# SEMINARIO EN SANEAMIENTO SUSTENTABLE

México D.F. 9 de octubre de 2007

# Contenido

- Presentación del concepto de Saneamiento Sustentable y tecnologías aplicables
- Ejemplos de aplicación en el contexto internacional
- Instrumentación de programas de saneamiento sustentable
- Aspectos sociales
- Ejemplos de proyectos de saneamiento sustentable en México
- Experiencias en el Estado de Morelos
- Propuestas para la implantación del saneamiento sustentable en México

# Presentación del concepto de Saneamiento Sustentable

Maria Eugenia de la Peña Ramos

# Crisis global del agua y saneamiento

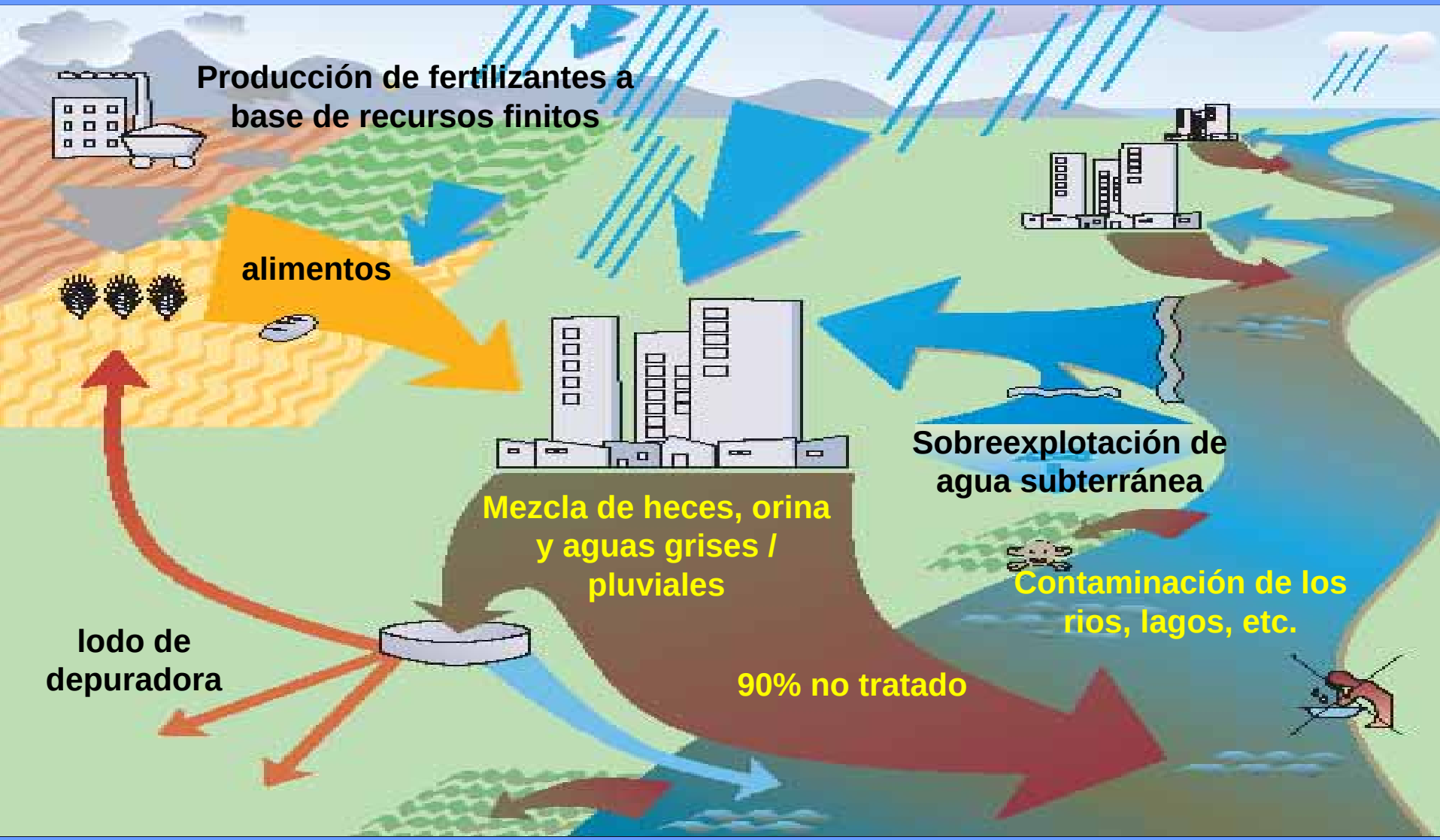
- 1 100 millones de personas sin acceso a agua potable
- 2  600 millones de personas sin instalaciones sanitarias apropiadas y sin sistemas para la disposición de aguas residuales
- Purificación insatisfactoria o descarga descontrolada de más del 90% de las aguas residuales en todo el mundo
- 75 % de las plantas de tratamiento en los países en desarrollo no funcionan o funcionan insuficientemente (fuente: Banco mundial)
- 80 % de las enfermedades y 25% de los muertos en países en desarrollo se deben a agua contaminada causando 2.2 millones muertos cada año (fuente: OMS)

# Situación del Agua y Saneamiento en México

- 10.4 millones de personas no cuentan con servicio de agua potable que representa el 10.4% de la población según el criterio de INEGI
- 14.1 millones de personas carecen del servicio de alcantarillado (el 14% de la población) según el criterio de INEGI
- Solo 74.4 $m^3/s$ de las aguas residuales son tratadas, lo que representa el 36.1% del agua residual generada.
- La disponibilidad per cápita en México ha disminuido considerablemente. Hoy es de 4416 $m^3$/hab/año.
- En 8 de las 13 Regiones Hidrológico-Administrativas se considera que hay un fuerte grado de presión sobre el recurso hídrico.

Tradicionalmente, el enfoque internacional había sido en abastecer de agua potable a aquellos que no lo tenían, sin atender las cuestiones de higiene y saneamiento, lo que condujo a resultados contraproducentes.

