

# ***EL MANEJO INTEGRAL del AGUA en el CENTRO de la SUSTENTABILIDAD y el DESARROLLO ECONÓMICO***

**MESA REDONDA**

***AGUA PARA LAS CIUDADES:  
RESPONDIENDO AL DESAFÍO URBANO***

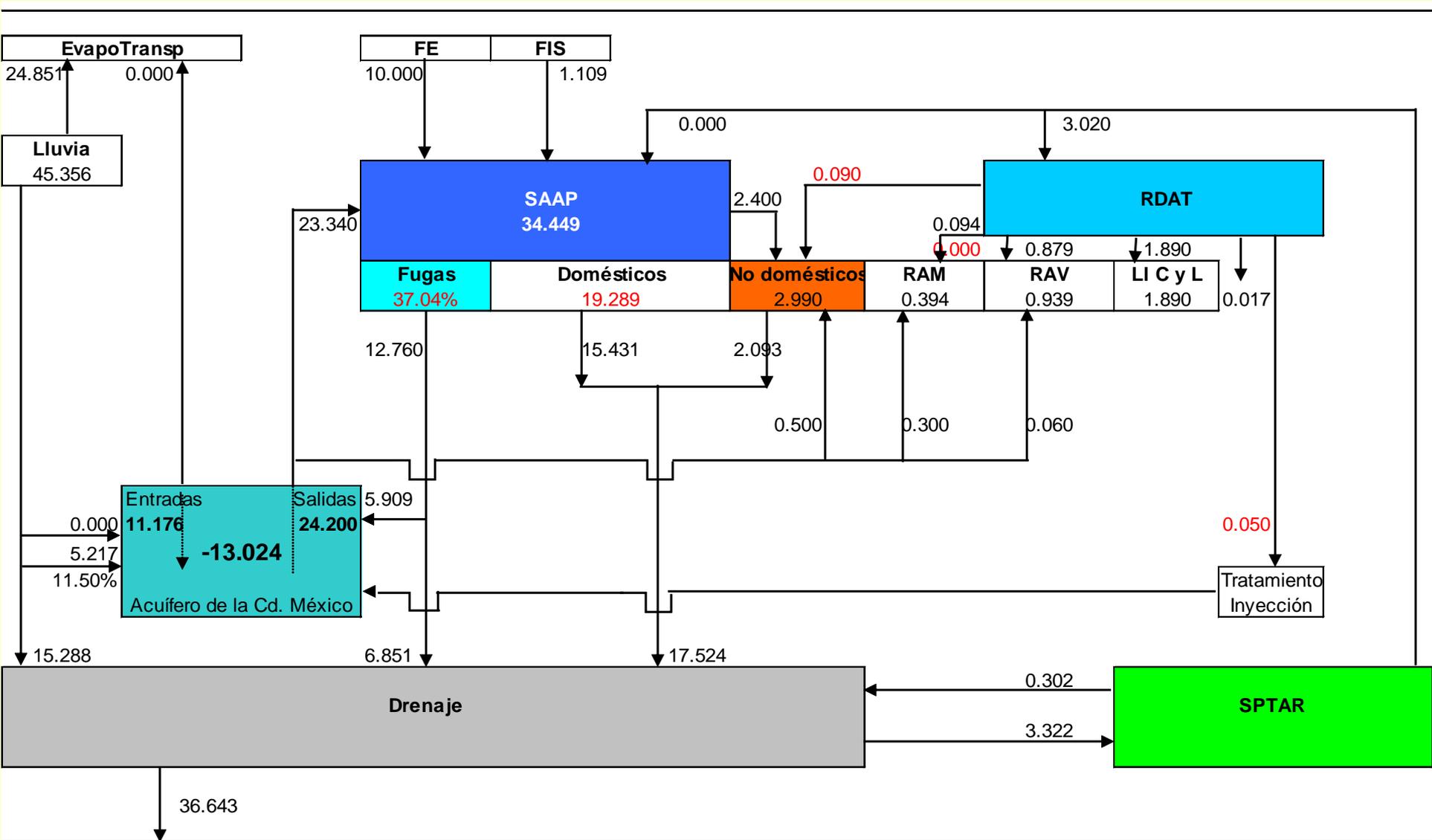
**30 marzo 2011**

**Oscar Monroy, UAM-Iztapalapa**

# Problemas relacionados con el agua

- La demanda de agua continuará incrementándose.
- La sobreexplotación del acuífero conduce a:
  - Subsistencia de la ciudad.
  - Contaminación del acuífero
- Inequitativa distribución del agua
- Las fuentes externas están siendo restringidas
- Problemas de salud en los distritos de riego del Valle del Mezquital

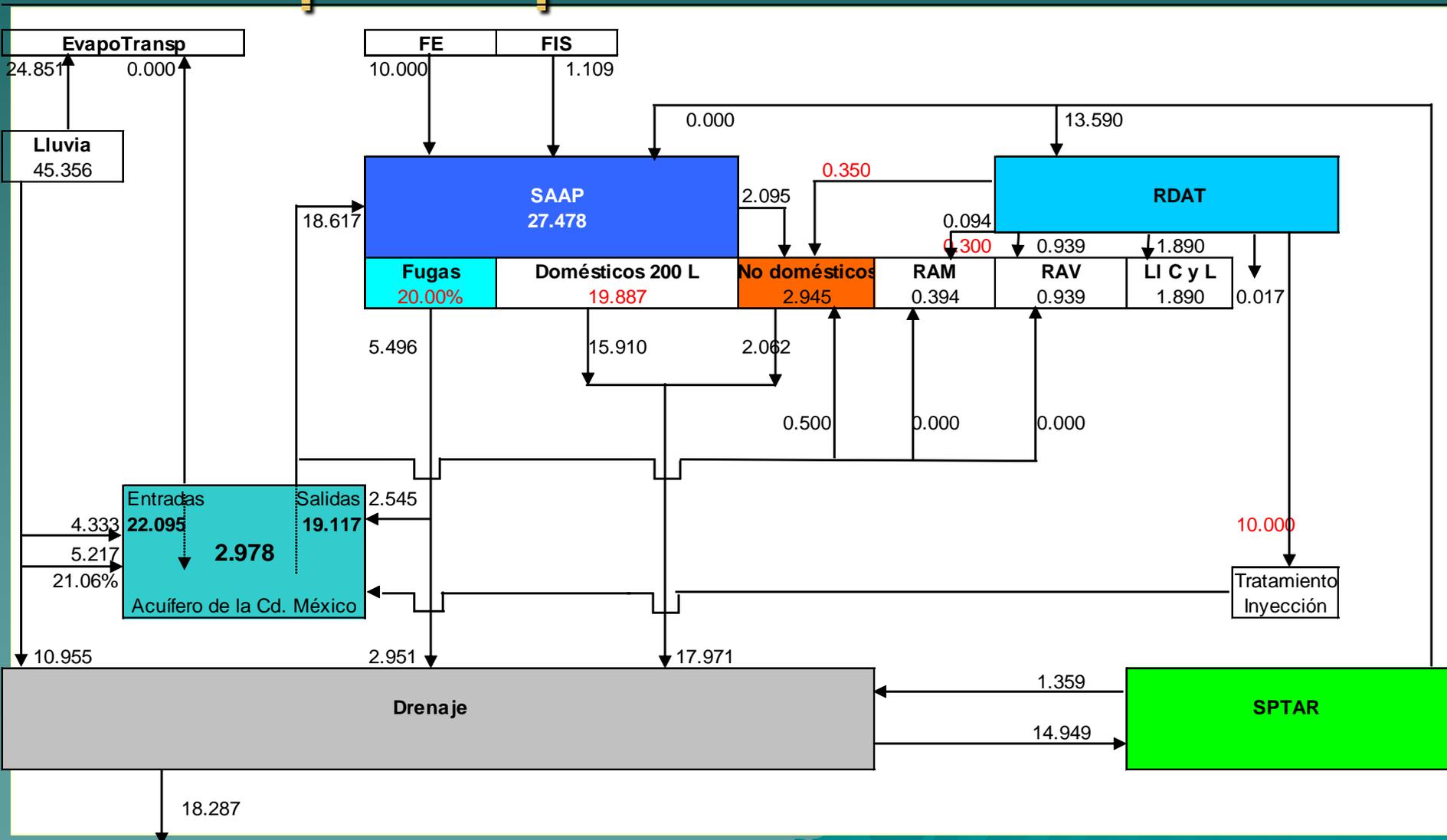
# Balance de agua en el D.F.



