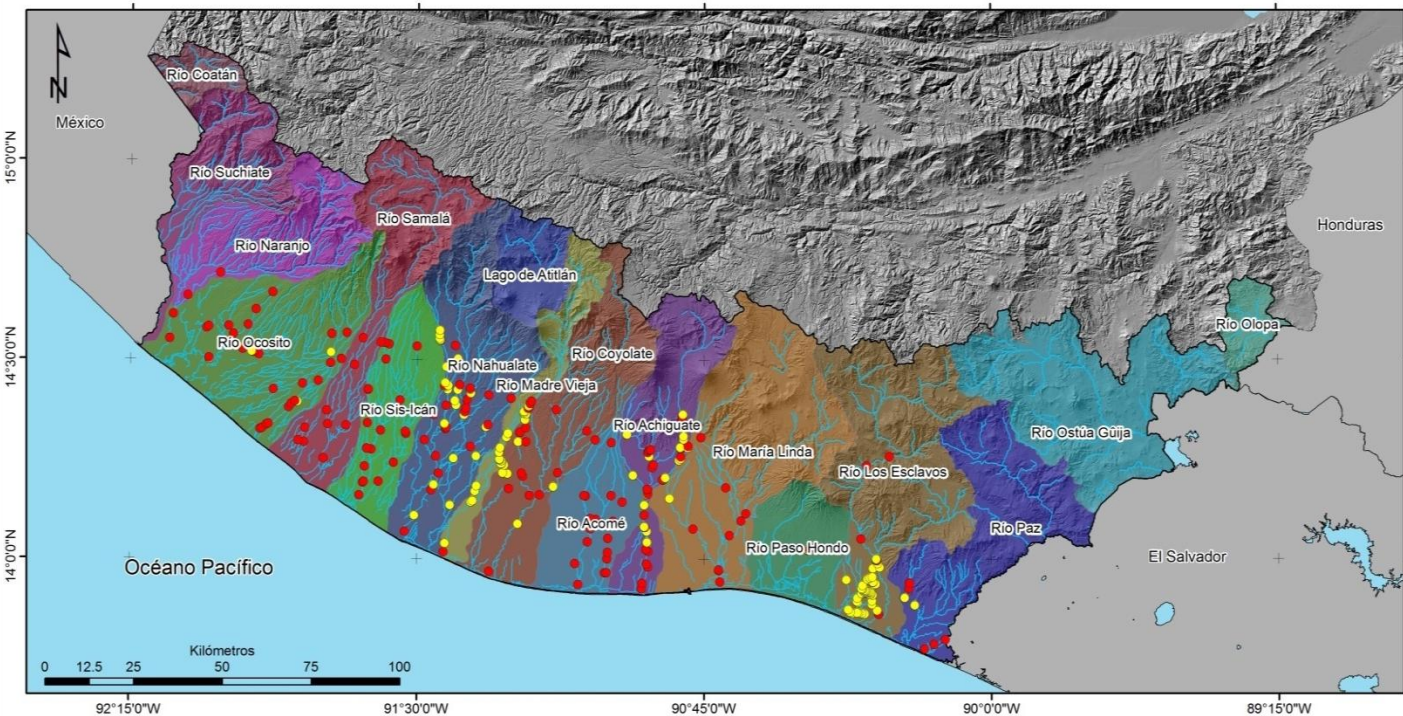


Reforestación de riberas de ríos.



Usar el diálogo.

# Sistema de Monitoreo de los Ríos de la Vertiente del Pacífico de Guatemala



## Leyenda

### Tipo de aforo

- Derivación
- Punto de monitoreo TS 17-18

**TOTAL TS 18-19: 340**  
 236 PM /104 Derivaciones  
**TOTAL TS 17-18: 331**  
**TOTAL TS 16-17: 211**

Proyecto: SISMARSUR  
 Arreglo: ICC, Febrero 2018  
 CGS-Datum: WGS84  
 Shape: MAGA, 2003  
 Hill: MGA, 2010  
 Puntos de monitoreo TS 17-18



Más de 6,000 aforos  
en 2019.

# Resultados



## Casos documentados

Sistematización de la experiencia de las mesas técnicas de los ríos **MADRE VIEJA Y ACHIGUATE** en el departamento de Escuintla

Dentro del marco del proyecto "Alianzas Público-Privadas para enfrentar el riesgo a desastres en Guatemala", Guatemala, Centroamérica

Financiado por Unión Europea  
Proyecto GEF y Apoyo Humanitario



## Medios de comunicación

### VERIFICAN AVANCES

Extranjeros, interesados en conocer el manejo del agua de los ríos, hicieron un recorrido por el cauce del río Madre Vieja.

Es un ejemplo de diálogo, todas las partes están comprometidas. Podría usarse como modelo de gestión".

Por su parte, el delegado comunal de Escuintla, Daniel Acosta, afirmó que ha sido un proceso largo. "Se ven los avances pero el flujo continúa en fase crítica, pero pronto se prevé la normalización y gestión sostenible, todos comprometidos con la recuperación del río", aseveró.