# Desventajas de los sistemas convencionales



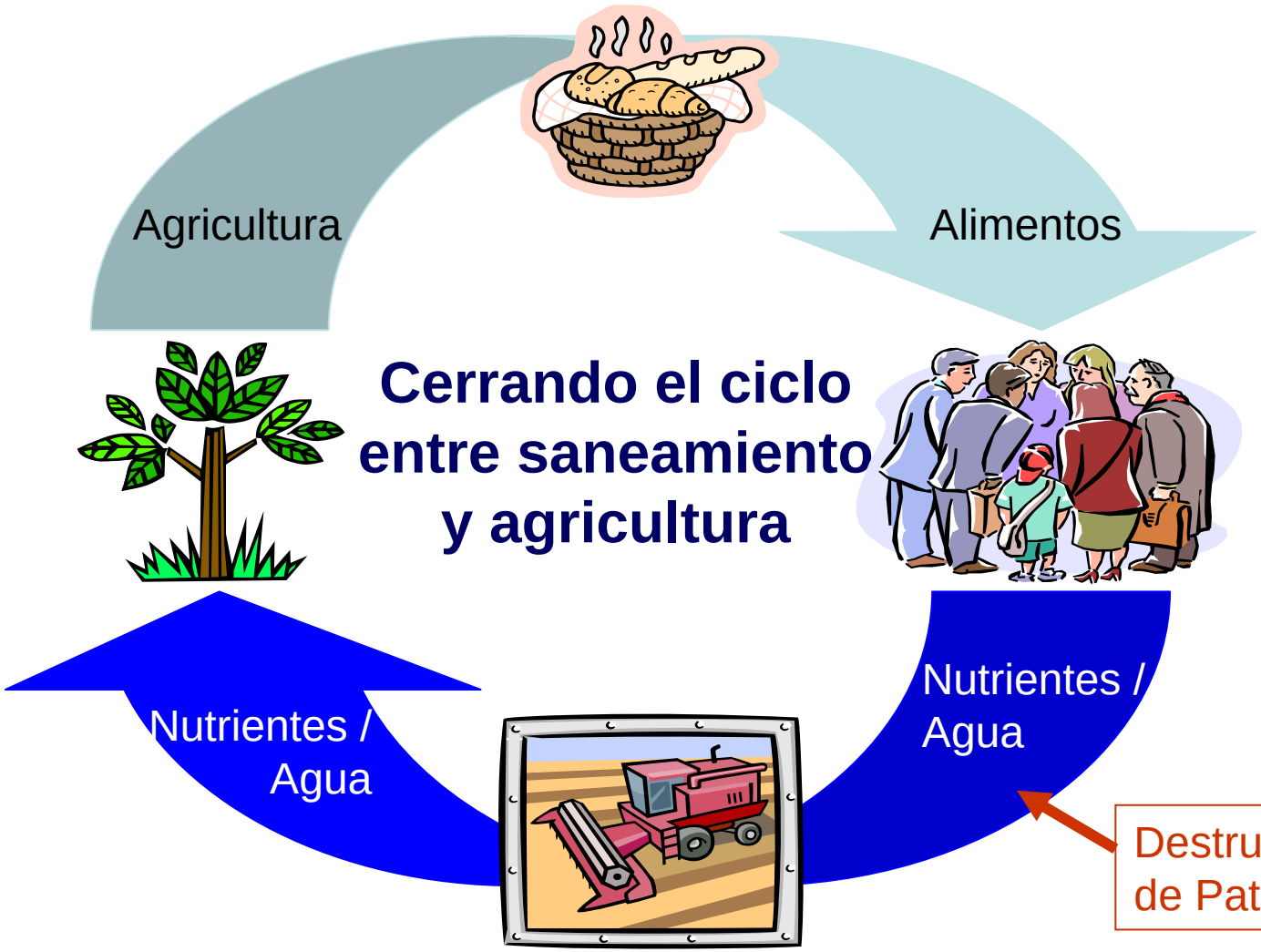
# Conceptos y estrategias del saneamiento sustentable

**saneamiento sustentable…**

- … **no es una tecnología especial sino un nuevo enfoque** que está basado en una visión integral de los ciclos naturales de materiales
- … considera el agua residual y los excrementos como recursos y no como residuos
- … usa los principios básicos de la naturaleza en cerrar los ciclos de agua y nutrientes utilizando tecnologías modernas y seguras
- … da la oportunidad de escoger entre más opciones de sistemas de saneamiento

Es un sistema que protege y promueve la salud humana, no contribuye a la degradación del medio ambiente o agotamiento de los recursos naturales, es técnicamente e institucionalmente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable.

