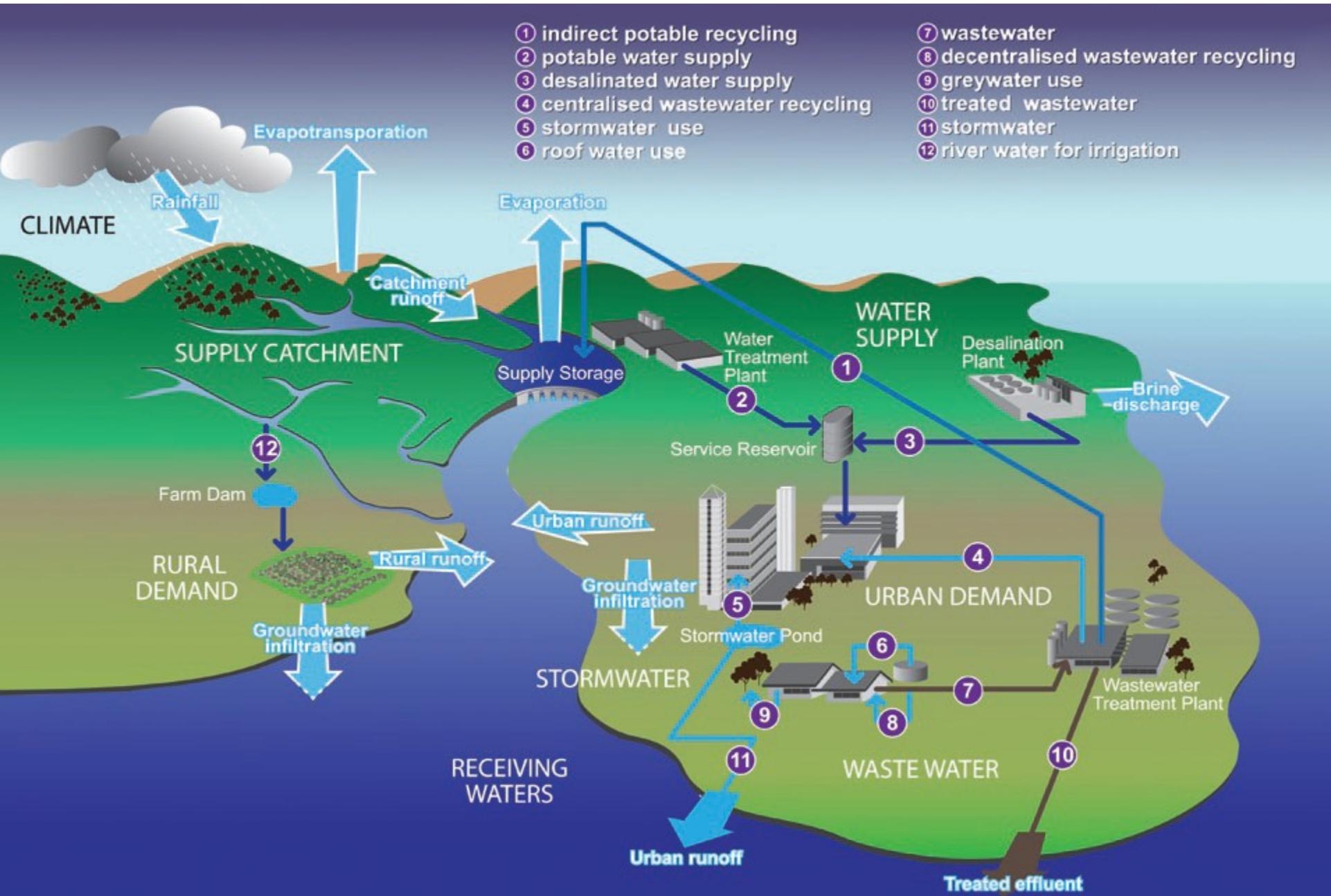




Abastecimiento de agua: perspectivas y limitaciones

M. en C. Inés Navarro

DIVERSIFIED URBAN WATER SUPPLY OPTIONS





Variabilidad Climática y Cambio Climático

Horizontes: histórico – actual - 2030

Cuánta agua habrá? Cuál será la calidad?

Cuál será la infraestructura?

Calidad del servicio de agua?

Disminución de 13%

Cuáles escenarios de cambio climático evaluar?

Cuáles son las suposiciones?





Modelos - Evapotranspiración Potencial

Método de Thornthwaite (Thornthwaite, 1948)

$$ET_p = 1.6 \left(\frac{I}{12} \right) \left(\frac{N}{30} \right) \left(\frac{10T_a}{i} \right)^a$$

T = Temperatura media °C

I = Índice calórico anual

N = Número de días al mes

Método de Hargreaves (Hargreaves et al., 2003 El Salvador)

$$ET = 0.0023 Ra(T_m + 17.8) (TD)^{0.5}$$

Ra = Radiación solar (mm/d)

Tm = Temperatura media diaria (°C)

TD = Tmáxima – Tmínima (°C)



Método de Turc (*Turc, 1954*)

$$ET = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

$$L = 300 + 25T + 0.05T^3$$

P = Precipitación (mm/año)

T = Temperatura (°C)

Método Priestly–Taylor (*Priestly and Taylor, 1972*) *Costa Rica, Alaska*)

$$\lambda E_{PT} = \alpha R_n \left[\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right]$$

$\alpha = 1.26$

R_n = radiación neta (MJ m⁻² día⁻¹)

Δ = pendiente presión de vapor-temperatura aire (kPa °C⁻¹)

γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹)

λ = calor latente de vaporización (MJ kg⁻¹)



Método Penman-Monteith FAO-56 (Allen et al., 2006)

$$ET_0 = \frac{1}{\lambda} \left[\frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \left(\frac{e_s - e_a}{r_a} \right)}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a} \right)} \right]$$

ET_0 = evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹)

λ = calor latente de vaporización (MJ kg⁻¹)

Δ = pendiente presión de vapor-temperatura aire (kPa °C⁻¹)

R_n = radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m⁻² día⁻¹)

G = flujo térmico del suelo (MJ m⁻² día⁻¹)

ρ_a = densidad del aire seco a presión constante (kg m⁻³)

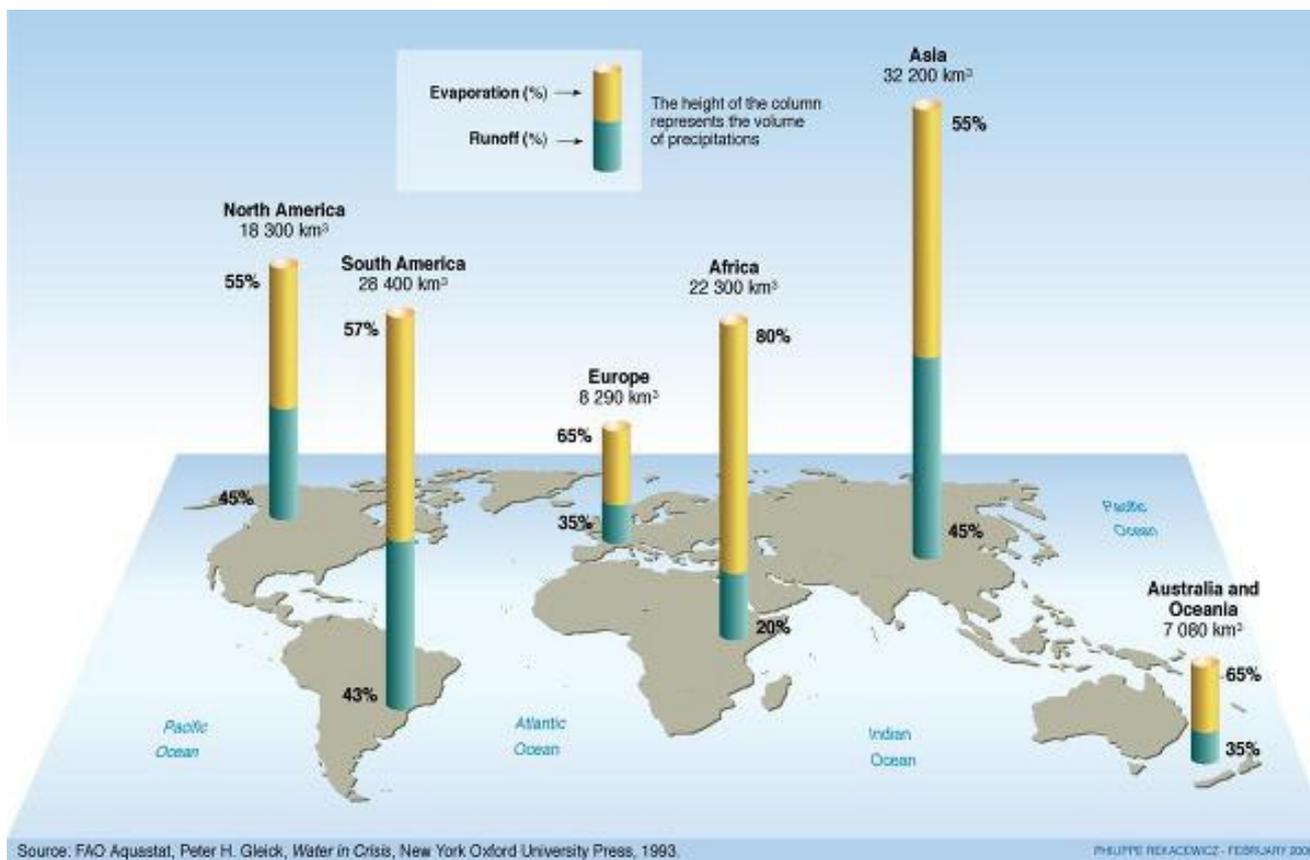
c_p = calor específico del aire (MJ kg⁻¹ C⁻¹)

$(e_s - e_a)$ = déficit de presión de vapor (kPa)

γ = constante psicrométrica (kPa °C⁻¹)

r_s y r_a = resistencia superficial referencia y aerodinámica (s m⁻¹)