# Soluciones generales

- I. Aumentar la recarga del acuífero:
  1. natural (aumentar area de recarga natural)
  2. artificial (captura, tratamiento, inyección y almacenamiento)
- II. Reducir la extracción del acuífero
  1. pérdidas en la red de agua potable
  2. demanda industrial y doméstica (medición y cobro → uso eficiente, tratamiento y reuso)

# Balance de agua después de las principales acciones

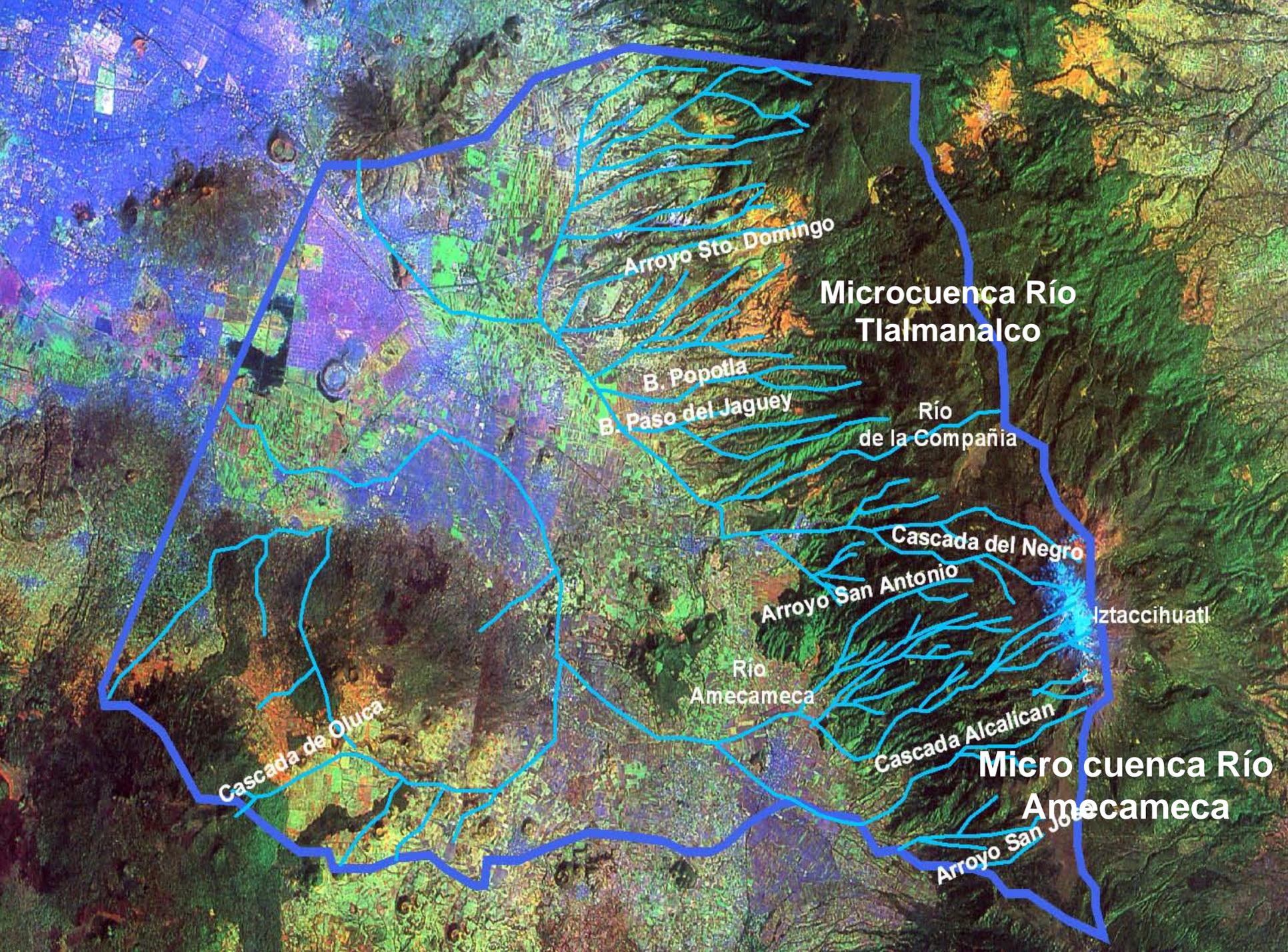


# I.1 Incremento recarga natural

Recuperación de los 45 ríos que alimentan el Valle de México

**Ejemplo: Ríos Amecameca y la Compañía que aportan 2.7 m<sup>3</sup>/s**

- Tratamiento AR para riego de agrícola sustituyendo el agua de pozo.
- Restituir a ejidos chinamperos el agua quitada hace 40 años
- Almacenamiento de agua de lluvia en Lago Tlahuac-Xico



**Microcuenca Río Tlalmanalco**

Arroyo Sto. Domingo

B. Popotla

B. Paso del Jaguey

Río de la Compañía

Cascada del Negro

Arroyo San Antonio

Río Amecameca

Cascada Alcalican

**Microcuenca Río Amecameca**

Arroyo San José

Cascada de Oluca

Iztaccihuatl

# LEY DE AGUAS NACIONALES

**Artículo 13** La CoN Agua establecerá Consejos de Cuenca (CC), órganos colegiados de integración mixta ... (para) formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica ... y la preservación de los recursos de la cuenca ... Los CC no están subordinados a la CoN Agua o a los organismos de cuenca. Los CC considerarán la pluralidad de intereses, demandas y necesidades en la cuenca o cuencas hidrológicas que correspondan.

**Artículo 13 Bis** Para el ejercicio de sus funciones , los CC se auxiliarán de las Comisiones de Cuenca (CosC) - con ámbito de acción a nivel de subcuencas , de los Comités de Cuenca (CotC) – con acción a nivel de microcuenca- y de los Comités Técnicos de Aguas del Subsuelo (CoTAS).

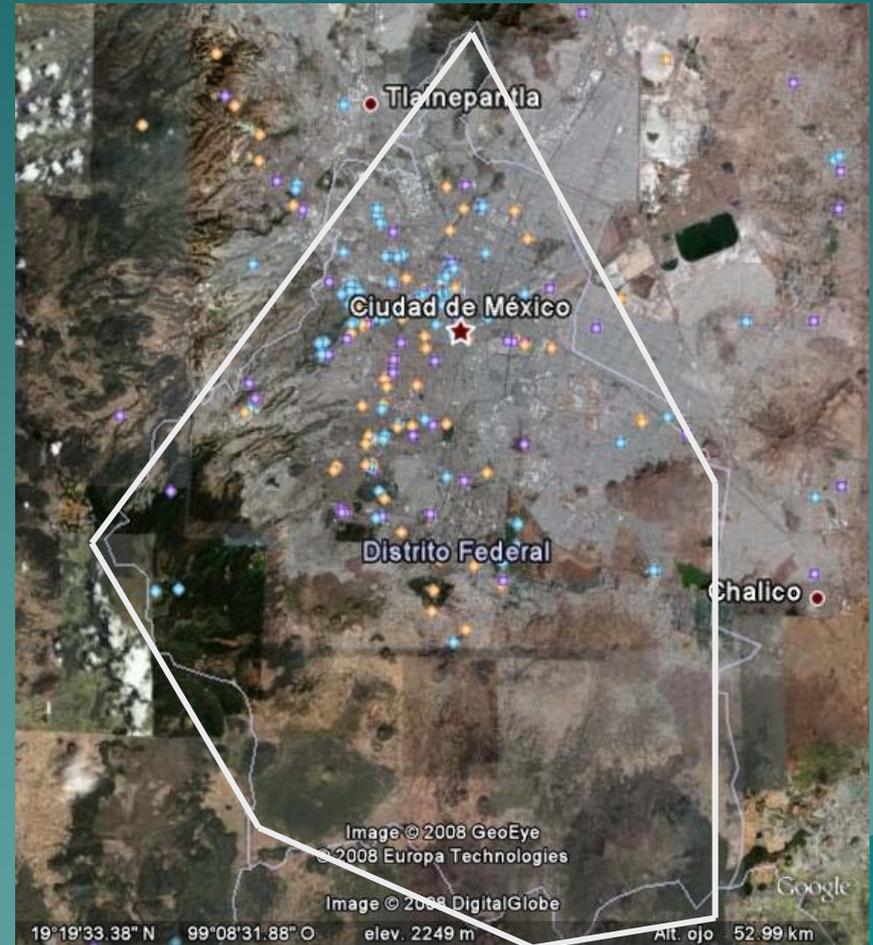
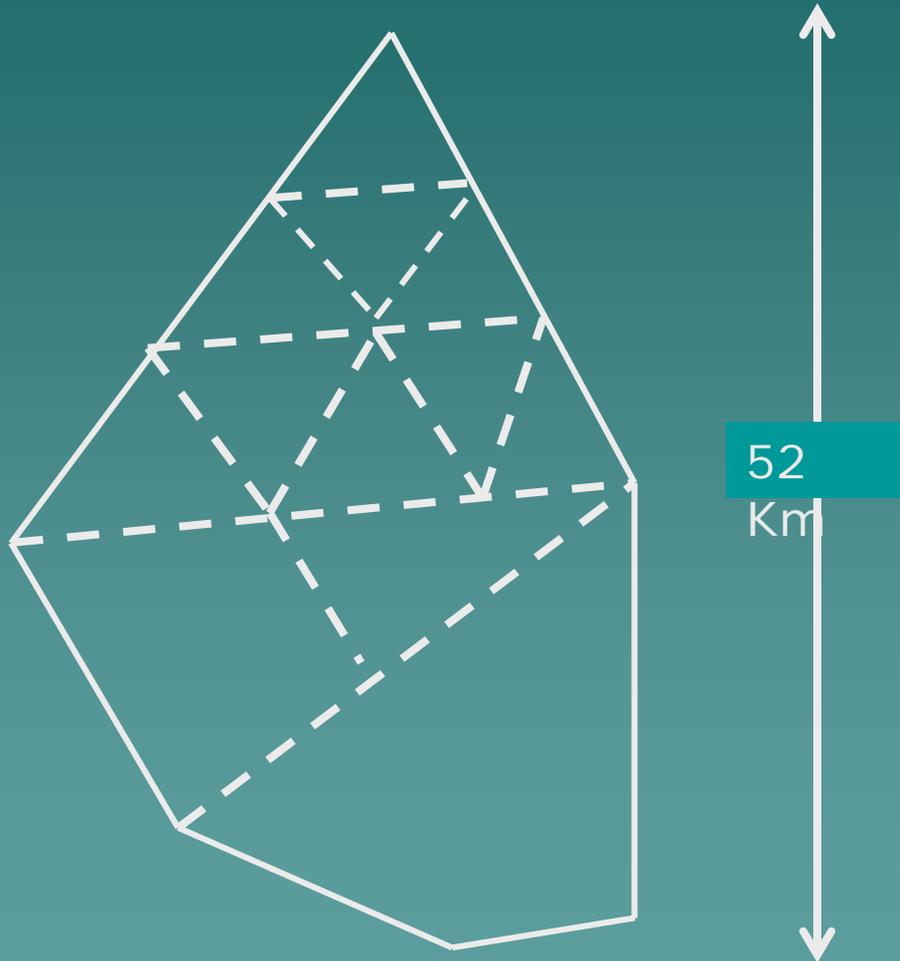
## 1.2 Recarga artificial