El delegado de los comunitarios, al momento de la reunión, se comprometió a coordinar con la comunidad y los agricultores de la zona, para que se realice un diagnóstico de las condiciones de los ríos. También se comprometió a realizar un diagnóstico de las condiciones de los ríos, para que se realice un diagnóstico de las condiciones de los ríos.

La delegación de los comunitarios, al momento de la reunión, se comprometió a coordinar con la comunidad y los agricultores de la zona, para que se realice un diagnóstico de las condiciones de los ríos.

La delegación de los comunitarios, al momento de la reunión, se comprometió a coordinar con la comunidad y los agricultores de la zona, para que se realice un diagnóstico de las condiciones de los ríos.

Es un ejemplo de diálogo, todas las partes están comprometidas. Podría usarse como modelo de gestión".

**Bastiaan Engelhard**  
Unión Europea

*Representantes de embajadas Europeas conocen la experiencia en campo.*

### RESCATAN RÍO MADRE VIEJA

Labor conjunta entre comunitarios y empresarios logra que el afluente sirva para atender las necesidades vitales de los habitantes de 11 municipios en cinco departamentos y este mantenga un caudal óptimo.

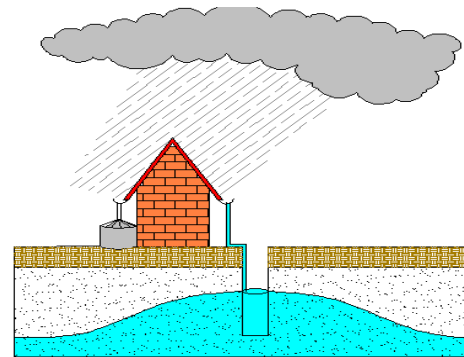
10 SPINALOTOS OFERTA

El agua es un recurso vital para la vida y el desarrollo de las comunidades. Sin embargo, en Guatemala, el acceso al agua potable sigue siendo un desafío para millones de personas. En el departamento de Escuintla, el río Madre Vieja es una fuente vital de agua para los habitantes de 11 municipios en cinco departamentos. Sin embargo, el río ha estado sufriendo de contaminación y disminución de caudal, lo que afecta la salud y el bienestar de la comunidad.

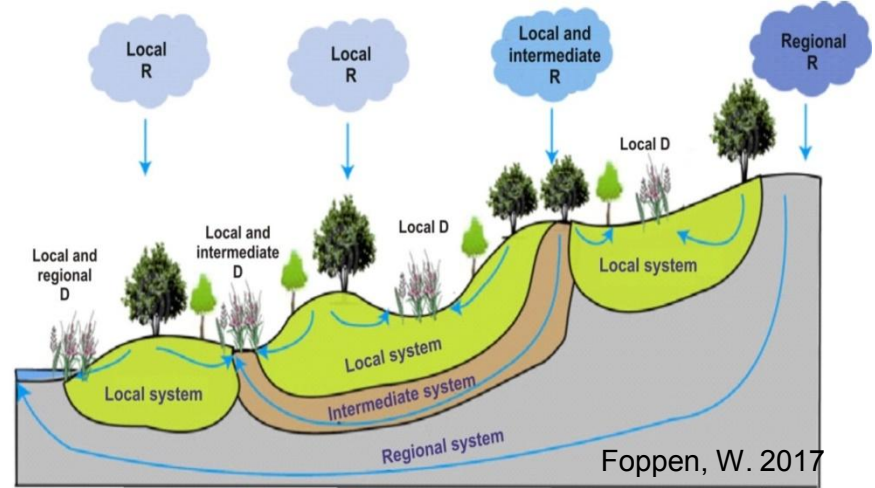
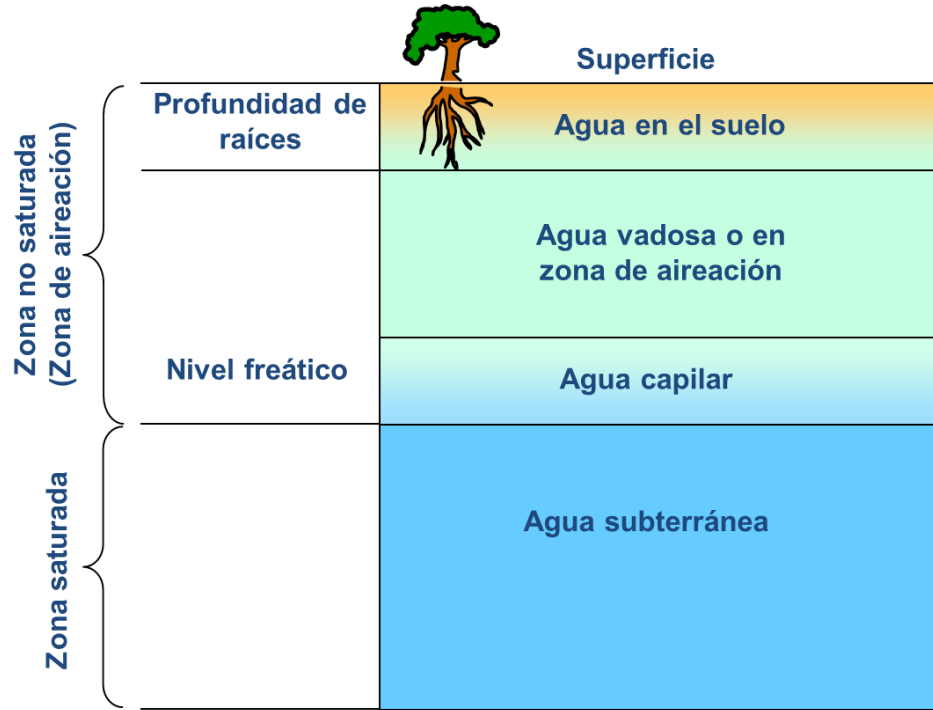
El agua es un recurso vital para la vida y el desarrollo de las comunidades. Sin embargo, en Guatemala, el acceso al agua potable sigue siendo un desafío para millones de personas. En el departamento de Escuintla, el río Madre Vieja es una fuente vital de agua para los habitantes de 11 municipios en cinco departamentos. Sin embargo, el río ha estado sufriendo de contaminación y disminución de caudal, lo que afecta la salud y el bienestar de la comunidad.