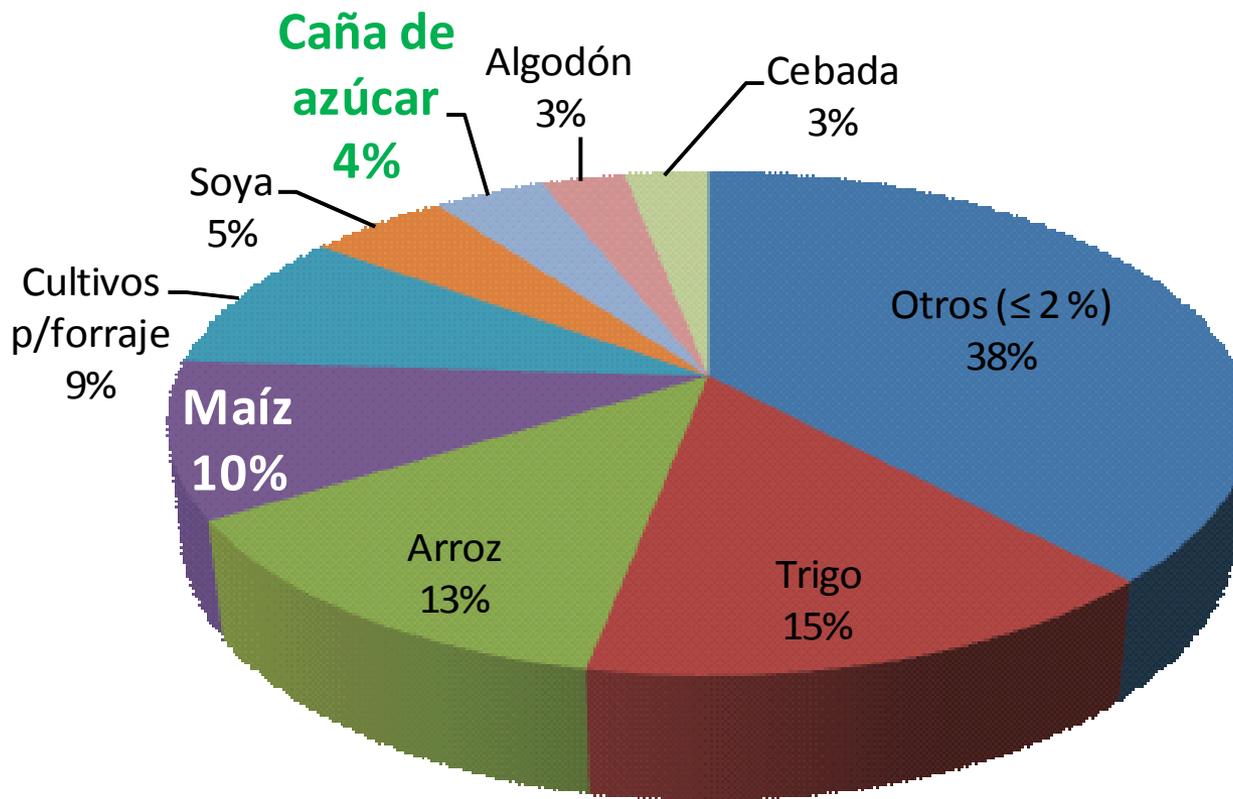
World's surface water: evaporation and runoff



(Graphic Maps, 2001; Shiklomanov, 1999). These examples do not take into account groundwater abstraction.

DEMANDA DE AGUA VIRTUAL o HUELLA HÍDRICA – CULTIVOS 1996-2005

Contribución de cultivos a la huella hídrica total



Agua virtual	
Cultivo	m ³ /Ton
Caña de azúcar	200
Vegetales	300
Raíces y tubérculos	400
Frutas	1,000
Cereales	1,600
Aceites	2,400

IMPACTO EN LA DISPONIBILIDAD DE AGUA

Si $A = 15,500$ ha & $Y = 110$ ton/ha

Demanda de agua	2010	2020	2050
	(Mm ³ /c)	(Mm ³ /c)	(Mm ³ /c)
	ESCENARIO B1 GFDL		
Riego caña de azúcar	152	156	158
Uso Municipal	4.5	7.9	7.9
Demanda Total	157	164	166
Agua disponible	364	352	284
Indice de presión	43%	47%	58%



	2020	2050
↑ HHca	3 %	4%
↓ Agua disponible	-3%	-22 %



Metodologías – Caudal ecológico

Definición: caudal ecológico, ambiental, mínimo, de reserva

(Gaviño, 2007; Lytle & Poff, 2004; Arthington et al, 2006)

Metodologías

Hidrológicas (30%) 61 Métodos

Método Tennant o Montana (Tennant, 1976)

Hidráulicas (11%) 23 Métodos

Cantidad y calidad del recurso (Tharme, 2003)

Simulación del hábitat (28%) 57 Métodos

Instream flow incremental methodology (Milhous et al, 1989)

Holísticas (8%) 16 Métodos

Building block methodology (King et al, 2000; King & Brown, 2006)



Modelos – Disponibilidad de agua y CC

WAM Model – Water availability model (*Brandes, 2010*)

SWAT Model – Soil & water assessment tool (*Neitsch et al, 2002*)

WRAP Model – Water rights analysis package (*Ralph Wuibs, 1980s*)

CATHY Model – Catchment Hydrology (*camporese et al, 2010*)

HBV Model – Modelo lluvia/escorrentamiento (*Bergström, 1992*)

Acoplar modelos climáticos con modelos disponibilidad:

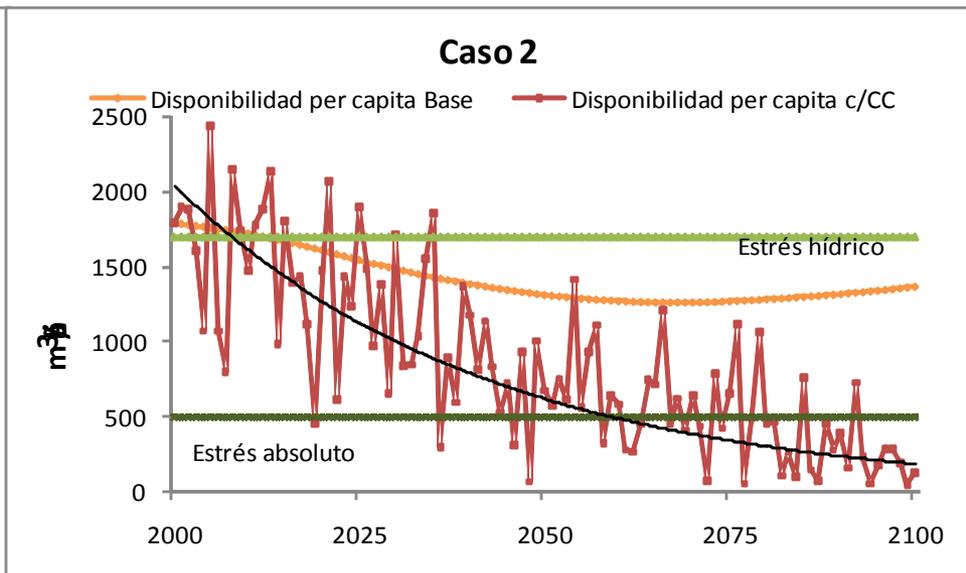
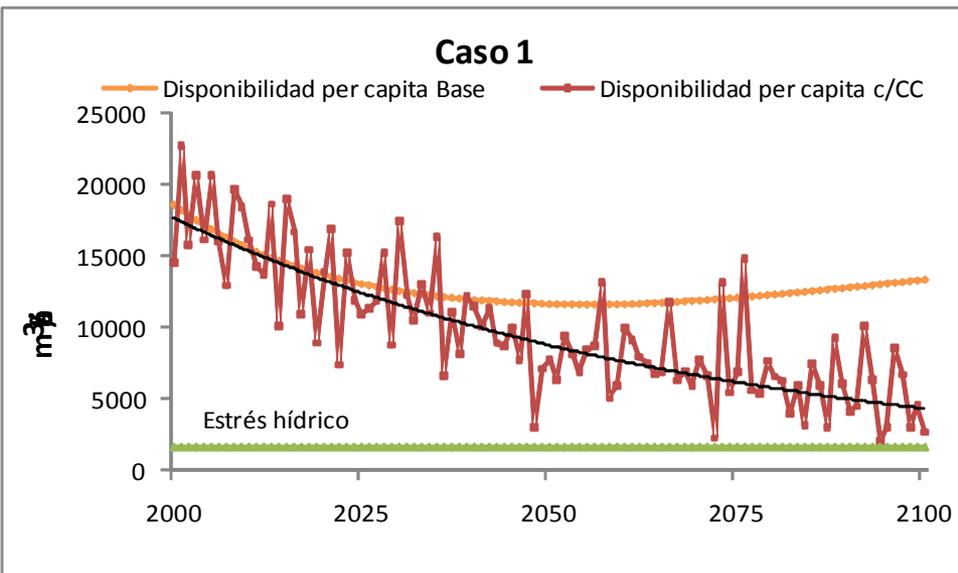
CRCM - CATHY

CCCma - SWAT - WRAP

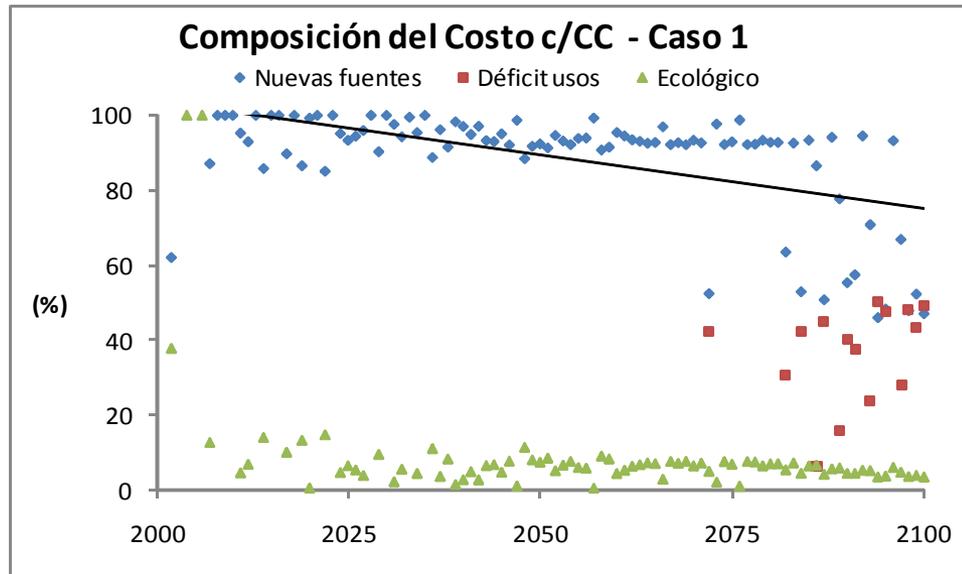
WaterGAP (*Alcano et al, 2003*)