- ◆ Infiltrar  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  de AR y lluvia
  - para establecer un balance positivo en acuífero.
  - para evitar mayor hundimiento
- ◆ Tratamiento de los excedentes (a la salida de los tres emisores existentes) para riego tecnificado en Mezquital.

# Volúmenes requeridos de agua bajo diferentes métodos de riego en el Valle del Mezquital, Hgo.

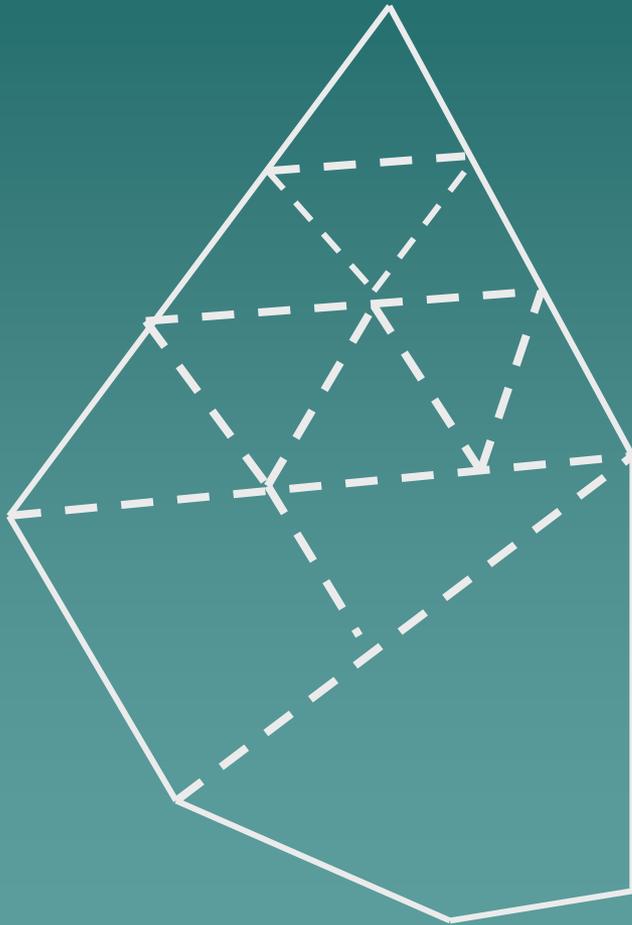
DISTRITO DE RIEGO	SUPERFICIE (ha)	METODOS DE RIEGO	VOLUMEN (hm3)	m3/s
03 TULA	48975	SURCOS Y MELGAS	1672.05	53.0203577
		ASPERSION, GOTEO, COMPUER	654.37	20.7499366
		EXCLUSIVAMENTE GOTEO	527.22	16.7180365
08 METZTITLAN	6464	SURCOS Y MELGAS	121.49	3.85242263
		ASPERSION, GOTEO, COMPUER	48.18	1.52777778
		EXCLUSIVAMENTE GOTEO	39.1	1.23985287
28 TULANCINGO	1125	SURCOS Y MELGAS	39.17	1.24207255
		ASPERSION, GOTEO, COMPUER	15.33	0.48611111
		EXCLUSIVAMENTE GOTEO	12.35	0.39161593
100 ALFAJAYUCAN	24529	SURCOS Y MELGAS	763.7	24.2167681
		ASPERSION, GOTEO, COMPUER	297.67	9.43905378
		EXCLUSIVAMENTE GOTEO	240.81	7.63603501
<b>TOTAL (ha)</b>	<b>81093</b>	SURCOS Y MELGAS		<b>82.331621</b>
		ASPERSION, GOTEO, COMPUERTAS		<b>32.2028792</b>
		EXCLUSIVAMENTE GOTEO		<b>25.9855403</b>