# Almacenamiento del agua a distintas escalas: un asunto de sostenibilidad y de seguridad nacional

- Almacenamiento superficial
  - Domiciliar, finca, local, regional
- Almacenamiento subterráneo
  - Acciones para incrementar la recarga de acuíferos en áreas boscosas, zonas de cultivos y áreas urbanas.

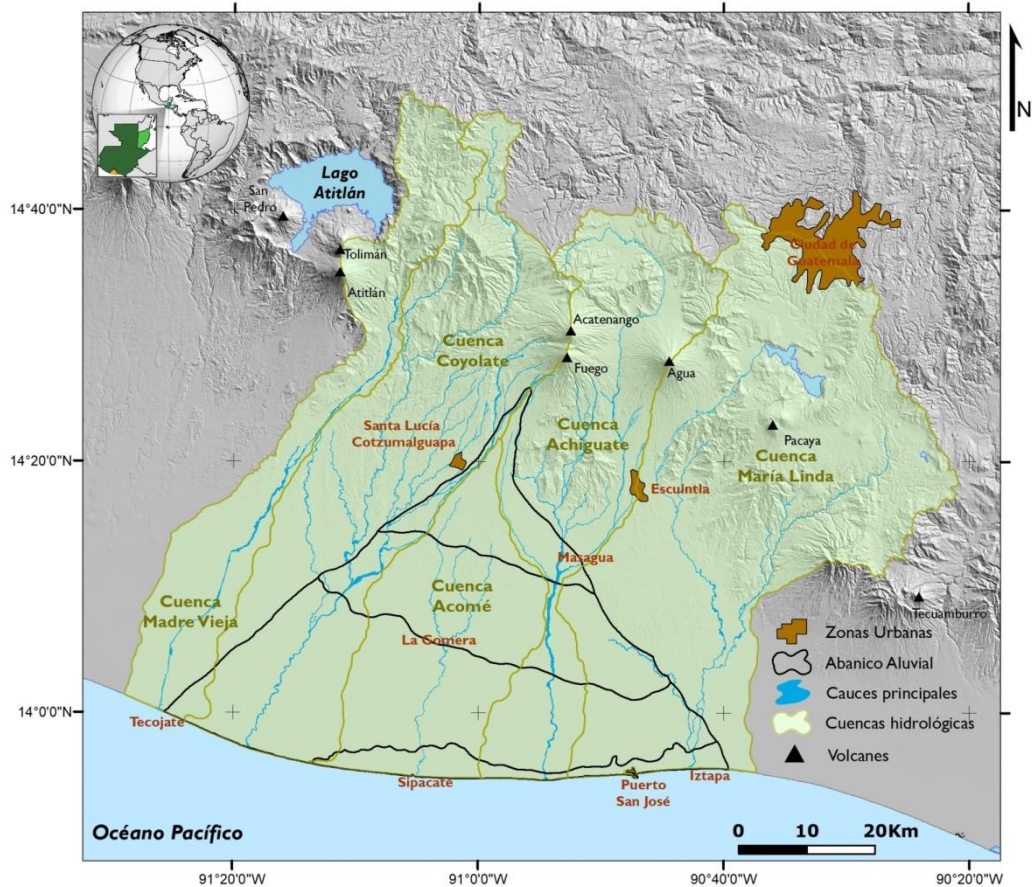


# El agua subterránea: un recurso valioso que debemos cuidar



(Basado en New, 2006)