Disponibilidad per Cápita

Valor $m^3/cápita.año$	Calificación de Disponibilidad acuerdo con Earth Trends (2009)	Clasificación de vulnerabilidad
> 1700	Sin estrés hídrico	Sin vulnerabilidad a nivel nacional pero posible a nivel local
< 1000	Escasez crónica	Vulnerable
< 500	Estrés absoluto	Muy Vulnerable



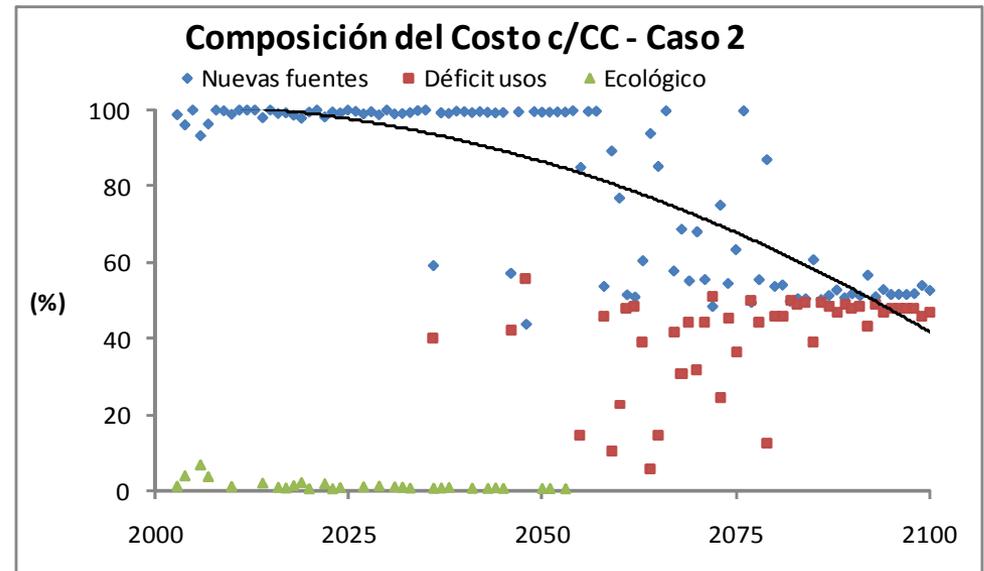
Composición de los costos c/CC



Precio del agua:

Costo real

Tarifas





Calidad del agua

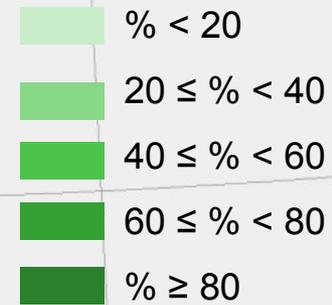
- La calidad del agua tiene efectos directos en la salud.
- Se reconoce como la causa de diarreas, enfermedades gastrointestinales, epidemias y enfermedades endémicas asociadas a organismos patógenos.
- El consumo de agua con ciertos niveles tóxicos, como concentraciones de arsénico, flúor y nitratos son causa de enfermedades.

Tipo de Servicio (Volumen/Dotación)	Necesidades Cubiertas		Impacto en Salud
	Consumo	Higiene	
Acceso a agua desde una fuente lejana	No cubierto	No es posible	Muy alto
Suministro periódico por pipa	Podría cubrirse	Posible lavado de manos e higiene básica en preparación de alimentos. Difícil asegurar aseo personal y lavado de ropa	Alto
Agua sólo en la llave de entrada de la vivienda o de otra vivienda *	Cubierto	Cubre higiene básica en aseo personal y preparación de alimentos. Posiblemente cubra lavado de ropa	Bajo
Agua en todas las llaves interiores de la vivienda*	Cubre todas las necesidades básicas	Todas las necesidades deberían de cubrirse	Muy bajo

** Con el servicio por tandeo existe riesgo a la salud adicional debido al funcionamiento del sistema de abastecimiento que compromete el abasto de agua segura*

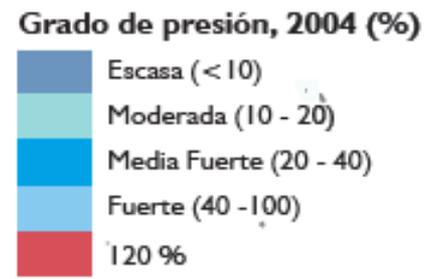
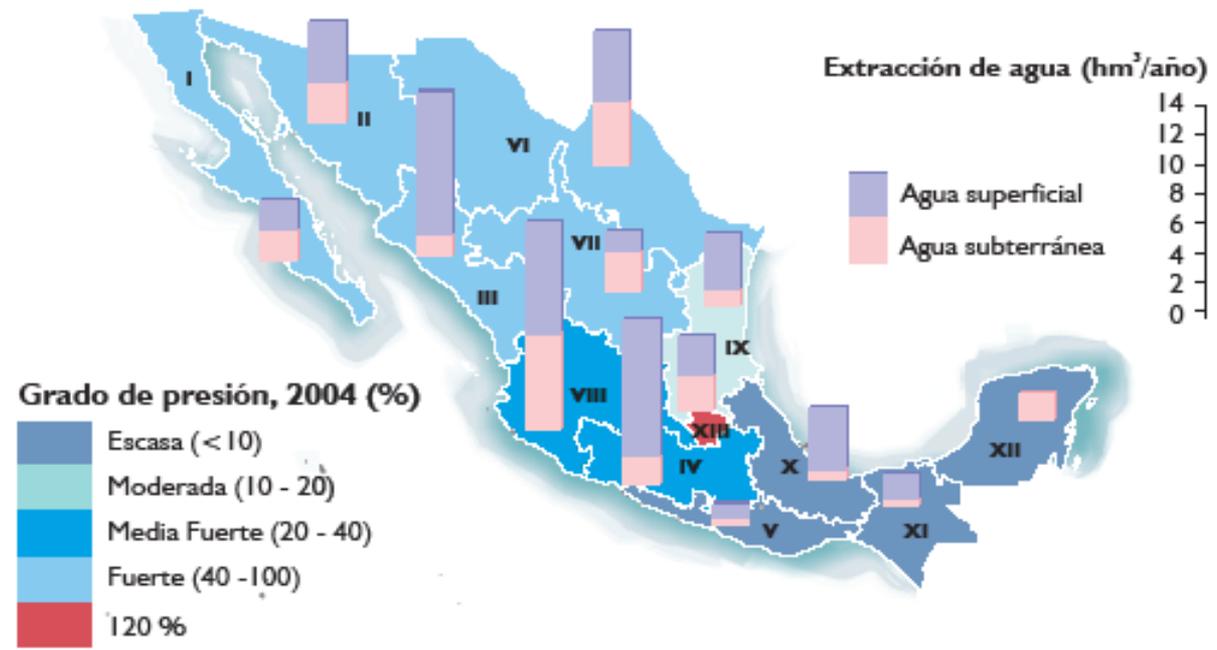
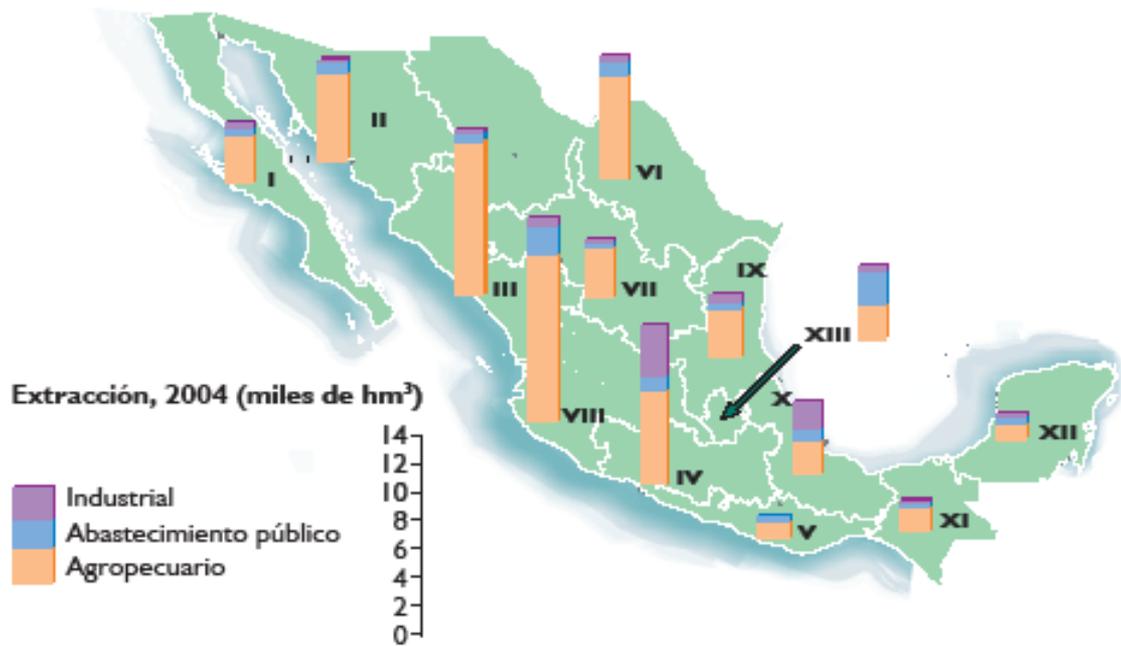
PORCENTAJE DE AGUA SUBTERRÁNEA PARA ABASTECIMIENTO PÚBLICO ESCENARIO 2010

ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA



OCÉANO PACÍFICO

GOLFO DE MÉXICO



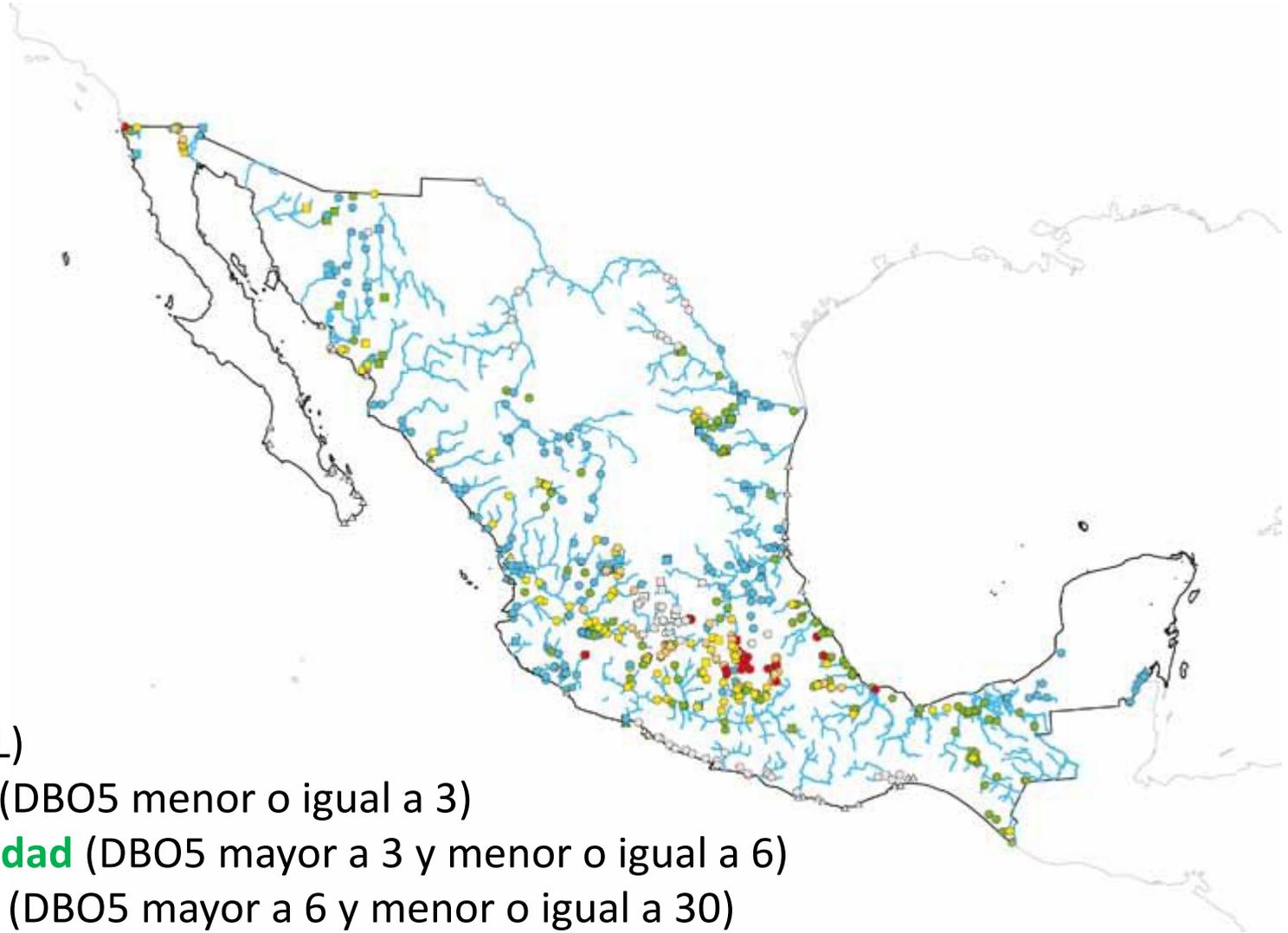
Situación de los acuíferos, 2004



- Sobreexplotado
- Intrusión salina
- Bajo el fenómeno de salinización de suelos, o aguas subterráneas salobres
- Sobreexplotado, con intrusión salina
- Sobreexplotado, bajo el fenómeno de salinización de suelos o aguas subterráneas salobres
- Sobreexplotado, con intrusión salina, bajo el fenómeno de salinización de suelos o aguas subterráneas salobres



Calidad del agua (DBO5) superficial (2009)



DBO (mg/L)

Excelente (DBO5 menor o igual a 3)

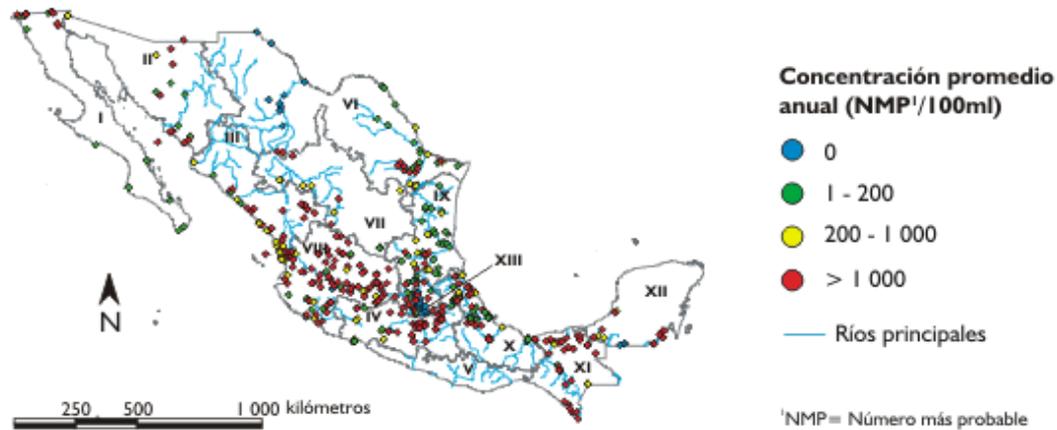
Buena calidad (DBO5 mayor a 3 y menor o igual a 6)

Aceptable (DBO5 mayor a 6 y menor o igual a 30)

Contaminada (DBO5 mayor a 30 y menor o igual a 120)

Fuertemente contaminada (DBO5 mayor a 120)

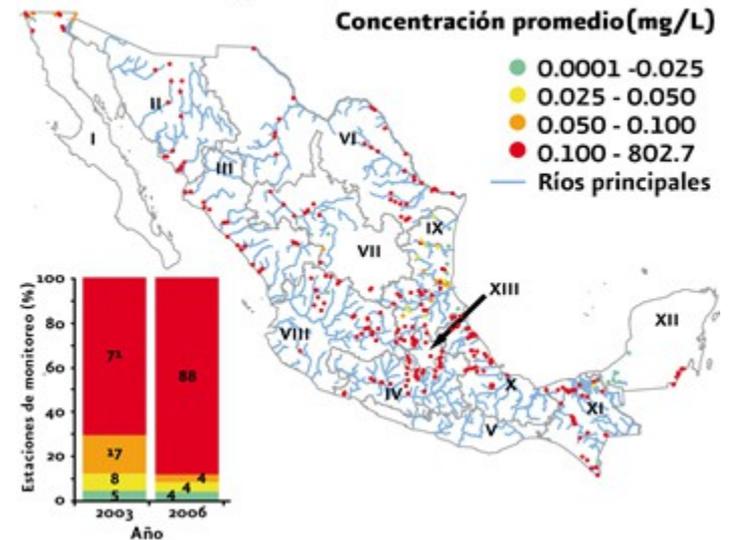
Mapa 7.6 Coliformes fecales en cuerpos de agua superficiales, 2003



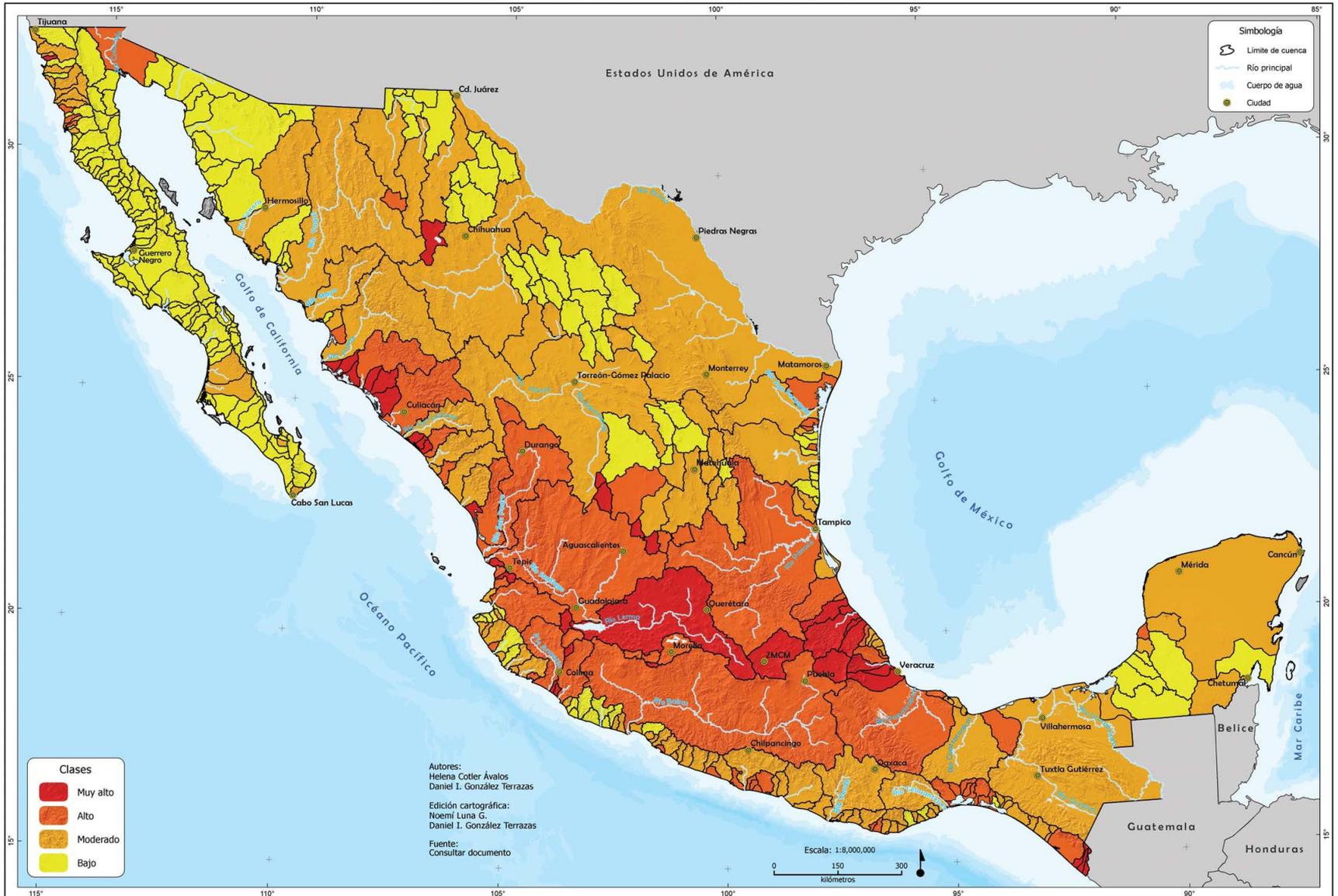
Fuente:
Elaboración propia con datos de: CNA. Gerencia de Planeación Hidráulica. Subdirección General de Programación. México. 2004.