# El principio del “ciclo cerrado“



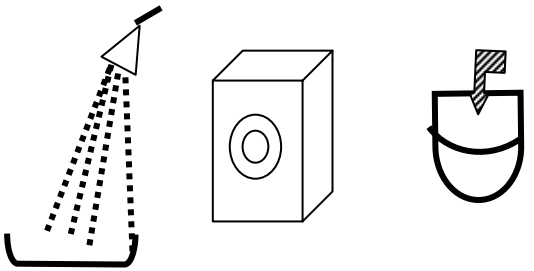

©gtz, 2006

# Tipo de flujos de agua

**Agua amarilla (orina)**

**Agua café (heces + agua)**

**Agua negra (de los santiarios)**



**Agua gris**

**Agua residual doméstica**

**Agua blanca (agua de lluvia)**

# Ventajas del saneamiento sustentable

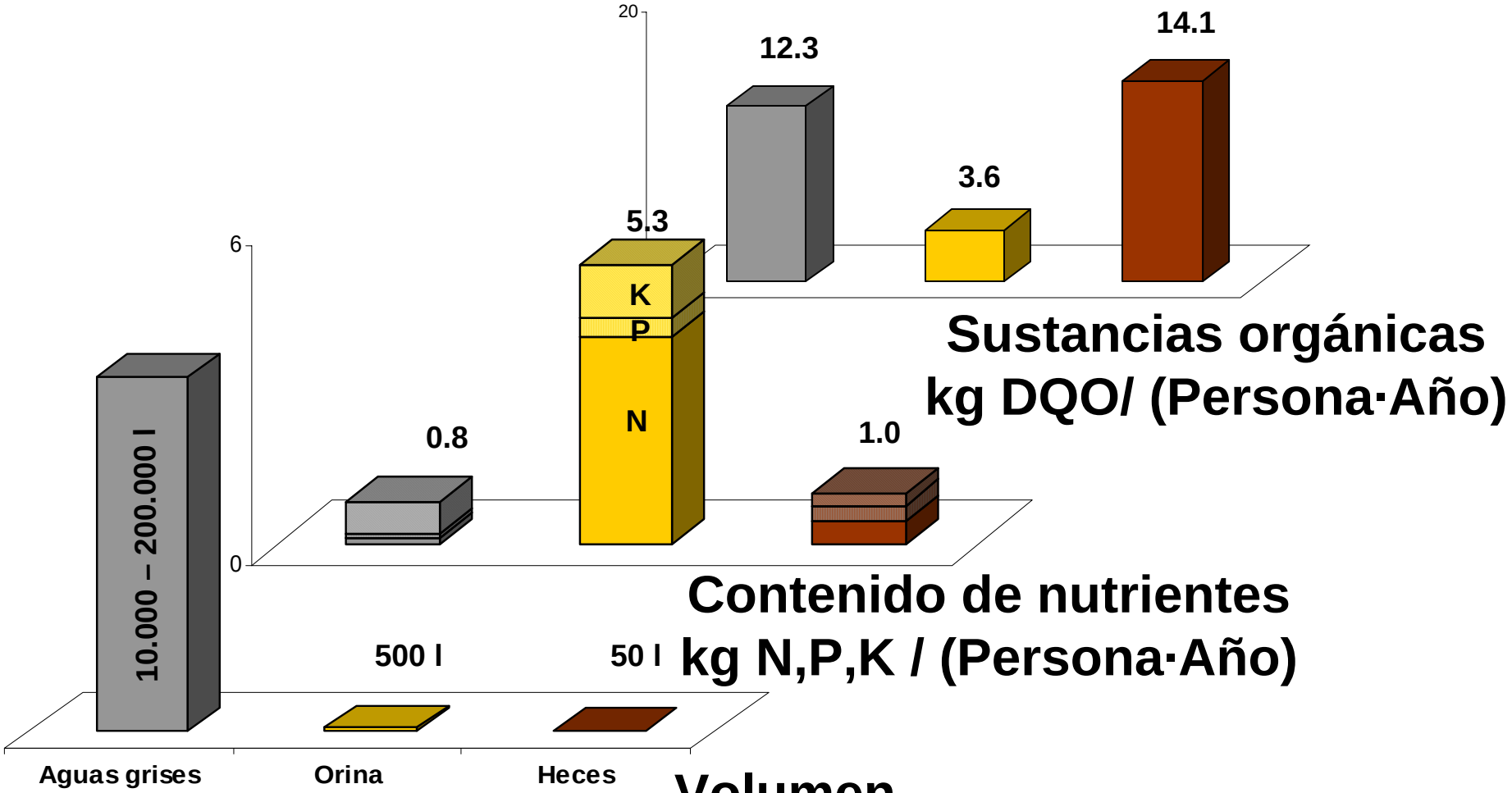
CONAGUA

Instituto Nacional de Ecología

SARAR

gtz

# Composición de las aguas residuales

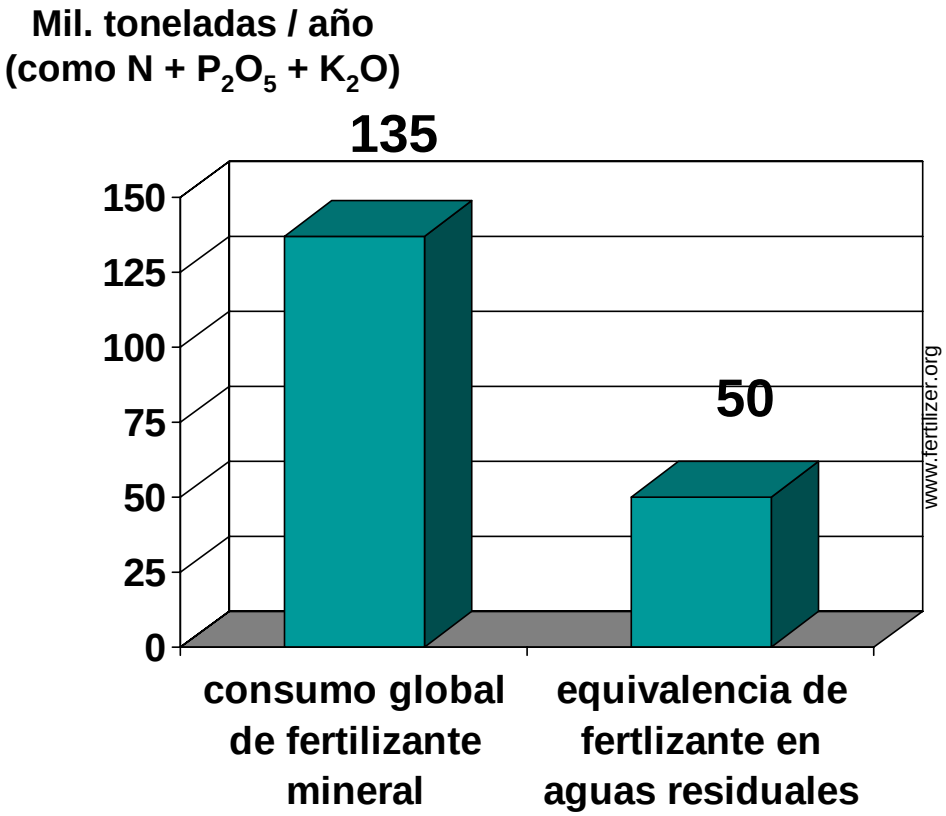



**Sustancias orgánicas**
**kg DQO/ (Persona·Año)**

**Contenido de nutrientes**
**kg N,P,K / (Persona·Año)**

**Volumen**
**Litros / (Persona·Año)**

# Potencial para fertilizar



= estos tienen un valor mercantil de aprox. 15 mil millones de dólares

# Ventajas del saneamiento sustentable

- Mayor higiene y saneamiento seguro
- Protección del medio ambiente y menos uso de agua

source: Johannes Heeb

source: www.virtualmuseum.ca

# Ventajas del saneamiento sustentable

- Producción de un fertilizante alternativo

source: Vinnerås, 2003

heces + orina | orina | ninguno

- Mejor calidad de los suelos

source: Petter Jenssen

despúes de una semana sin agua

# Ventajas del saneamiento sustentable

- recuperación de energía con biogás
- reducción de energía en la producción de fertilizantes y tratamiento de aguas