# ZONA DE ESTUDIO en 2018: abanico aluvial del volcán de Fuego



## Unidad fisiográfica:

Abanico aluvial del volcán de fuego

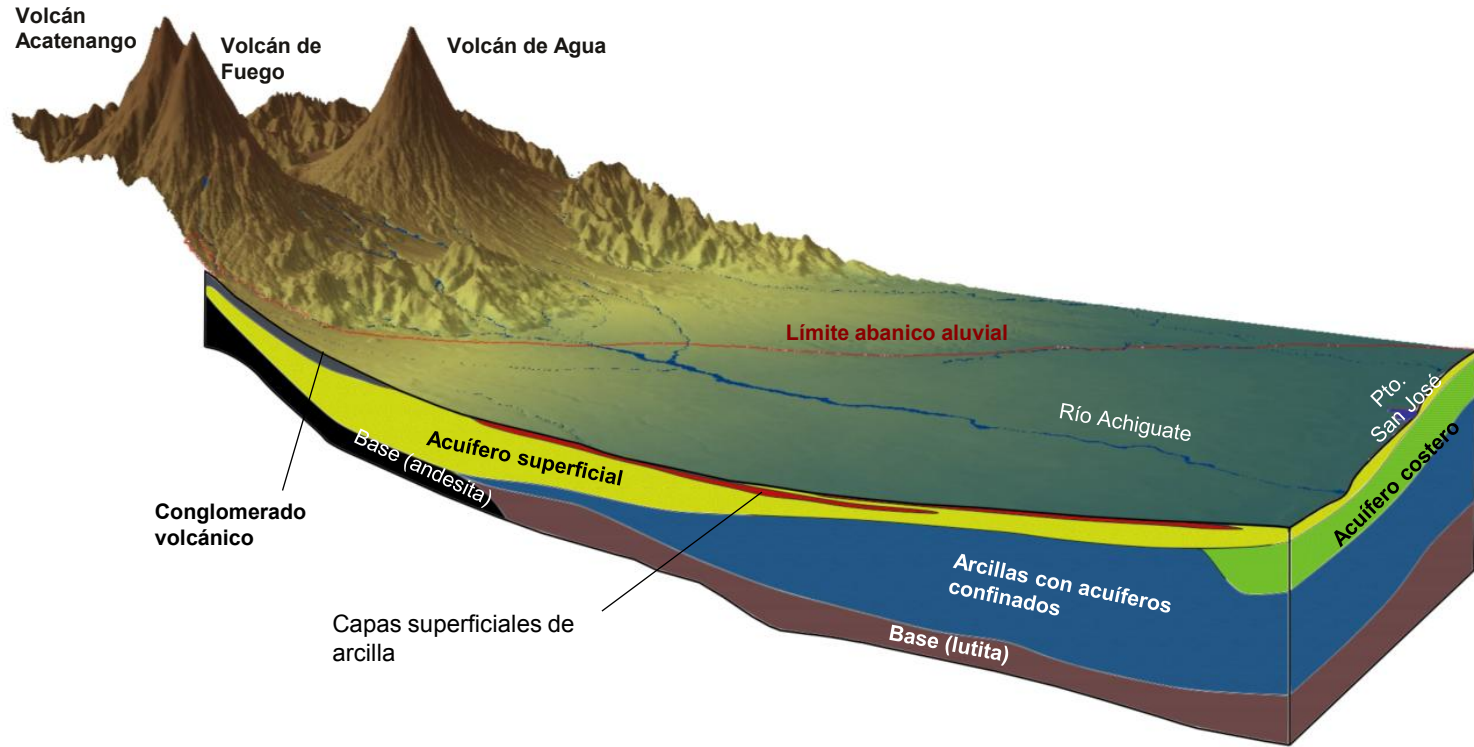
**Superficie total:** 2,185 km<sup>2</sup>

Superficie agrícola: 91%

Superficie de caña de azúcar: 60%

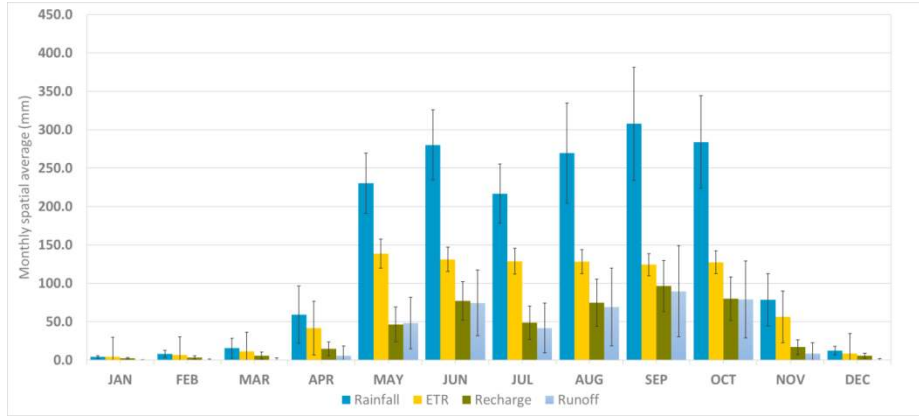


# SECCIÓN LONGITUDINAL EN LA ZONA CENTRAL DEL ABANICO ALUVIAL DEL VOLCÁN DE FUEGO



(GIL, 2018)