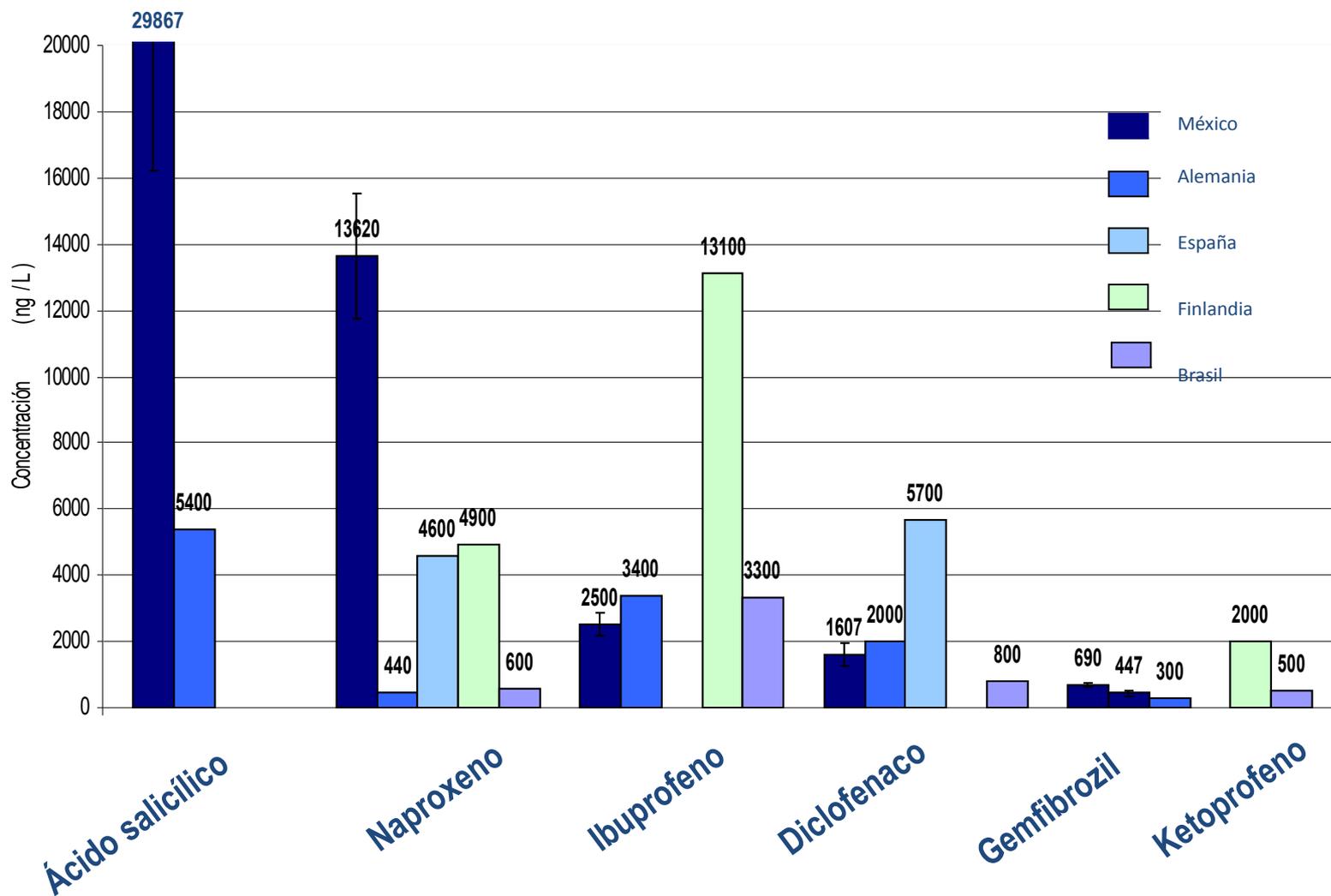
Fosfato total en aguas superficiales, 2006