# Desconcentración de PTAR y CIRE



12 Mhab en aprox. 924 Km<sup>2</sup> → ≈ 13,000 hab/Km<sup>2</sup>

# Desconcentración de PTAR y CIRE

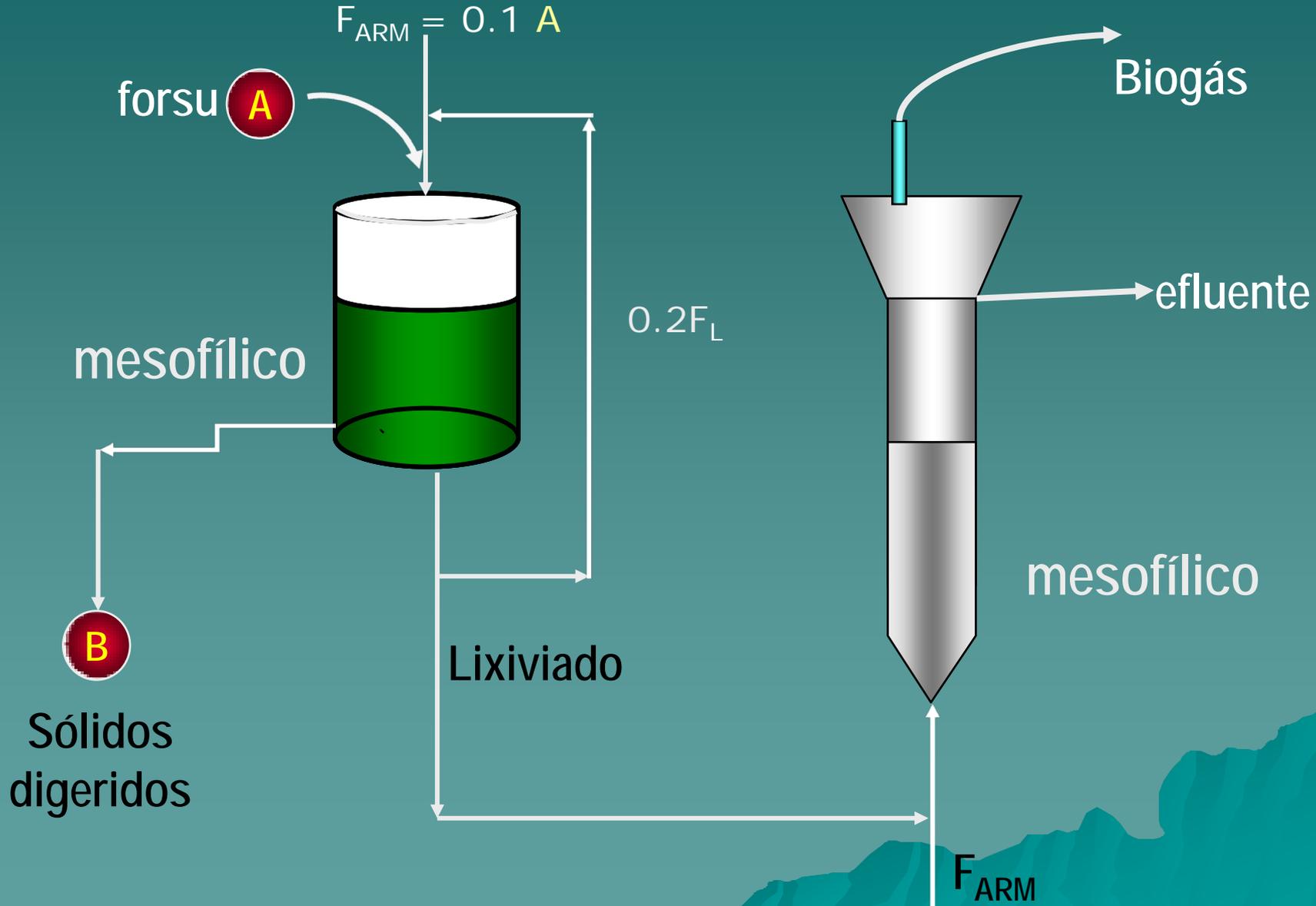


$$1 \text{ M hab} * 0.5 \text{ kg forsu/hab.d} = 500 \text{ T/d}$$

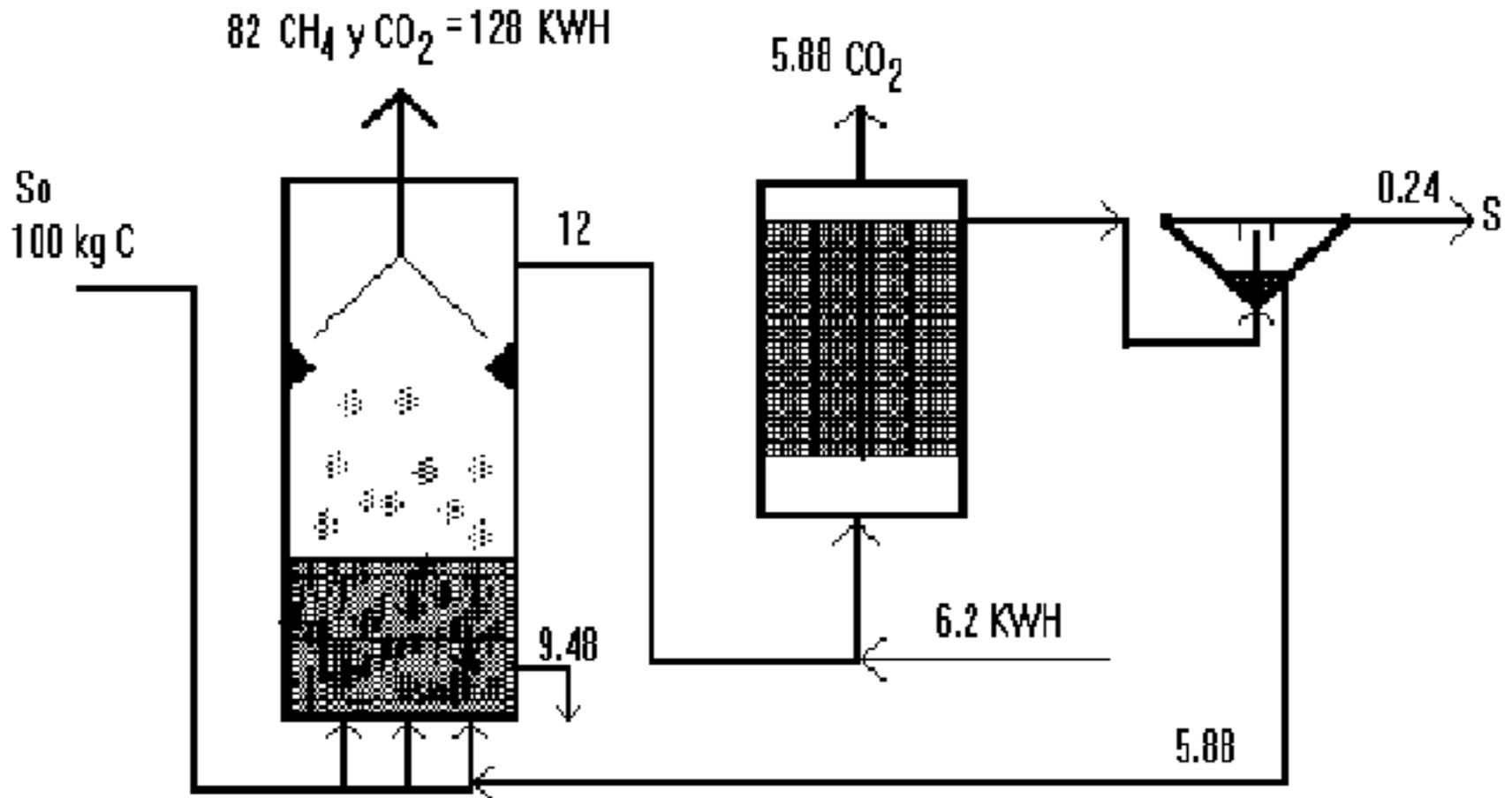
$$1 \text{ M hab} * 0.18 \text{ m}^3/\text{hab.d} = 2 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Para minimizar costos operativos
  - menos viajes
  - menos drenaje
- Reducir superficie utilizada
- Procesos sustentables ante.
  - Alto costo energía
  - Aumento poblacional
  - Cambio climático
- Ponerse en operación en etapas
  - En menos de 2 años la primera

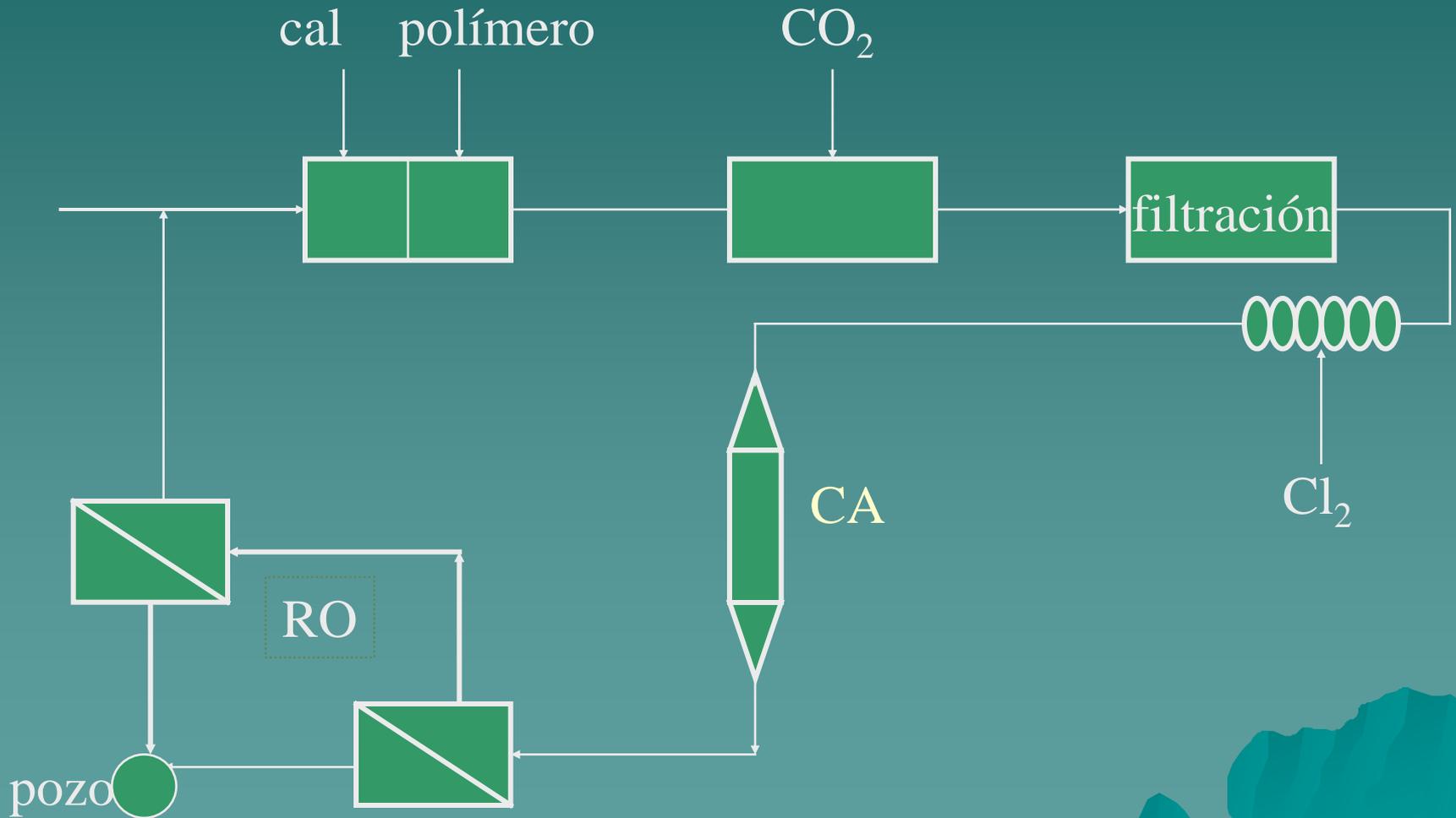
# Hidrólisis de *forsu* en reactor anaerobio de lecho escurrido