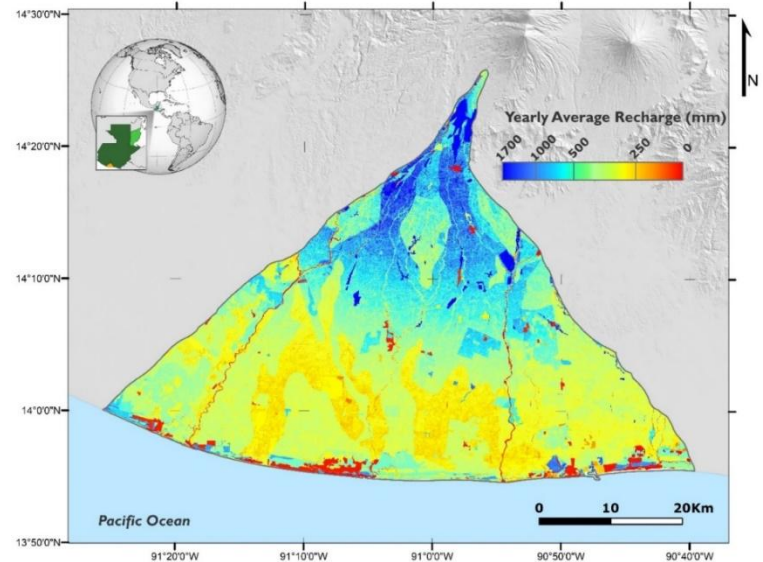
# CÁLCULO DE LA RECARGA CON BALANCE HIDROLÓGICO DISTRIBUIDO



Factores principales en la determinación de la recarga:

1. Volumen de precipitación
2. Tipo de suelo
3. Uso de la tierra

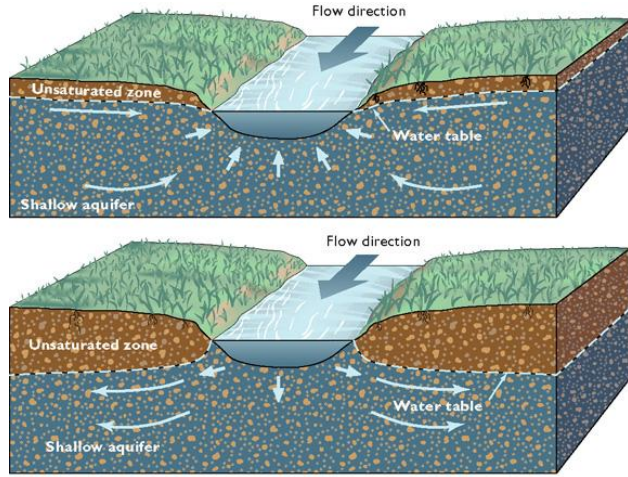
	TOTAL (hm <sup>3</sup> )
P	3,684
ETR	1,892
R	<b>984</b>
S	872
Error	-65



## Acuíferos más importantes de El Salvador (PNUD-ANDA, 1972)

COD	NOMBRE DE ACUÍFERO	UNIDAD HIDROGEOLOGICA	EXTENSIÓN	ESPESOR	RECARGA
			km <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup> /año x 10 <sup>6</sup>
A-1	Singüil	Piroclastos cuaternarios redepositados	24	30	7,00
A-2	Texistepeque	Piroclastos cuaternarios redepositados	40	40	10,00
A-3	Santa Ana-Chalchuapa	Lavas cuaternarias y piroclastos	200	80	90,00
A-4	Aguilares	Piroclastos cuaternarios redepositados	60	60	30,00
A-5	Coatepeque	Piroclastos cuaternarios	45	60	23,00
A-6	San Salvador	Lavas cuaternarias y piroclastos	160	100	42,00
A-7	Zapotitán	Depósitos piroclásticos y sedimentos lacustres	200	100	200,00
A-8	Quezaltepeque-Nejapa	Lavas cuaternarias y piroclastos	130	60	100,00
A-9	San Vicente	Lavas cuaternarias y piroclastos	100	100	55,00
B-1	Chalchuapa-Ahuachapán	Lavas cuaternarias y piroclastos	250	80	114,00
B-2	Omoa	Piroclastitas cuaternarias y lavas intercaladas	100	60	9,00
C-1	Paz-Acajutla	Depósitos sedimentarios aluviales	185	60	81,00
D-1	Izalco	Lavas cuaternarias y piroclastos	160	40	55,00
D-2	Sonsonate	Lavas cuaternarias y piroclastos	300	40	143,00
D-3	San Julián	Lavas cuaternarias y piroclastos	20	20	41,00
E-1	Libertad-Comalapa	Depósitos sedimentarios aluviales	85	40	30,00
F-1	Comalapa-Lempa	Depósitos sedimentarios aluviales y piroclastitas cuaternarias	400	60	418,00
F-2	Ilopango	Piroclásticos cuaternarios	40	100	20,00
G-1	Lempa-Usulután	Sedimentos costeros, piroclastitas cuaternarias y lavas	450	100	298,00
H-1	Usulután	Piroclásticos cuaternarios	150	100	200,00
H-2	El Jocotal	Lavas y depósitos sedimentarios aluviales	130	60	100,00
H-3	San Miguel	Lavas cuaternarias y piroclastos	150	100	57,00
H-4	Olomega	Depósitos aluviales	100	60	30,00
H-5	Quelepa	Lavas cuaternarias y piroclastitas	150	60	30,00