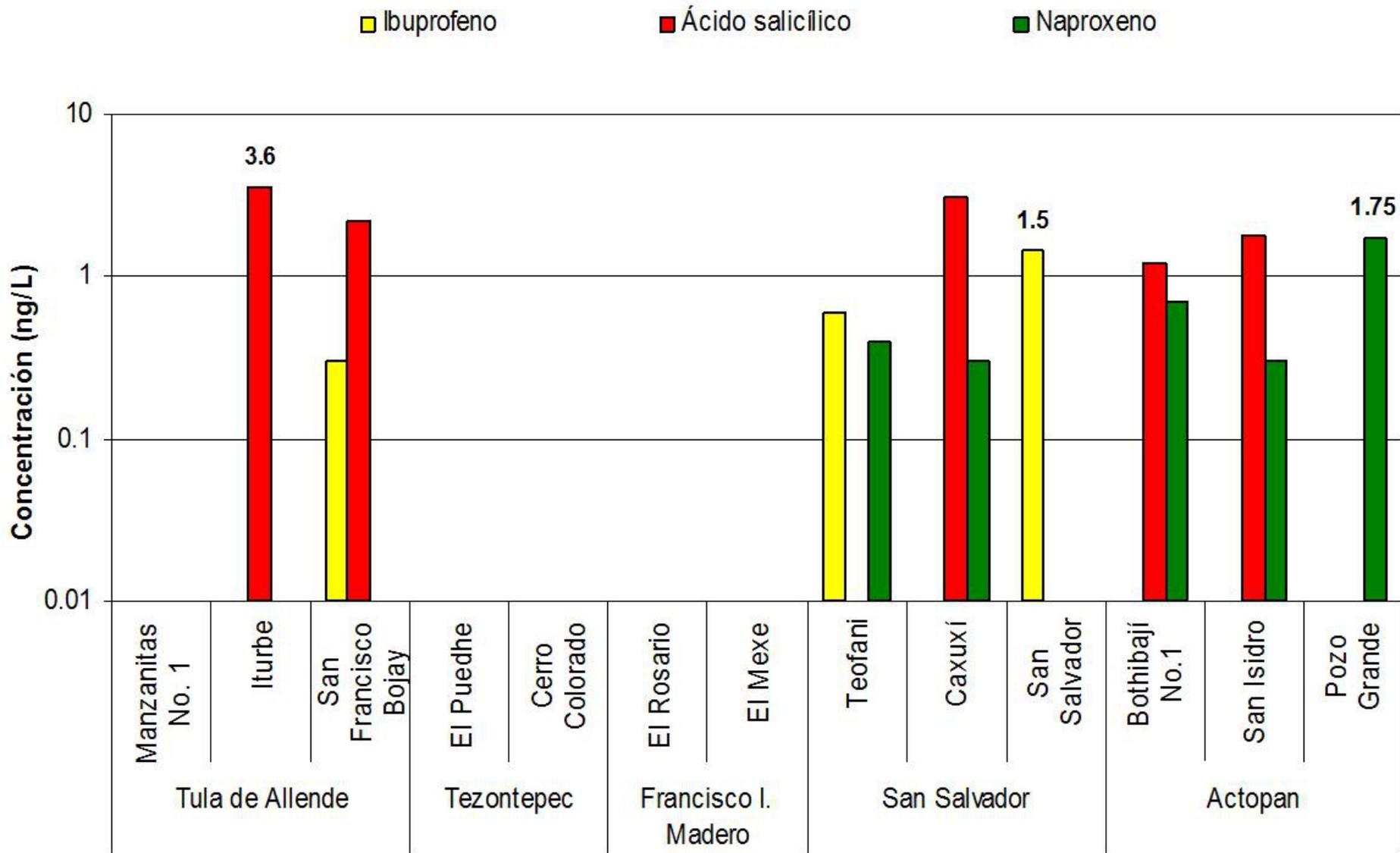
CONTAMINACIÓN POTENCIAL DIFUSA POR AGROQUÍMICOS



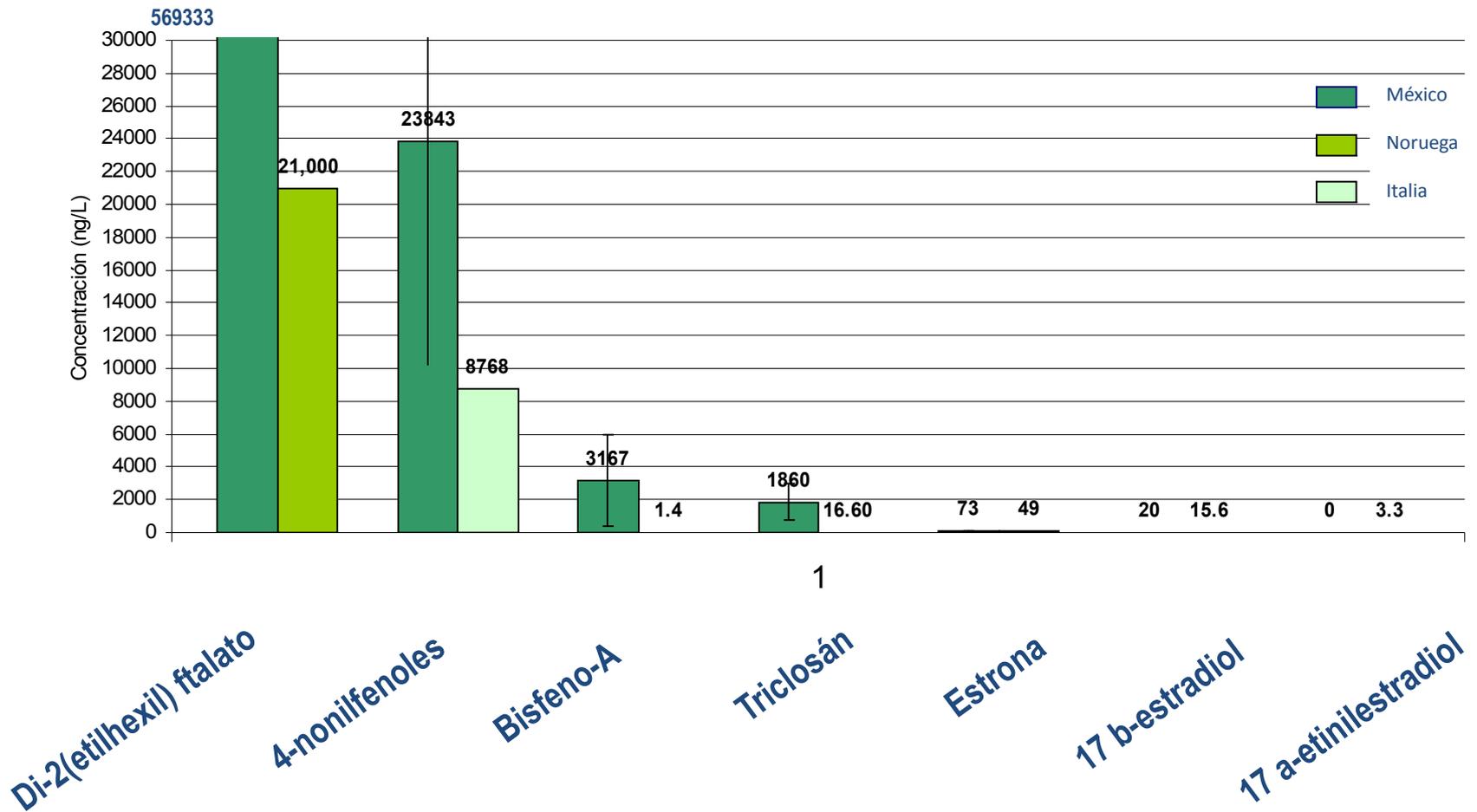
Fármacos en agua residual



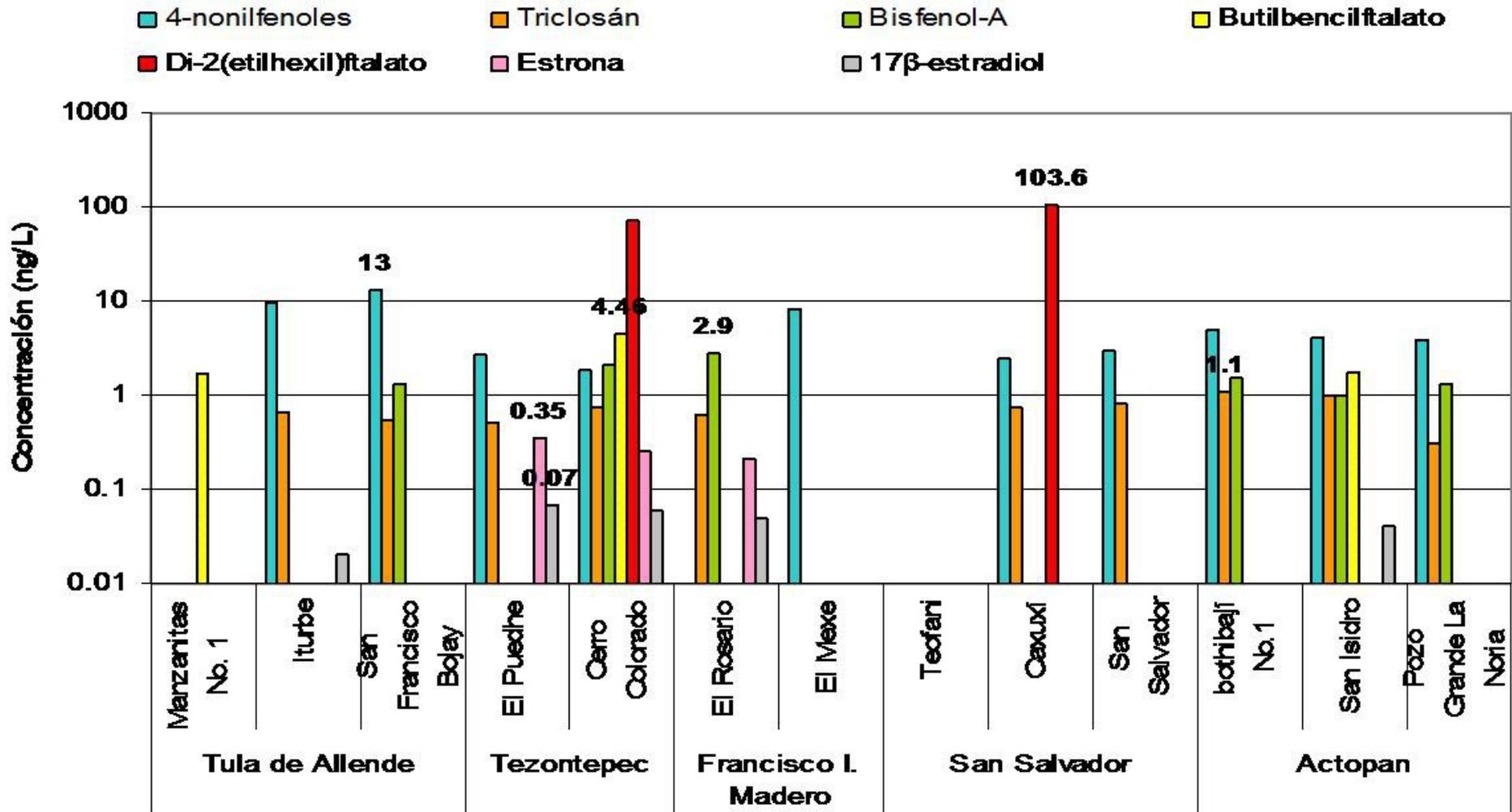
Fármacos en fuentes de abastecimiento



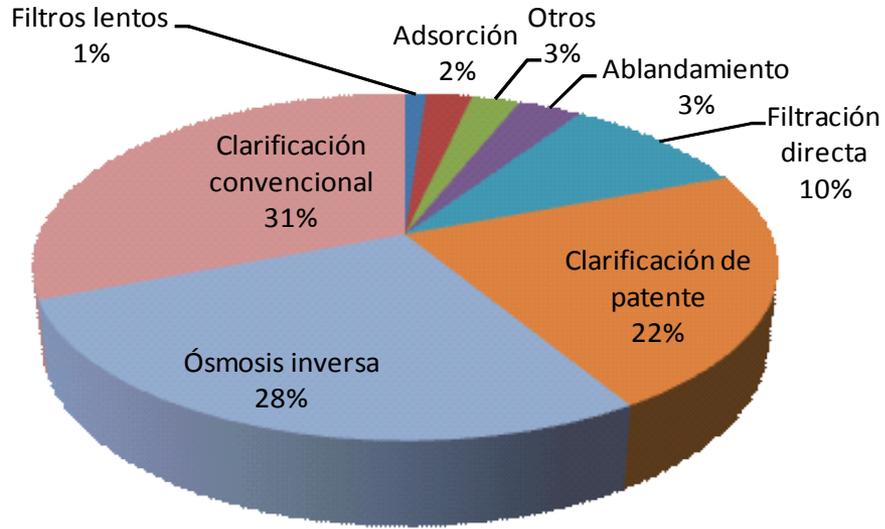
Disruptores endócrinos en agua residual



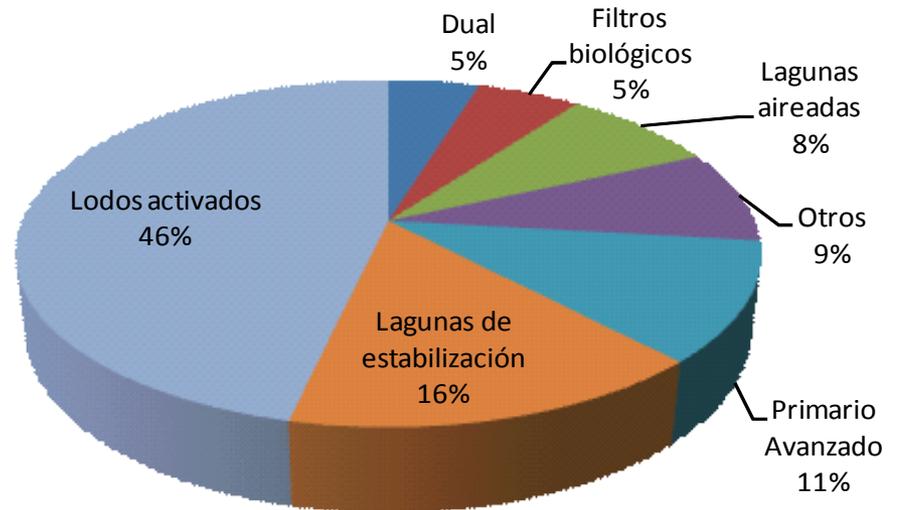
Disruptores endócrinos en fuentes de abastecimiento