source: Petter Jenssen

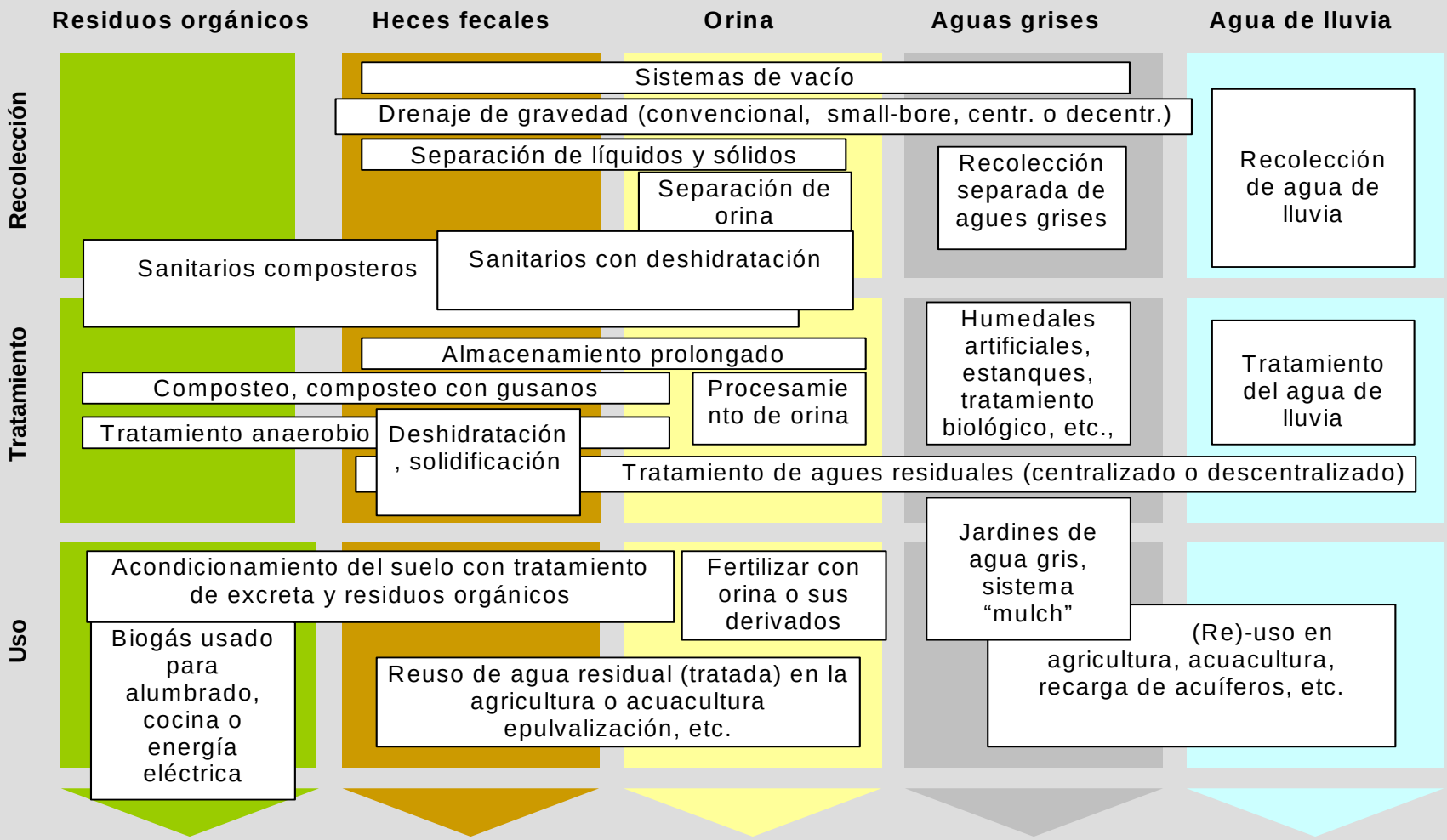
- reuso de agua en la agricultura

# Apoyando el manejo integral del agua

# Tecnologías aplicables

Maria Eugenia de la Peña Ramos

# Panorama de tecnologías aplicables



# Separación de orina

China

Anfora, México

Las Filipinas

Dubletten, Suecia

Mali

Shital, India

Roediger, Alemania

CONAGUA

Instituto Nacional de Ecología

SARAR

gtz

# Mingitorios sin uso de agua

**Mon Museum, Suecia**

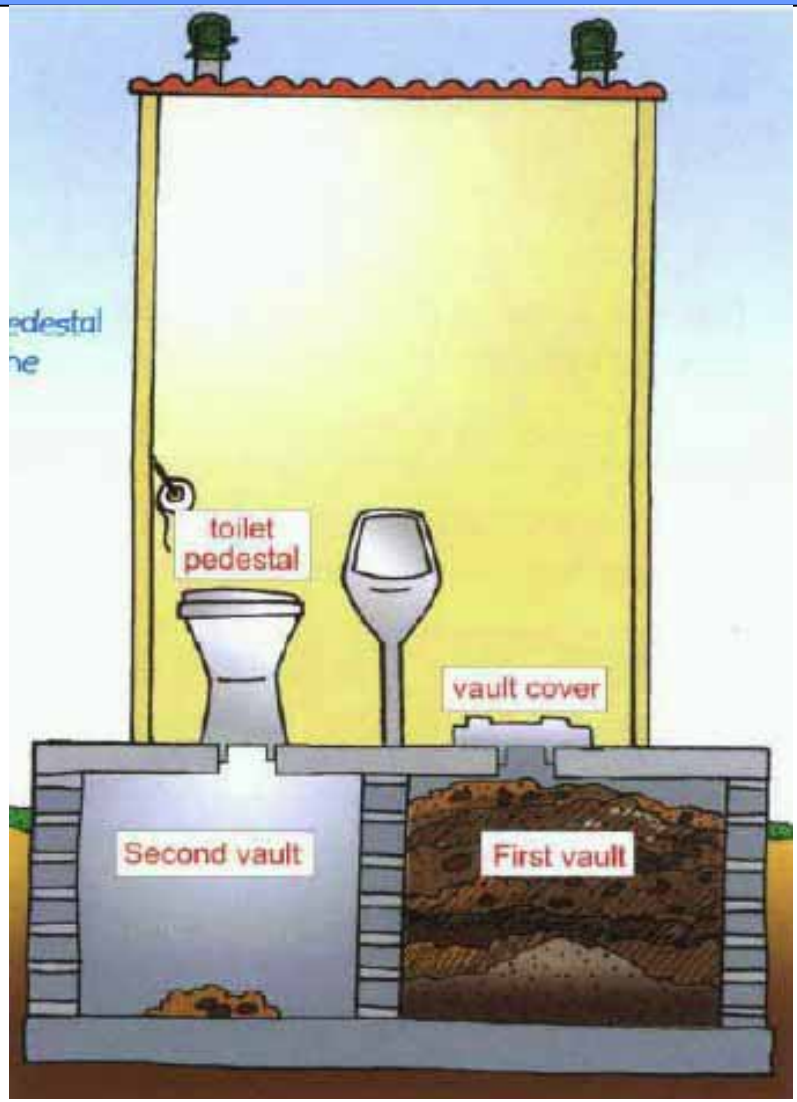
**Lambertsmühle, Alemania**

**Ernst**

**Keramag**

**Urimat**

# Sanitarios separadores con deshidratación




Ethikwini Municpality, Africa del Sur

CONAGUA

Instituto Nacional de Ecología

SARAR

gtz

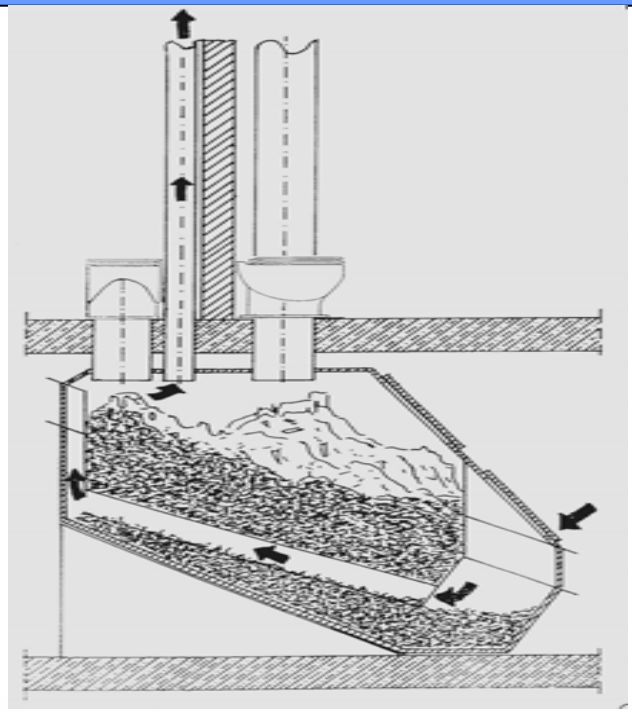