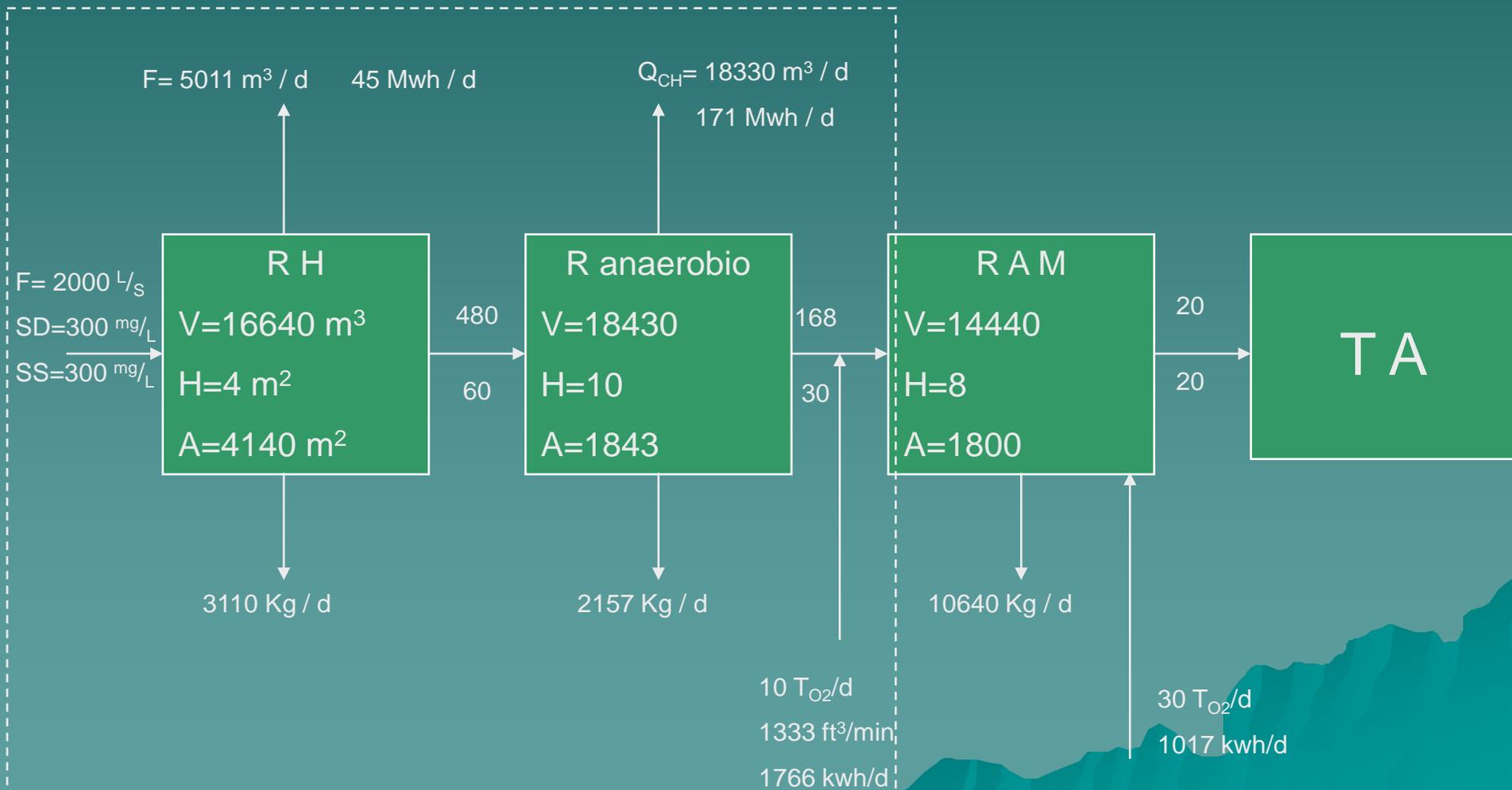
# Proceso sustentable: anaerobio - aerobio



# Tratamiento avanzado: ejemplo



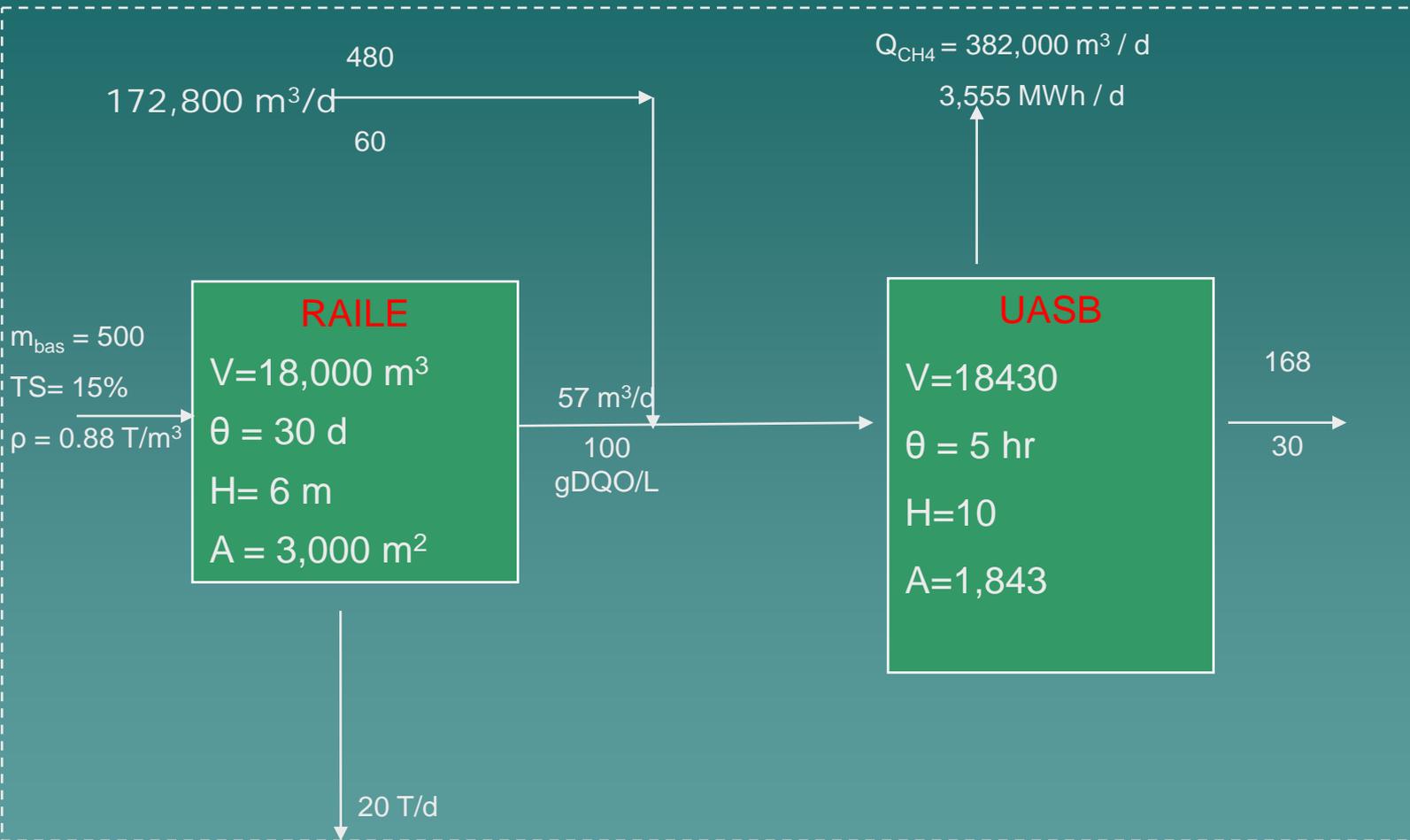
# Tratamiento biológico (2 m<sup>3</sup>/s)



# Hidrólisis de *forsu* en reactor anaerobio de lecho escurrido

- ◆ Reducción de sólidos: 45%
- ◆ Disminución de DQO: 95%
- ◆ Tiempo de retención de sólidos: 30 d

# Tratamiento *forsu* (500 T/d)



# 2 Infiltración agua de lluvia de calles



filtración,  
absorción e  
intercambio  
iónico

Ishijama, cerca del  
Lago Biwa, Japón.