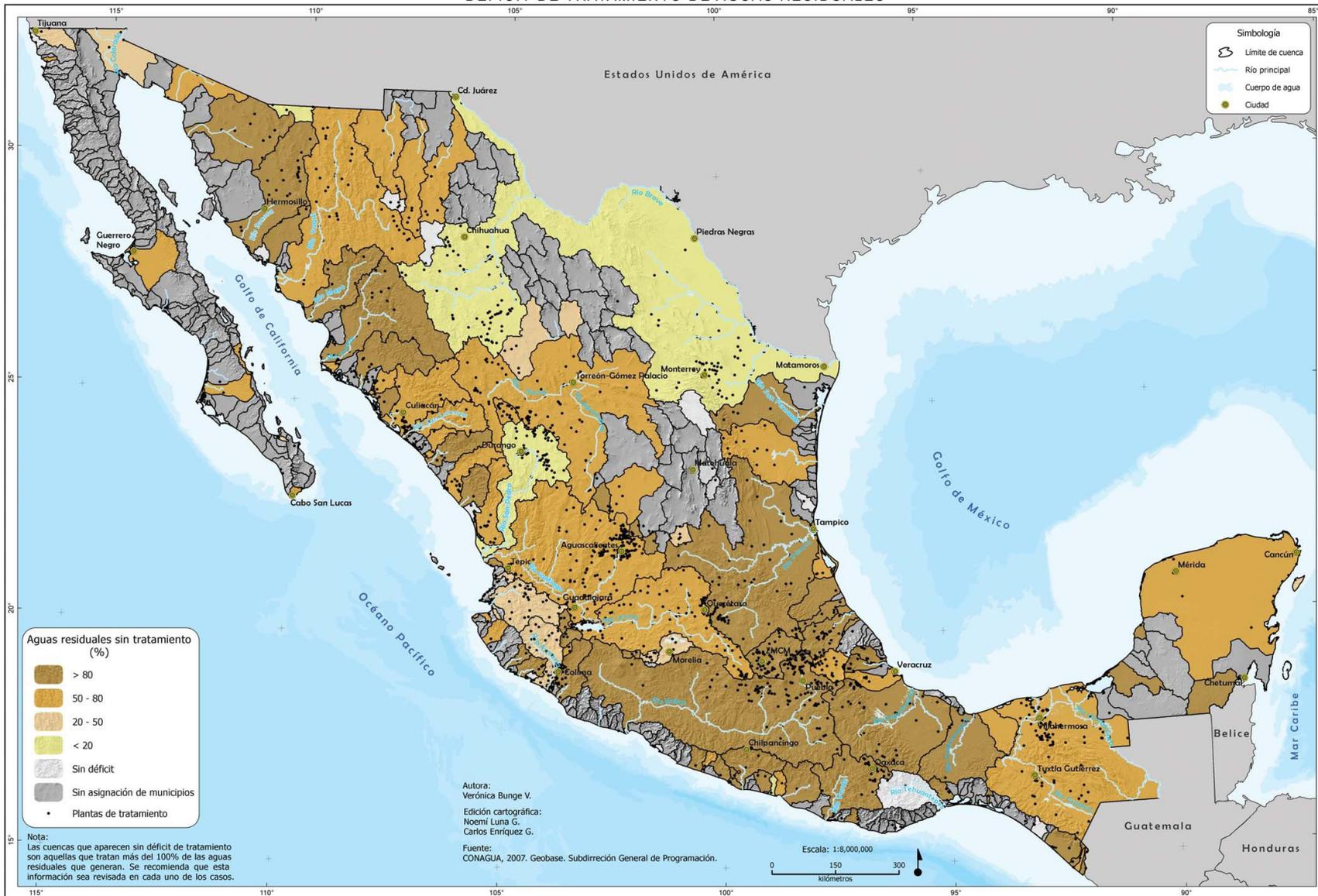
Potabilización



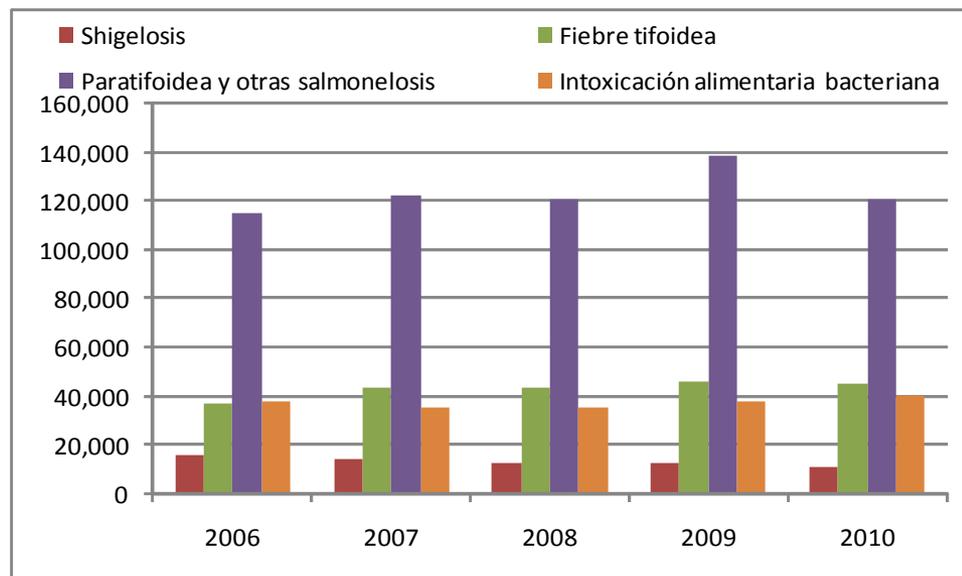
Tratamiento agua residual



DÉFICIT DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES



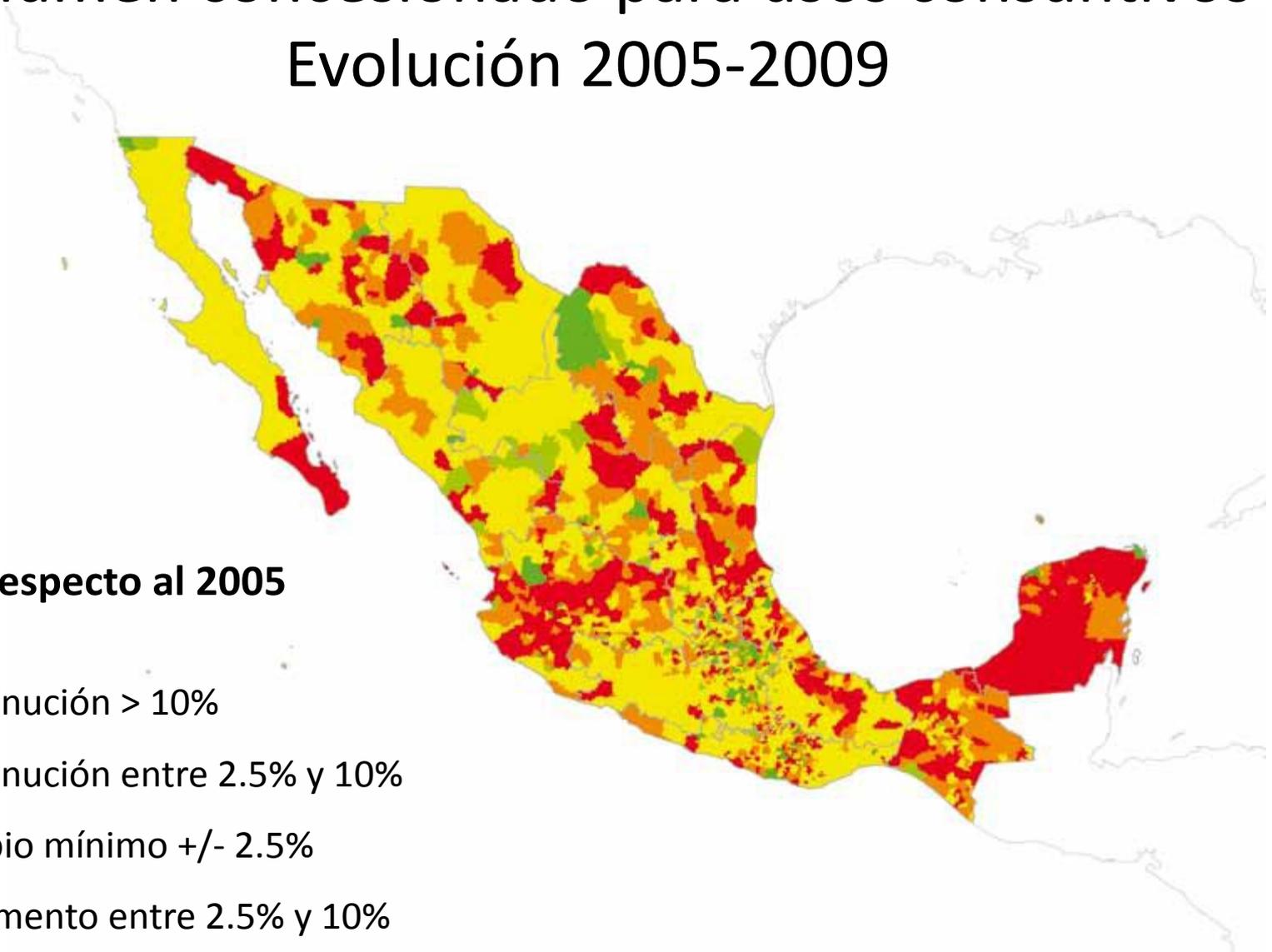
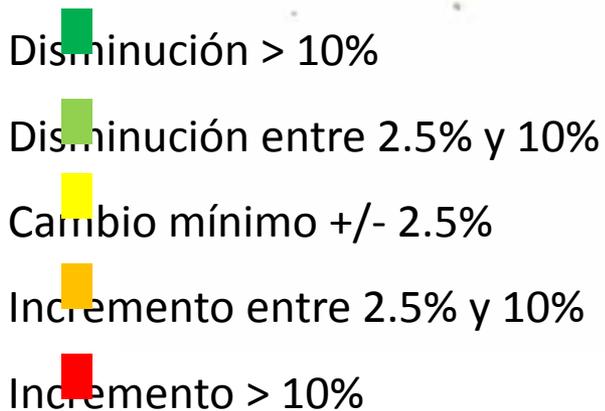
México: Casos registrados de enfermedades infecciosas del aparato digestivo 2006-2010