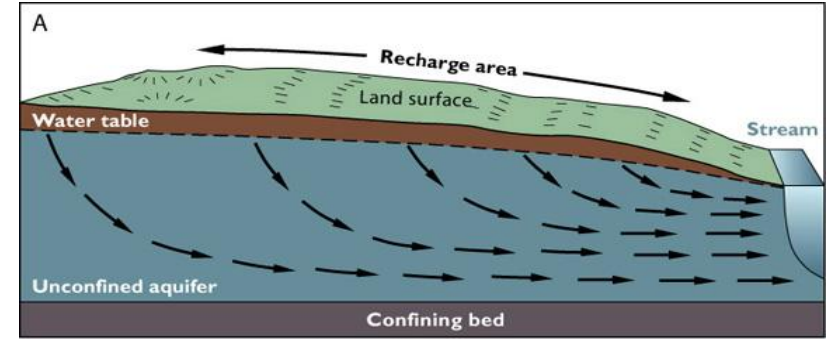
# La extracción de agua subterránea afecta el caudal de los ríos



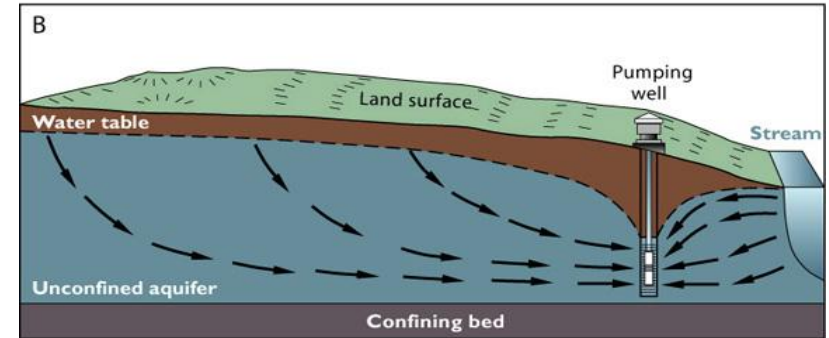
From Winter and others, 1999

Implicaciones y riesgos en zonas bajas de las cuencas:

- Si las norias o pozos se perforan cerca de los ríos, es posible que estemos extrayendo agua de estos y, así, reduciendo su caudal.
- El agua de un río recarga el acuífero en zonas adyacentes y contribuye a que haya agua en los pozos comunitarios.



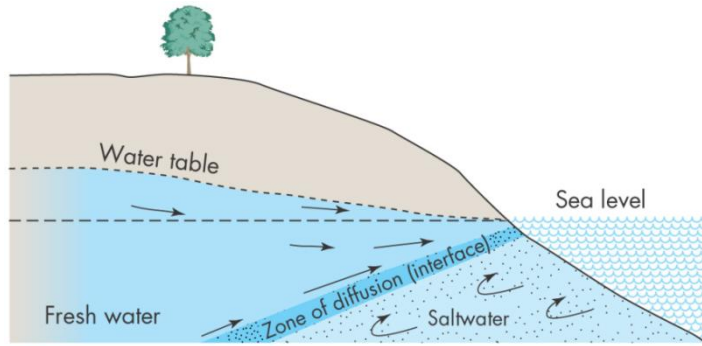
Ground-water discharge to a stream



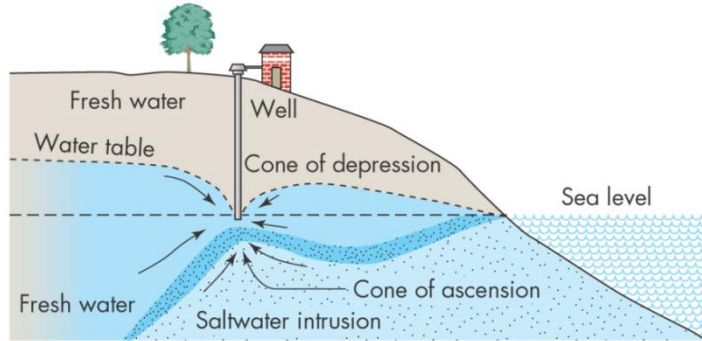
Pumping well intercepting discharge to a stream

From Winter and others, 1999

# La extracción de agua subterránea cerca del mar puede crear intrusión salina



(a)