# II. Reducción extracción acuífero

## 1. Reducción de pérdidas en la red

- ◆ A la sectorización de la red añadir:
  - Medidores de presión
  - Válvulas distribuidoras
  - Telemetría y control centralizado

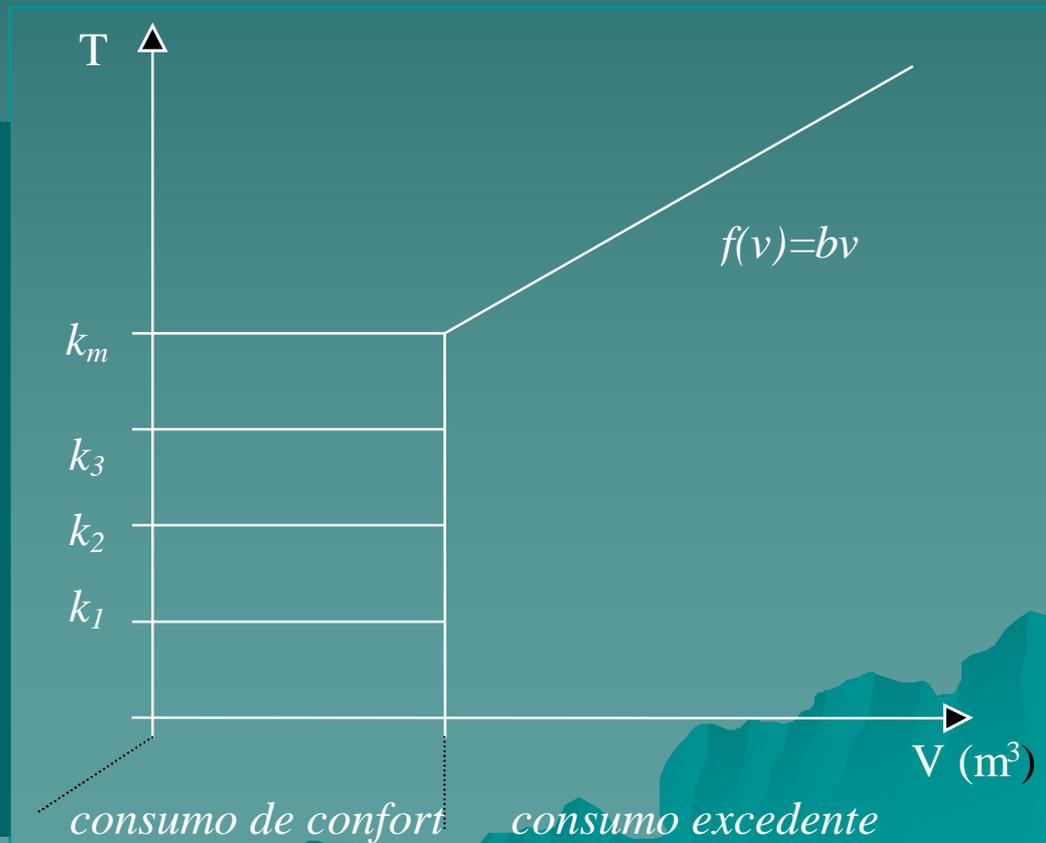
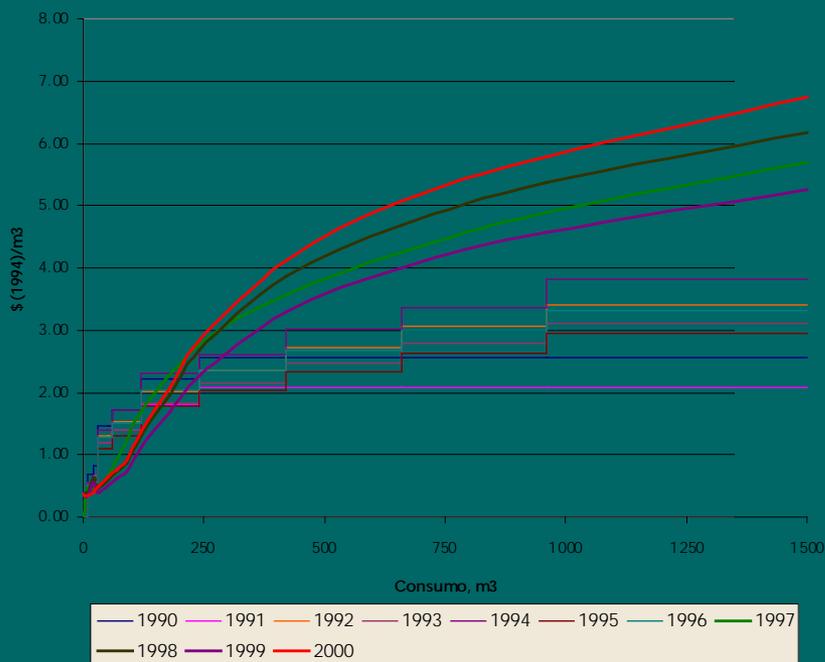
# II. Reducción extracción acuífero

## 2. Demanda industrial, doméstica y comercial

- ◆ Medición
- ◆ Tarifas domésticas, comerciales e industriales
- ◆ Tratamiento descentralizado de aguas residuales domésticas

# Tarifas para incentivar uso eficiente del agua y recuperación urbana de agua de lluvia

- Control de Tarifas para Consumo Doméstico
- Control de Tarifas para Consumo No Doméstico



# USOS DOMÉSTICOS DEL AGUA (conjuntos habitacionales)

FUENTE	México * (L/hab.d)	Europa ** (L/hab.d)
WC	20	11.4 (5)
Regadera	25	52.3
Lavamanos	13.2	5.3
Lavadora	20	17.2
Cocina	22.5	13.8
Lavado pisos	22	10
<b>TOTAL</b>	<b>122.7</b>	<b>110.00</b>