# Ejemplos de baños separadores

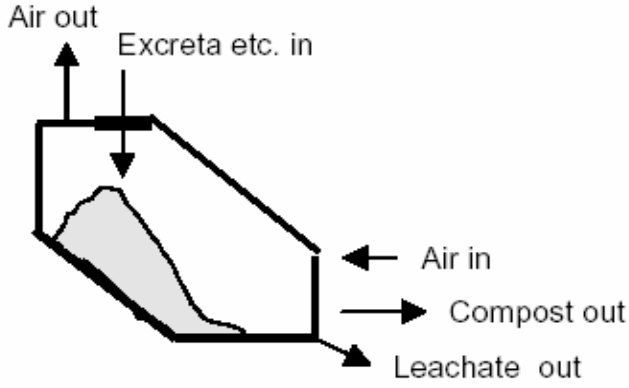
Baños separadores con deshidratación prefabricados en Sudáfrica

Baños de deshidratación solar, El Salvador

Vista por detrás de un baño separador con deshidratación, Mali

# Ejemplos de baños composteros





sistema en uso en Alemania y Suecia

# Ejemplos de baños composteros

Baño compostero optimizado de Japón, Bio-Lux (Seiwa Denko Ltd)

Cámara con mezclador mecánico

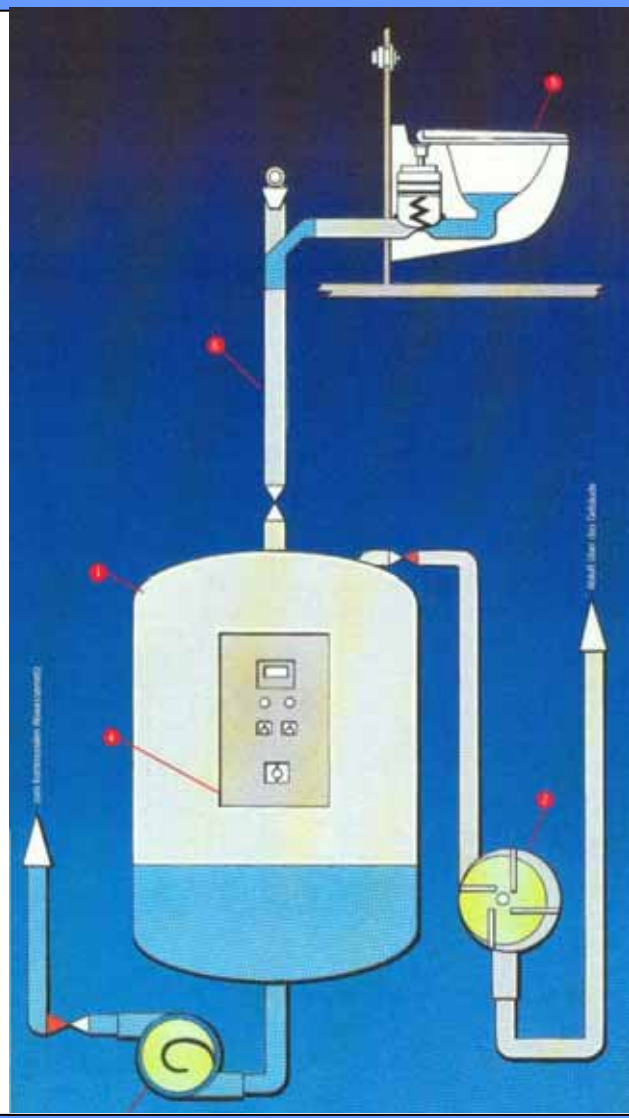
# Sistemas de vacío

**Elementos**:

Baños de vacío, mingitorios de vacío, conductos de vacío, estaciones de bombeo

**Ventajas**:

Ahorro de agua, recolección de aguas negras concentradas, tratamiento anaerobio decentralizado posible