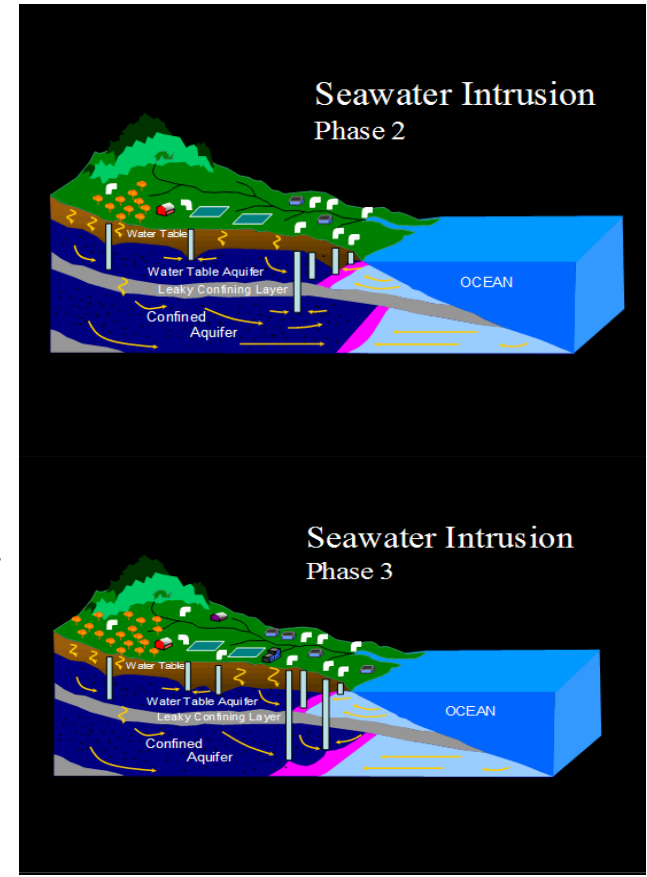


(b)

Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

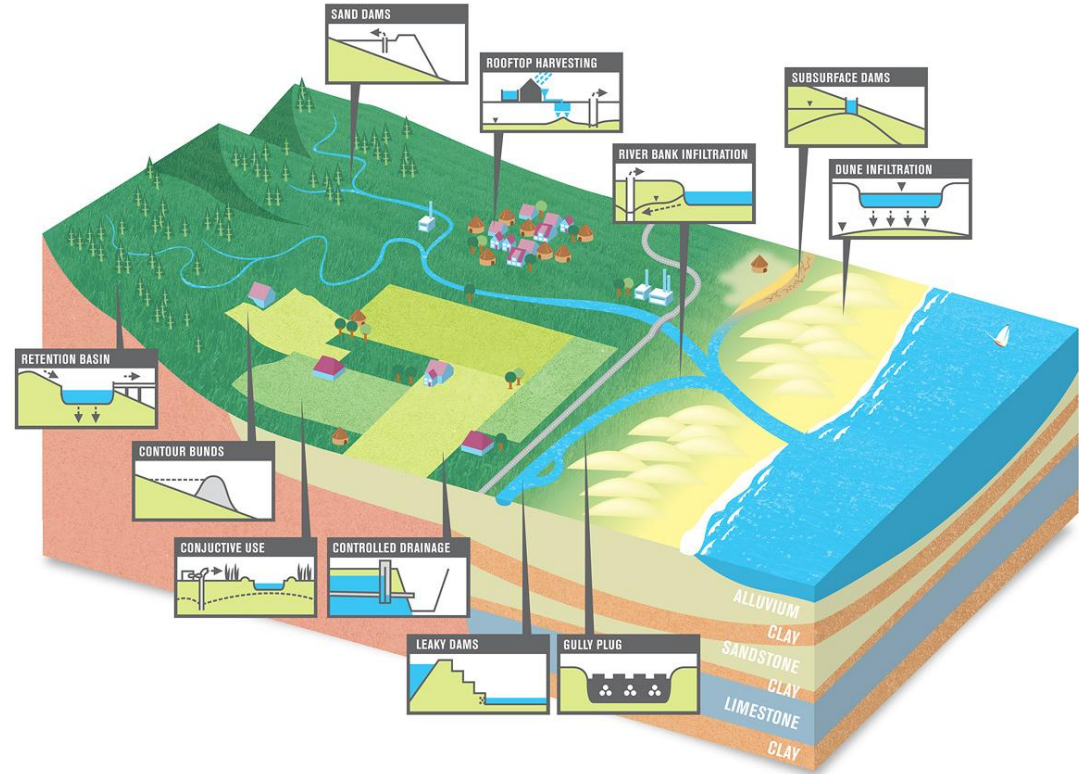
Los pozos profundos, al ser sobreexplotados pueden tardar mayor tiempo en recobrar niveles que permitan la explotación. Además, están sujetos a un mayor riesgo de salinización (por cuestión de densidad y presión hidrostática).

(Folch, 2011)



# El suelo: un embalse natural

El **manejo integrado de la recarga** está surgiendo como alternativa a los embalses superficiales. Se está viendo como “embalses subterráneos” con menores pérdidas de agua por evaporación, menor costo de infraestructura y menor impacto ambiental.