\* Ideal, SACM

\*\*G. Zeeman *et al*

# Balance del agua en vivienda de 50 m<sup>2</sup> y 5 personas(L/dia)

$$Q_{lluvia} = 126$$

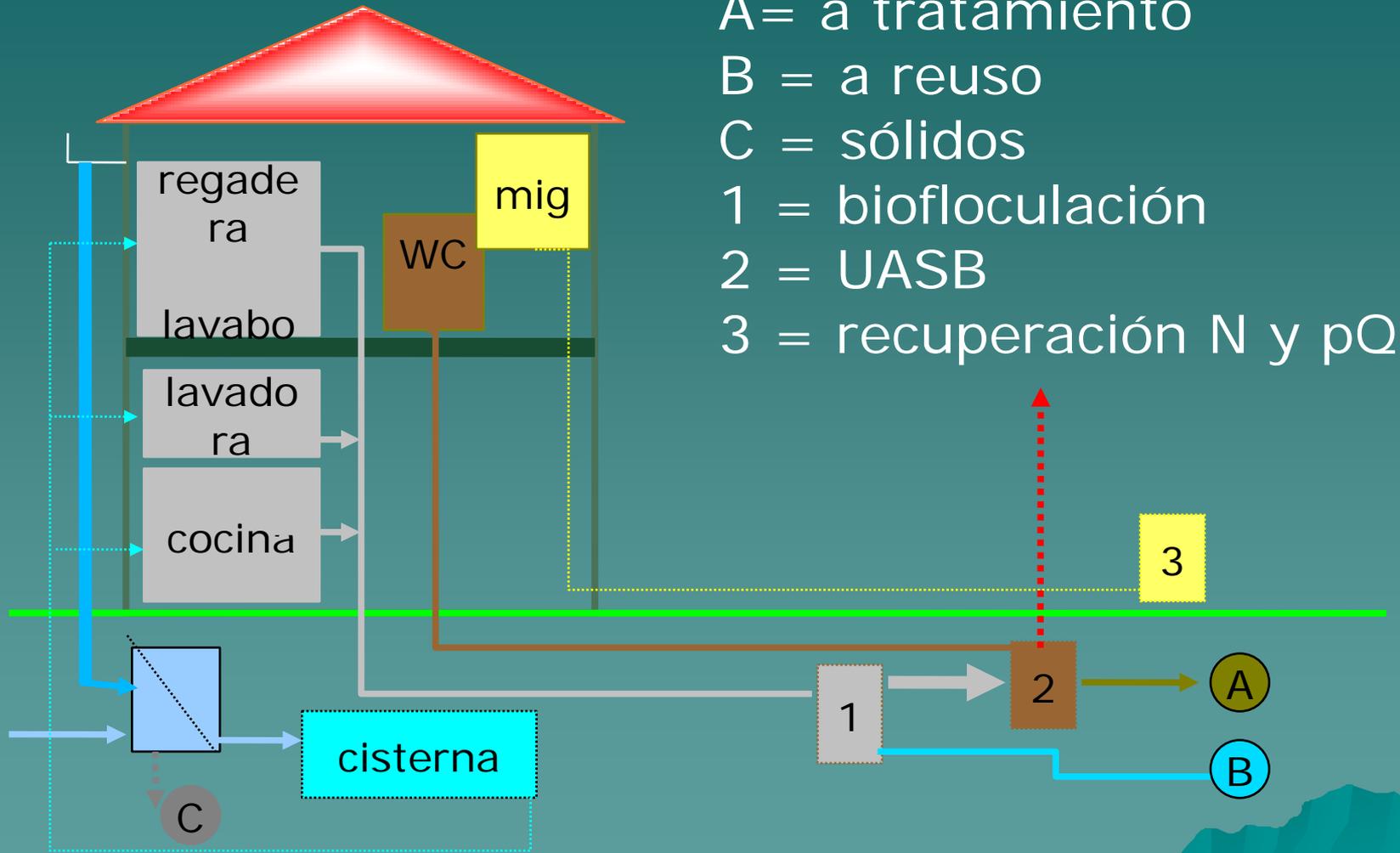


$$Q_{toma} = 374$$

$$Q_{drenaje\_WC} = 60$$

$$Q_{drenaje\_AG} = 390$$

# Separación en la fuente



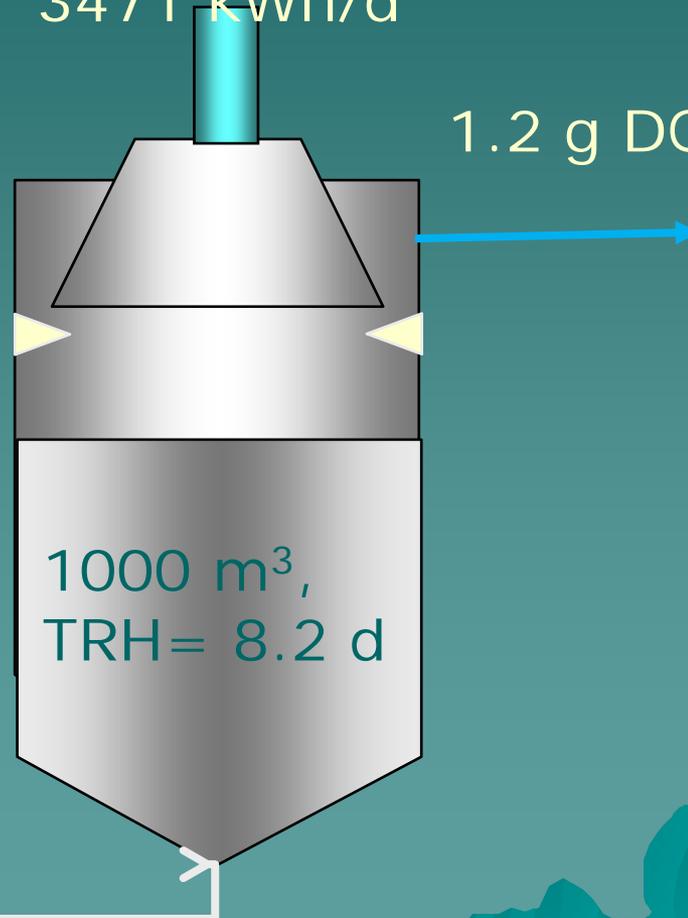
# Composición agua negra (5 L/hab.d)

Componente	Conc (g/L)
pH	8.8
DQO <sub>T</sub>	9
DQO <sub>SS</sub>	5.1
DQO <sub>col</sub>	1.3
DQO <sub>S</sub>	3.4
AGV	1.5
C_HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.2
N <sub>T</sub>	1.9
N_NH <sub>4</sub>	1.4
P <sub>T</sub>	0.22
P <sub>S</sub>	0.09
P_PO <sub>4</sub>	0.08