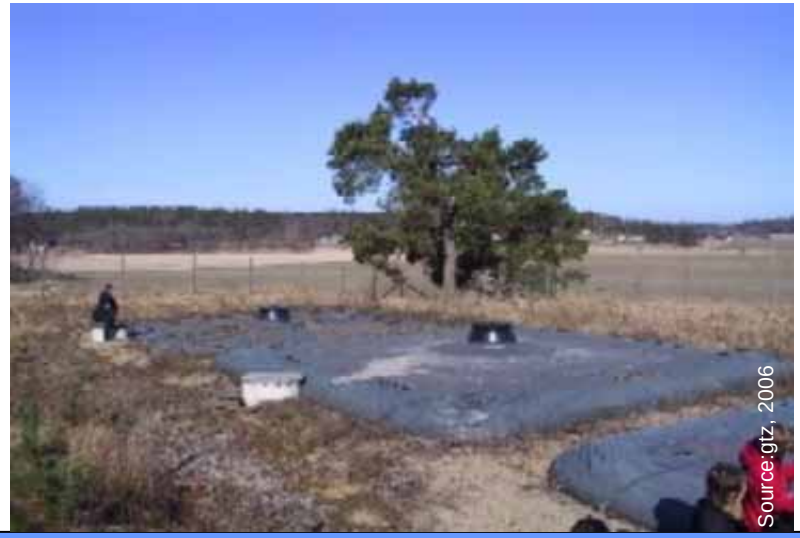


# Compostaje con gusanos

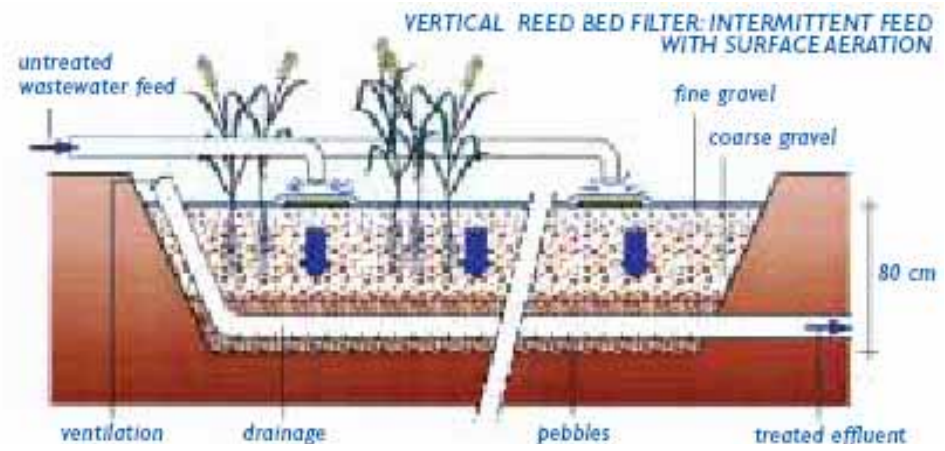
Ejemplos de África de Sur:

# Almacenamiento de orina

Varios recipientes para el almacenamiento de orina en Suecia y Alemania

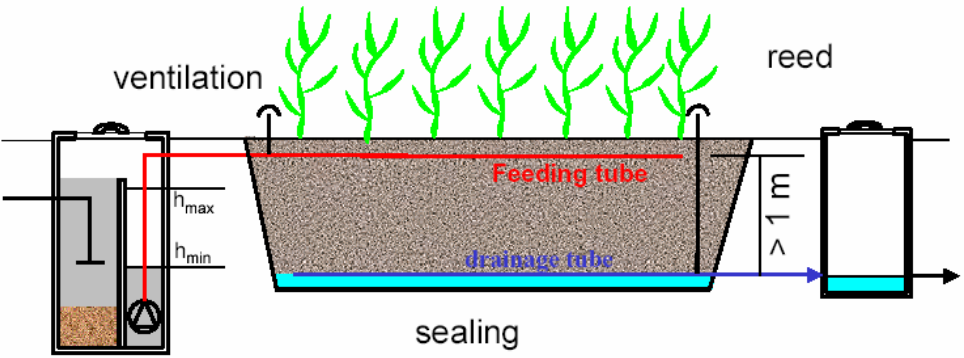


# Humedales artificiales




vertical

source: Cemagref




horizontal

source: Behrendt, 2003.

- Tratamiento de agua residual y aguas grises
- Eliminación efectiva de DBO, SST, patógenos y nitrógeno
- Se puede usar el agua tratada en la irrigación
- Estéticos