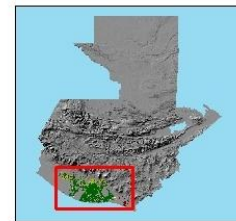
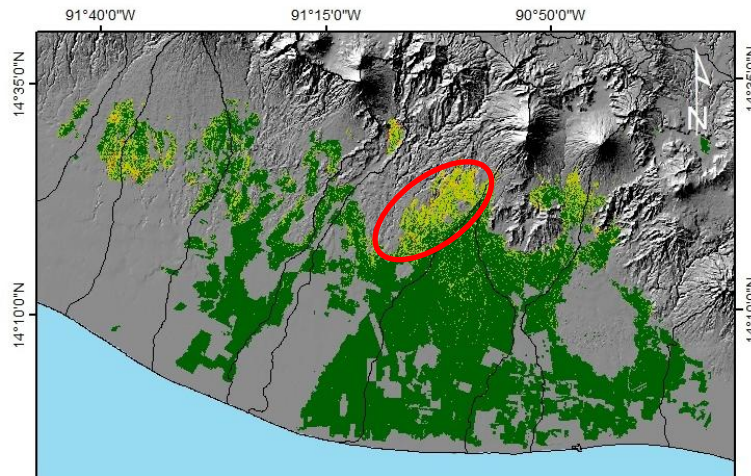
## Opciones para el Manejo Integrado de la Recarga

MÉTODOS Y DISPOSITIVOS DE RECARGA ARTIFICIAL			
<b>SUPERFICIALES</b>	<b>EN CAUCES</b>	SERPENTEOS Y REPRESAS	Su objetivo es incrementar el tiempo y la superficie de contacto entre el agua y el terreo, la construcción de diques es una de las técnicas utilizadas.
		ESCARIFICACIÓN	Consiste en escarificar el lecho del río para mejorar la infiltración
		Vasos permeables	Son embalses de superficie cuya cerrada no es totalmente impermeable
	<b>FUERA DE CAUCES</b>	FOSAS Y BALSAS	Dispositivos alargados, poco profundo, y de gran superficie. La infiltración se produce predominantemente en el fondo.
		FOSAS	Son semejantes a las balsas, pero la superficie lateral es importante.
		CANALES	Son dispositivos poco profundos que siguen la topografía del terreno. La infiltración se produce tanto por el fondo como por los flancos.
		CAMPOS DE EXTENSIÓN	Se basa en extender el agua por las superficies del terreno, normalmente mediante riego.

# Ventajas del almacenamiento subterráneo comparado con el superficial

Factor	Embalses	Acuífero
Evaporación	Pérdidas importantes	No hay pérdidas
Vectores de Enfermedades	Proliferación	En función del método de recarga
Costos	Alto costo de construcción	No se construyen estructuras de almacenamiento
Opinión Pública	Oposición	No visible o bien ocupa poco espacio superficial
Ecología	Interferencia con ecología del río	Interfiere con la dinámica del acuífero
Vida útil	Afectada por acumulación de sedimentos	Problemas de oclusión limita la infiltración de agua
Periodo de almacenamiento	Corto Plazo	Largo Plazo
Tratamiento del agua para uso posterior	Necesario	Reducido por la geopurificación

# Estructuras de conservación de suelos que también aportan a recargar acuíferos



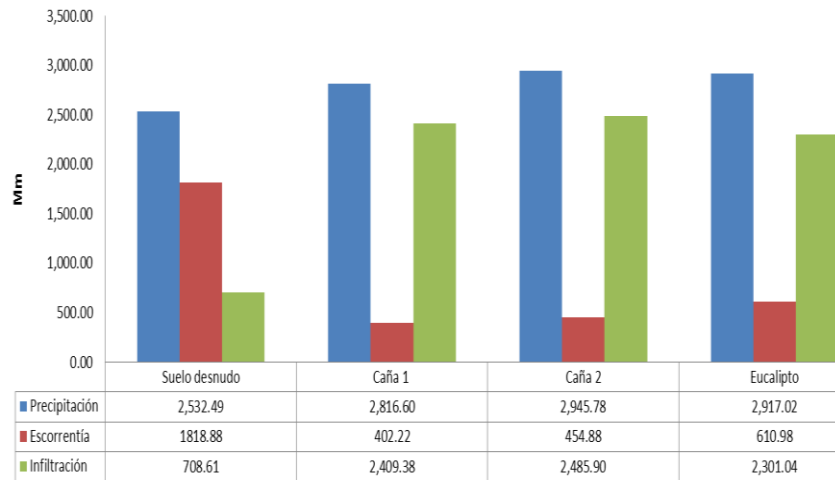
# Estructuras para conservación de suelo y cosecha de agua en cultivo de caña de azúcar



Suelo	% Escorrentía	% Infiltración
Sin Cobertura Vegetal	72	28
Caña de Azúcar	14	86
Eucalipto	20	80



Parcelas de escorrentía, microcuenca Los Sujuyes



# Miembros ICC



Fundadores (2010)



Nuevos miembros (2015)



Nuevos miembros (2019)

## Otras fuentes de financiamiento



# Visítanos en [www.icc.org.sv](http://www.icc.org.sv)

<https://icc.org.gt/es/icc-2/>



Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático



English



Inicio

Nosotros

Noticias

Estaciones

Programas

Proyectos

Documentos

Galería

Contacto

*¡Ciencia en acción para enfrentar el cambio climático!*



## Últimas Noticias



**Personal de Gestión de Riesgo de Desastres del ICC presenta análisis de vulnerabilidad social**

El licenciado Francisco Fuentes, técnico del Programa Gestión de Riesgo ...

[Leer más](#)



**Estudiantes del CEDILU reciben charla sobre reproducción de peces nativos en la región**

El licenciado Gabriel Rivas, especialista en acuicultura y calidad del ...

[Leer más](#)