# Tratamiento de aguas negras con WC a vacío\*\* (5 L/hab.d)

373 m<sup>3</sup>/d, CH<sub>4</sub>  
3471 kWh/d

1.2 g DQO/L



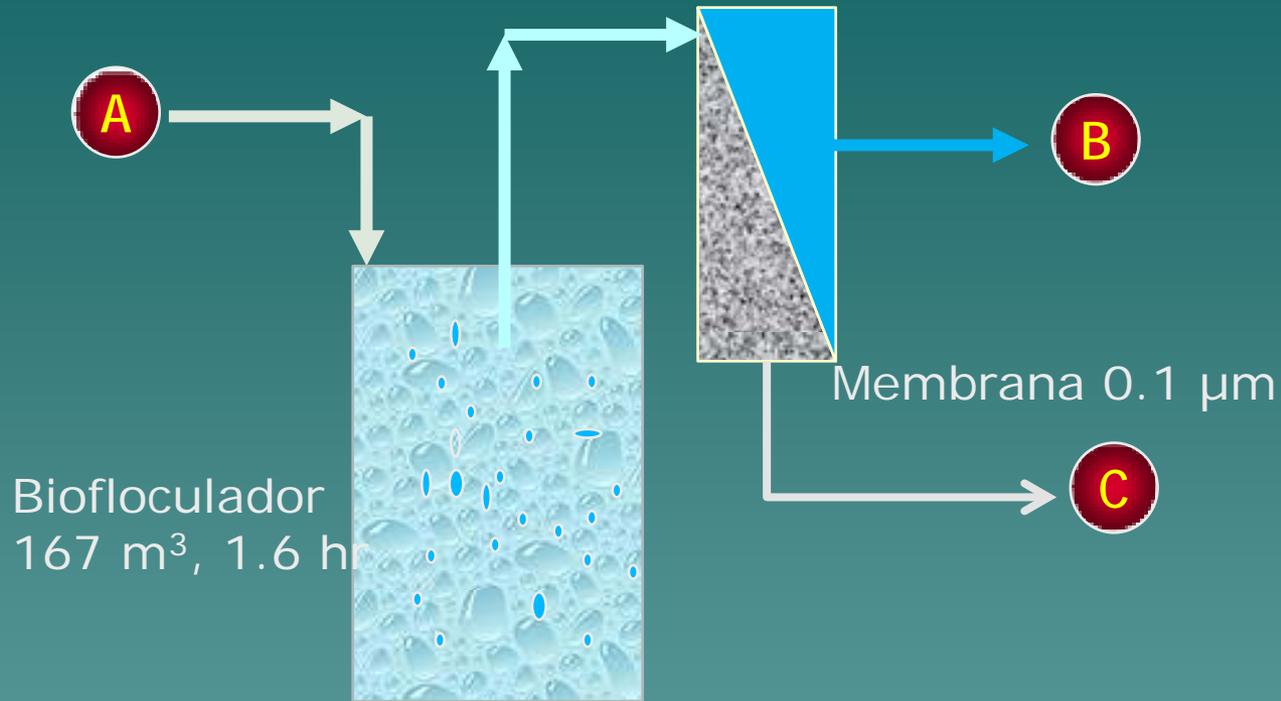
125 m<sup>3</sup>/d, 1.44 L/s

9.8 g DQO/L

# Composición del agua gris\* (100 L/h.d)

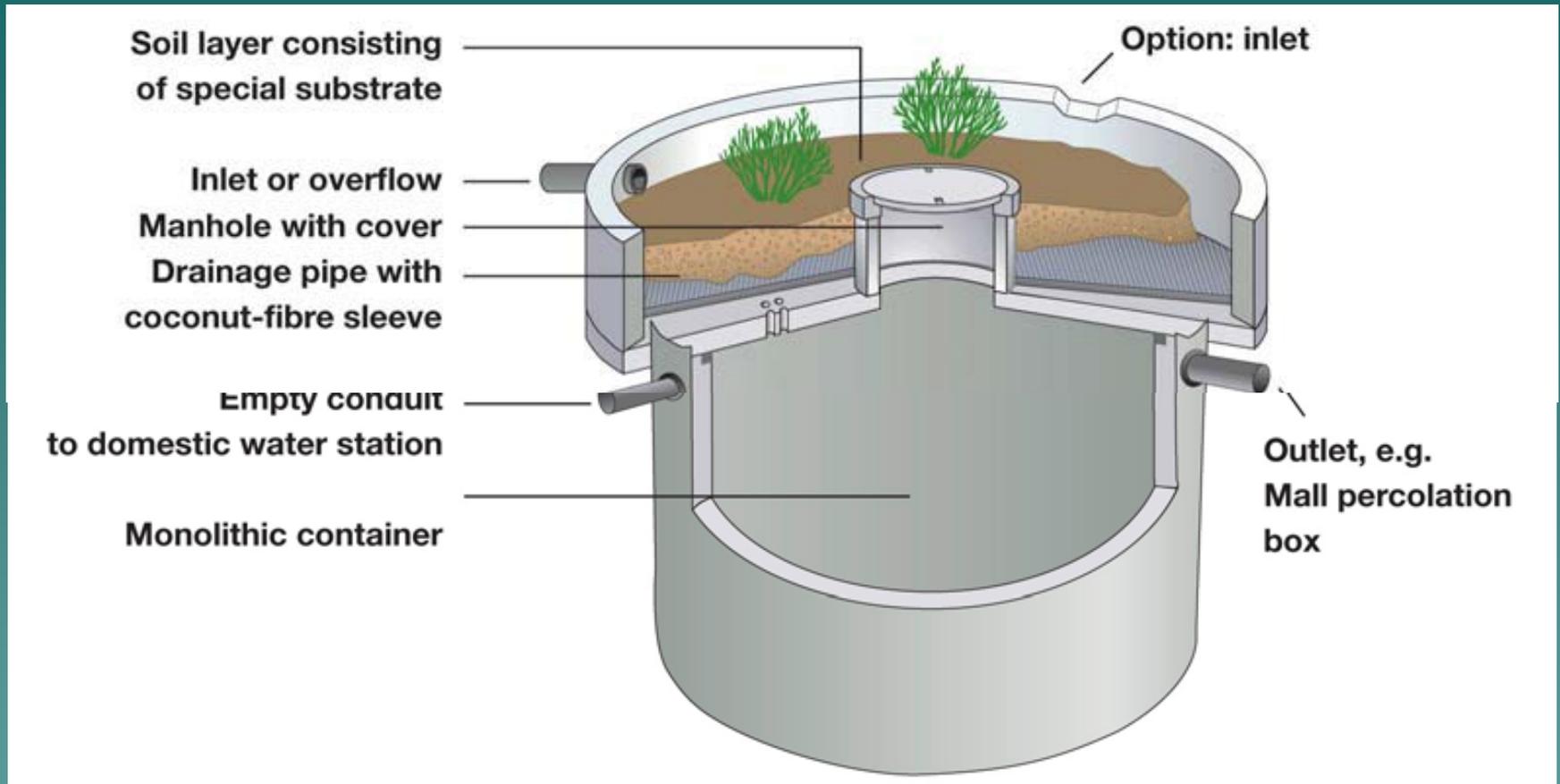
Componente	Conc (mg/L)
pH	8.4
DQO <sub>T</sub>	724
DQO <sub>SS</sub>	250
DQO <sub>col</sub>	180
DQO <sub>S</sub>	280
N <sub>T</sub>	26.3
N_NH <sub>4</sub>	2.7
P <sub>T</sub>	7.2
P_PO <sub>4</sub>	2.36
Det aniónicos	41.1
Det catiónicos	1.7
Det No -iónicos	11.3

# Tratamiento de aguas grises\*



- A** Agua gris (AG), 2500 m<sup>3</sup>/d
- B** Usos AGT, 2301 m<sup>3</sup>/d, 166 mg/L
- C** UASB de AN, 199 m<sup>3</sup>/d, 7.29 g/L

# Infiltración casera



Peter Wilderer, Pollution and purification of stormwater runoff (2009)

# ☰ Los sistemas de saneamiento descentralizado

- Ahorran hasta el 50% del agua doméstica
- Recuperan energía para usarse en las instalaciones
- Recuperan nutrientes útiles para agricultura
- Son fuente de empleo en unidades habitacionales
- Tratamiento de los microcontaminantes emergentes (cosméticos, medicamentos, etc.)

# Tecnologías de tratamiento

- ◆ Reactores anaerobios avanzados
  - Hidrólisis de lodos primarios y basura
  - EGSB
- ◆ Reactores aerobios avanzados
  - membrana
  - oxígeno puro
- ◆ Reactores anaerobios para lodos y basura orgánica
  - termofílicos-mesofílicos
- ◆ Composta de MO estabilizada

# ¿Cómo financiar este plan?

## Plan de CONAGUA 2007-2012

Desalojo de aguas	I (\$ 10 <sup>6</sup> )	Retención y aprovechamiento	I (\$10 <sup>6</sup> )
Emisor del Oriente	9,995	Fuentes de abastecimiento[1]	\$ 8,114
Plantas de bombeo[2]	1,870		
Túnel Río de Los Remedios	130		
Tratamiento aguas negras[3]	16,680		
<b>TOTAL</b>	<b>28,675</b>	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 8,114</b>
	<b>78 %</b>		<b>22 %</b>

# ¿Cómo financiar este plan?

## Manejo sustentable del agua

Desalojo de aguas	I (\$ 10 <sup>6</sup> )	Retención y aprovechamiento	I (\$ 10 <sup>6</sup> )
Plantas de Bombeo[1]	1,745	Fuentes de abastecimiento[2]	8,114
Túnel río de Los Remedios	130	Recarga Natural[3]	10,600
		Recarga Artificial[4]	5,060
		Fugas[5]	7,100
<b>TOTAL</b>	<b>1,875</b>	<b>TOTAL</b>	<b>30,874</b>
	<b>6 %</b>		<b>94 %</b>

# ¿Cómo financiar las PTAR?

- ◆ Considerar costos de bombeo si se quiere traer mas agua

	L km	h m	F m <sup>3</sup> /s	Eu kWh /m <sup>3</sup>	C <sub>b</sub> M\$mn/ a
Cutzamala-DF	150	1200	18.3	5	2,886
Desalojar DF	-	8	36.6	0.31	352
Cutzamala-DF	150	1200	6	5	946
Desalojar DF	-	8	6	0.31	59

Costos bombeo

4,243

# ¿Cómo financiar las PTAR?

## ◆ Manejo sustentable del agua

	L km	h m	F m <sup>3</sup> /s	Eu kWh/ m <sup>3</sup>	C <sub>x</sub> M\$mn/ a
Cutzamala-DF	150	1200	10.2	5	2,239*
Desalojar DF	-	8	17	0.31	166*
Tratamiento p/inyección			10	4.6	1,451 <sup>+</sup>
Trat p/riego			17	2	630 <sup>++</sup>

\*Costos electricidad por bombeo, +25% y ++6% amort,

4,486

# Conclusiones

- ◆ Participación pública en temas de agua
  - Ahorro en hogar y trabajo
  - Necesidad de reuso
  - Supervisión pública
- ◆ Generación industrias y empleo con diversas tecnologías
  - producción artefactos domésticos
  - colectores de agua de lluvia
  - empresas ingeniería
    - ◆ membranas,
    - ◆ generadores electricidad,
    - ◆ sanitaria,
    - ◆ instrumentación y control
    - ◆ riego avanzado en el V del Mezquital
  - mejores cosechas en Valle del Mezquital

# Conclusión nacional

- ◆ Basemos el desarrollo nacional por cuencas
- ◆ Evitemos el trasvase de cuencas pues estamos llegando a su límite.
  - El haber detenido el desarrollo agrícola de Chalco, Tláhuac y Xochimilco costó al país dos generaciones de subempleados
  - Evitemos el trasvase del Rio Sonora a Hermosillo
  - Evitemos el trasvase del Panuco a Monterrey
- ◆ Busquemos soluciones basadas en la tecnología y la participación pública.

# Referencias

- \*Lucia Hernández Leal, G Zeeman, H Temmink & CJN Buisman (2007) "Characterisation and biological treatment of greywater" *Water Sc. Technol.* 56,5,193-200
- \*\*MS de Graaff, G Zeeman, H Temmink & CJN Buisman (2010), *Water*, 2, doi:103390/W20x000x.
- \*\*\*G Zeeman, Kujawa K, de Mes T, Hernández L, de Graaff M, Abu Gummi L, Mels A, Meulman B, Temmink H , Buisman CJN, vgan Lier J, Lettinga G (2008) "Anaerobic treatment as a core technology for energy, nutrients and water recovery from source-separated domestic wastewater, " *Water Sc. Technol.* 57,8,1201-1214



Casa abierta al tiempo

# Referencias

- ◆ Gonzalez-Brambila M., Monroy O. & López-Isunza F. (2006) Experimental and theoretical study of membrane-attached biofilm reactor behavior under different modes of oxygen supply for the treatment of synthetic wastewater, *Chemical Engineering Science*, 61:5268-5281
- ◆ A. de Jesús-Rojas, F.J. Martínez-Valdez, R. I. Rodríguez-Pimentel, S. Rodríguez-Pérez, O. Monroy and F. Ramírez-Vives (2010) Two-phase anaerobic municipal solid wastes digestion. 12 Int Cong AD



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA *Iztapalapa*

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

The image features a solid teal background. In the bottom right corner, there is a stylized silhouette of a mountain range in a slightly darker shade of teal. The text "GRACIAS POR SU ATENCIÓN" is centered horizontally and rendered in a bold, yellow, sans-serif font with a subtle drop shadow.