Niels De Pauw

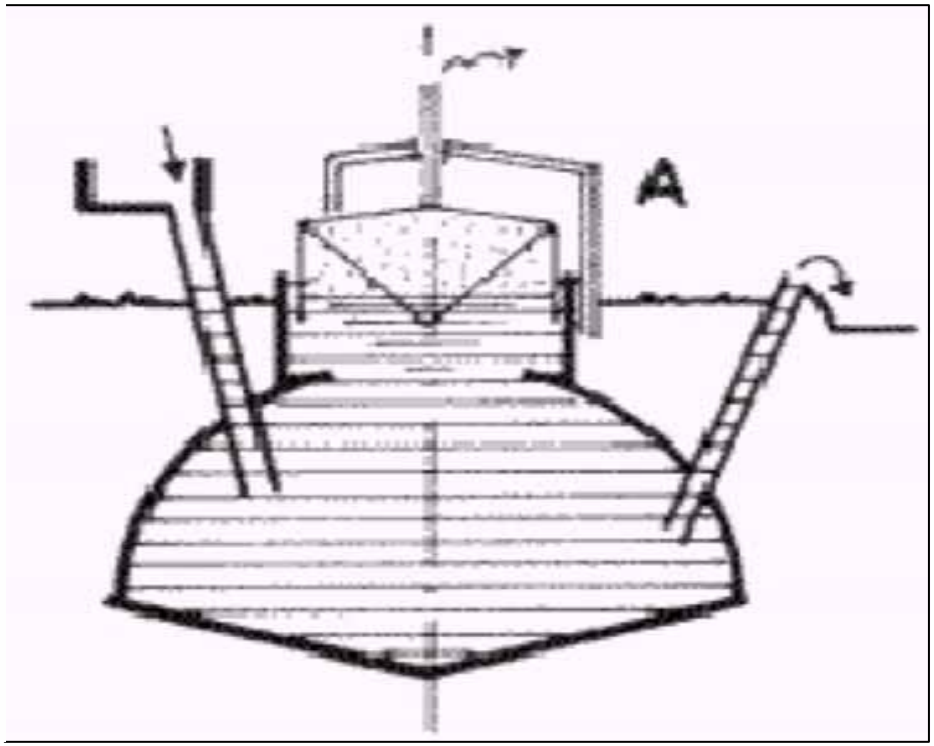
CONAGUA

Instituto Nacional de Ecología

SARAR

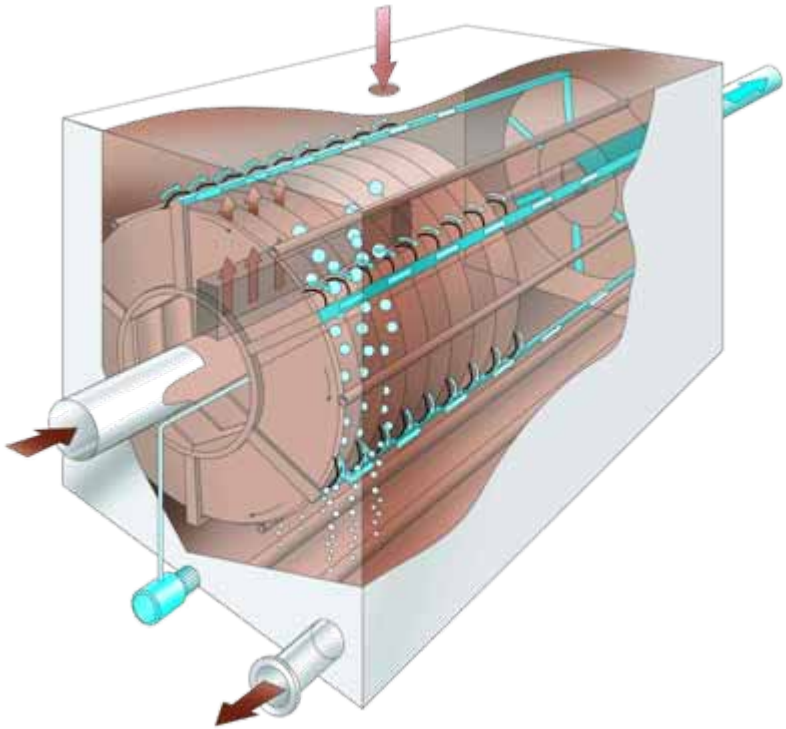
gtz

# Tratamiento anaerobio con recuperación de biogás



# Tecnología de membranas

- Reducción muy eficiente de substancias solubles y biodegradables en el agua residual
- El agua tratada tiene el potencial de ser reusada (irrigación, enjuague, etc.)
- Sistema compacto y flexible



# Producción de biomasa y energía

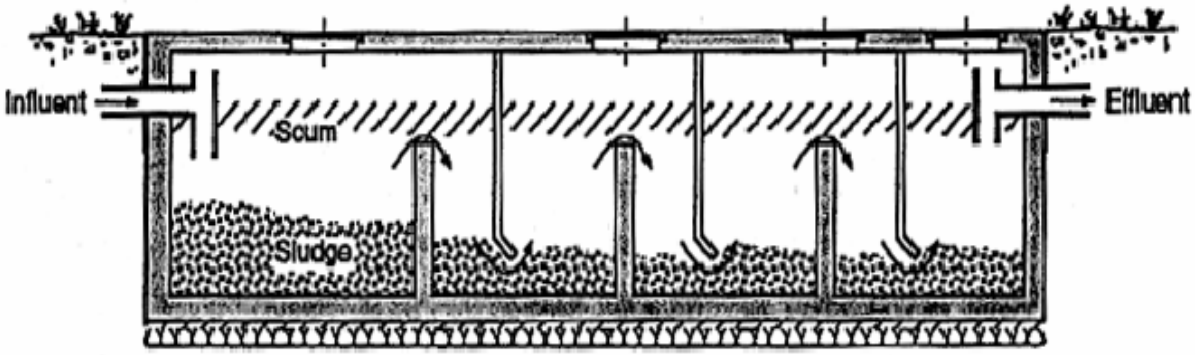
## De basura a energía

# Estanque natural de UASB

Fuente: i Walid Abdel-Halim, 2005

Ejemplo de Jamaica

# Sistema de tanques anaerobios combinados



Fuente: EAWAG

Fuente: BORDA

# Lagunas de tratamiento de agua residual

source: Saniplan

# Uso en la agricultura

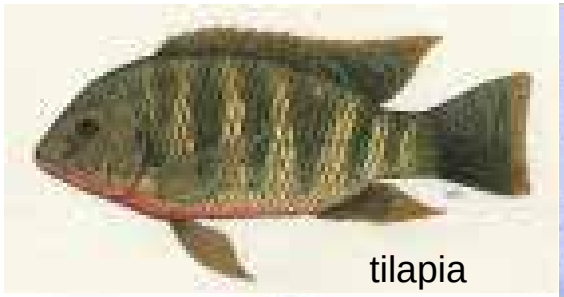
Aplicación directa de orina

Irigación con agua tratada

Agricultura urbana

# Acuacultura

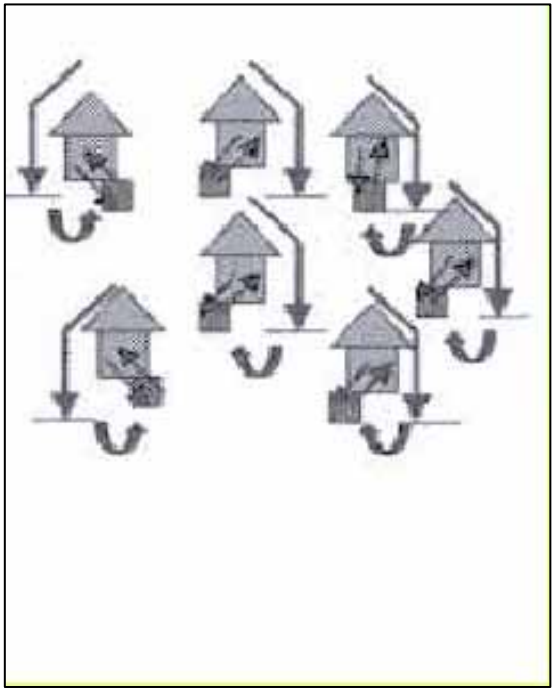
- Tratamiento de agua residual con plantas acuáticas y peces en estanques para la producción de alimentos
- Rico en proteína a bajo costo
- Usado principalmente en Asia
- Producción de pescado de 1-6 toneladas/hectárea