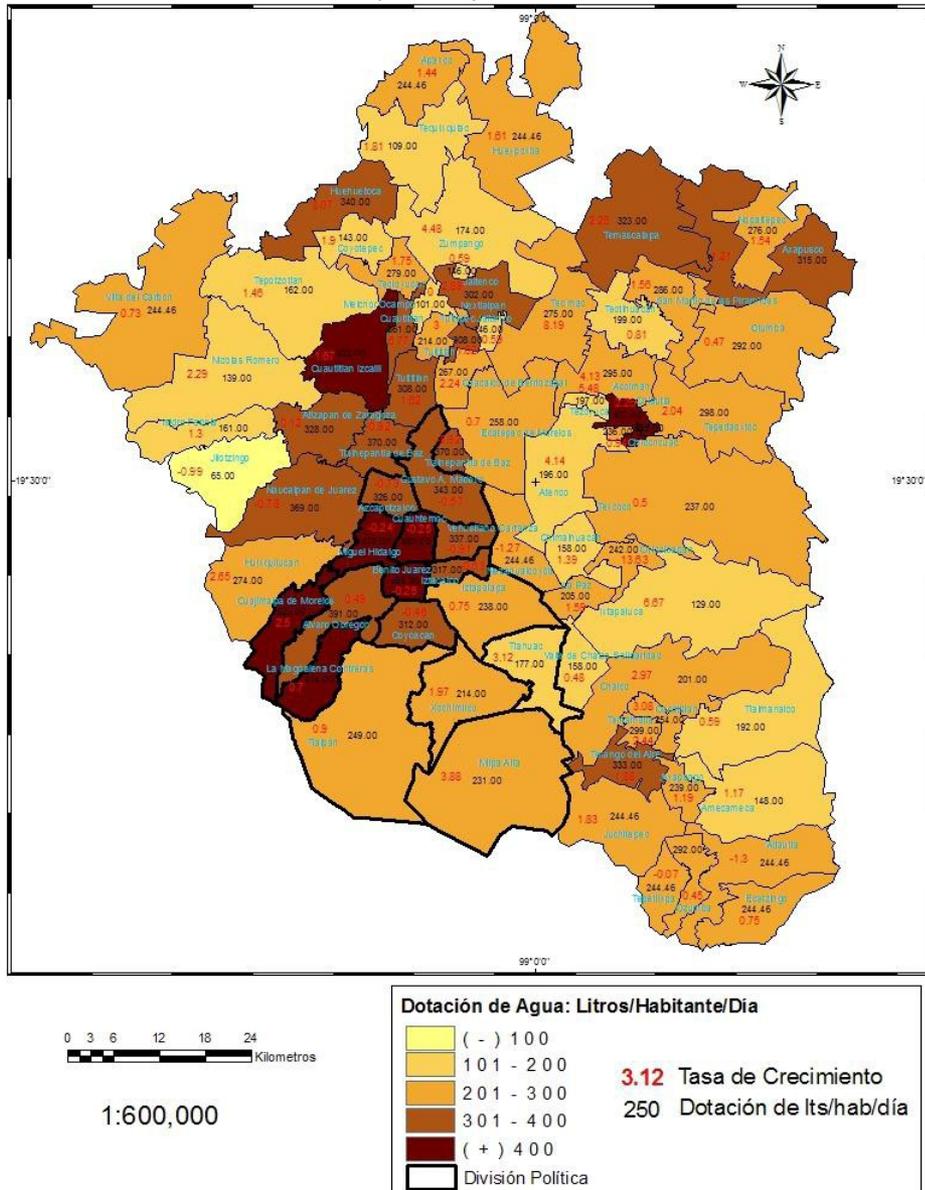


Volumen concesionado para usos consuntivos

Evolución 2005-2009

Cambio respecto al 2005

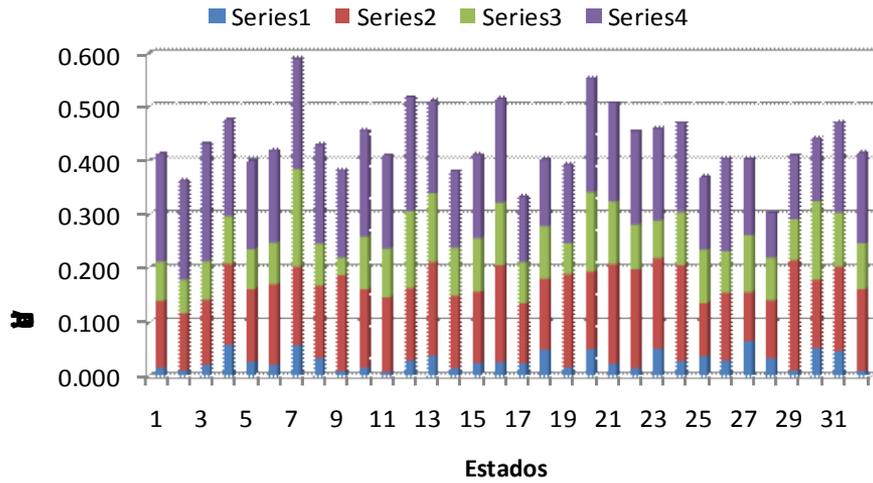




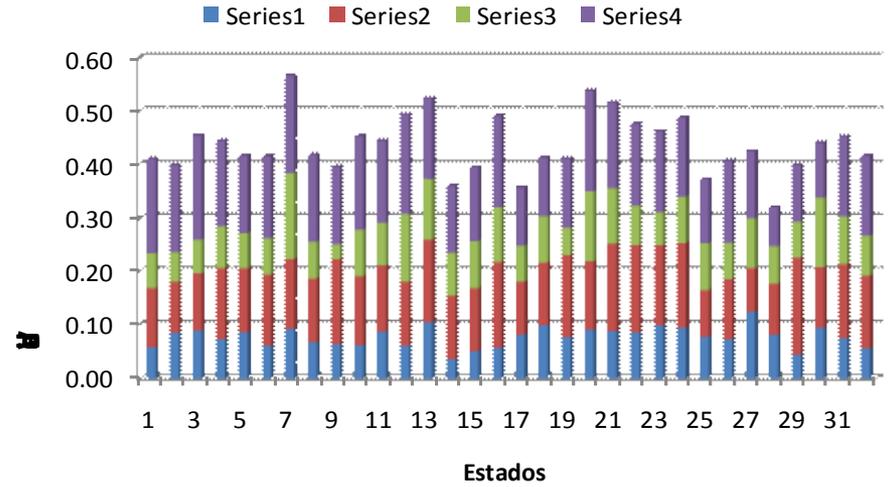
Por disminución en la precipitación, baja el almacenamiento en presas del sistema Cutzamala, y ocasiona la reducción del orden del 7% en el suministro de agua al DF (2012).

Implicará la disminución de 600 L/s al suministro, con recortes de forma aleatoria durante 2012, a las delegaciones Cuauhtémoc, Benito Juárez, Tlalpan, Iztapalapa y Coyoacán

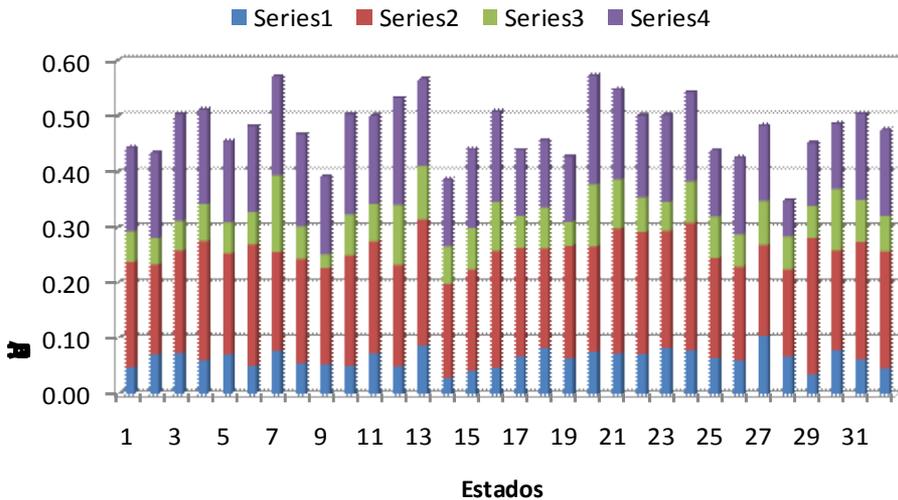
Indicadores Básicos



Básico + Riesgos meteorológicos



Básico + Riesgos + Estrés hídrico



Indicadores relacionados al Estrés hídrico con efectos en la calidad del agua	
% Agua subterránea abastecimiento Público	%
% Población abastecimiento de pozo, río, lago, arroyo u otra	%
% Superficie distritos de riego	%
Aproximación Grado de presión	%
DEFICIT subterráneo	hm ³

Consumo de agua embotellada 2000-2010

- Incrementó en 88%
- Consumo per cápita en México:
124 L/hab-año (2000) - 234 L/hab-año (2010)
- Volumen: 12,206,381 m³ - 25,364,713 m³
- Época de calor – incrementa hasta un 35%

Los estratos medio y bajo concentran el mayor número de consumidores de agua embotellada

(Encuesta Nacional de Ingreso Gasto en los Hogares, 2004)



gracias