tilapia

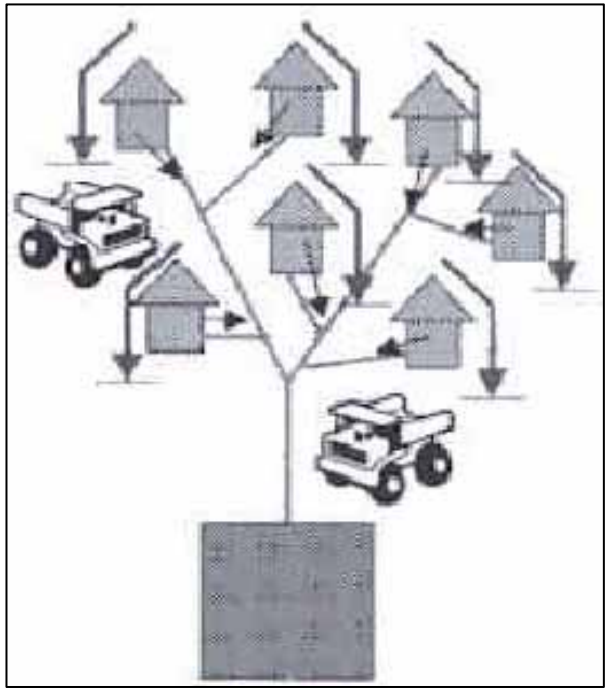
carp

duckweed

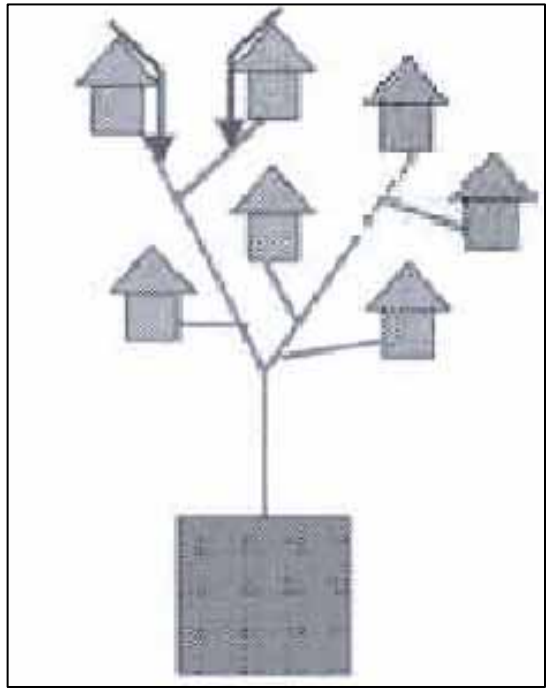
# Criterios para seleccionar un sistema



En el hogar



En la comunidad



Centralizado

Fuente: DEWATS

# Ejemplos de aplicación en el contexto internacional

Sören Björn Rüd

# Promoción de baños separadores en Durban, África de Sur

- A principios de 2000, 140.000 casas carecían de instalaciones sanitarias en el municipio de eThekwini.
- Después de la evaluación económica de los costos de operación de los sanitarios VIP, las autoridades municipales iniciaron un programa a gran escala con la construcción de sanitarios con separación de orina y deshidratación
- 60.000 sanitarios con separación de orina han sido construidos hasta ahora (2007)

Photo: Teddy Gounden

# Promoción de baños separadores en Ouagadougou por Crepa, Burkina Faso

Objetivos del proyecto a tres años:

- Construir 1,000 sanitarios ecológicos
- Capacitar a 1,000 agricultores
- 300,000 beneficiarios del principio del saneamiento sustentable
- Capacitar a 20 contratistas del sector privado
- Permitir a 1,000 agricultores el uso de los productos

# Baños separadoros de orina en China

Fotos: Sandec

**Proyecto a gran escala:**

- 1997: Proyecto piloto apoyado por Sida (Suecia) y UNICEF; construcción de 70 baños en la aldea piloto Dalu
- 1998: Construcción de 10,000 tazas separadoras en 200 pueblos de la provincia Guangxi
- 2002: 100,000 baños ecosan en la provincia de Guangxi
- 2003: 685,000 sistemas en 17 provincias (Ministerio de Salud)
- **Situación actual: 1,1 millón de baños separadoras instalados**

# Navsarjan Trust proyectos de ecosan, India

## Campus de una universidad

Centro de baños con producción de biogás

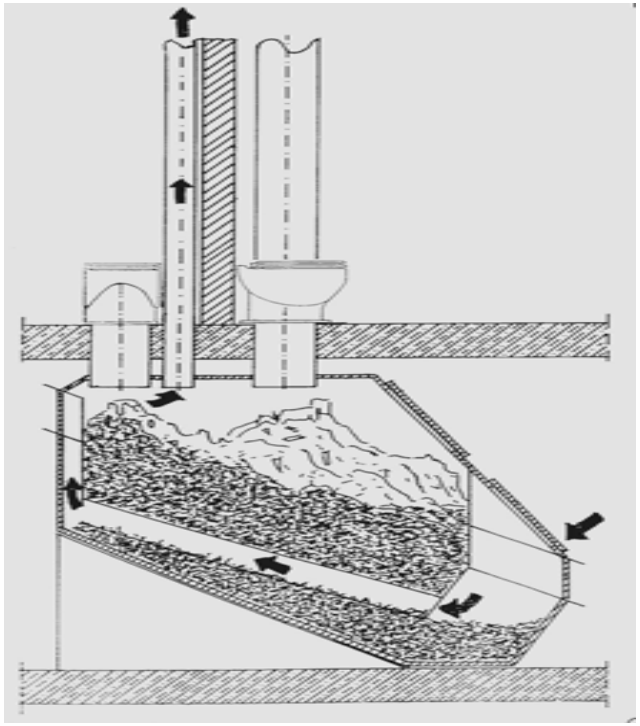
Baño de separación de orina para “emergencias“

Mingitorio para mujeres

# Eco-asentamiento Hamburg – Allermöhe, Alemania

Sanitarios de compostaje y tratamiento de aguas grises con humedales artificiales

Sanitario de compostaje,
(Berger Biotechnik)



Unidad de compostaje

Humedales artificiales

# Baños de compostaje en Nueva Zelanda

Sanitario de compostaje (tanque)

Humedal artificial
para aguas grises

# Baños ecológicos móviles en, Beijing, China

Sanitarios composteros móviles con separación de orina en espacios públicos, sitios de construcción y en zonas de juegos olímpicos verdes 2008

source:werner, gtz

source:werner, gtz

source:werner, gtz

source:werner, gtz

Cámara de compostaje con aserrín

Tanque de recolección de orina

source:werner, gtz

CONAGUA

Instituto Nacional de Ecología

SARAR

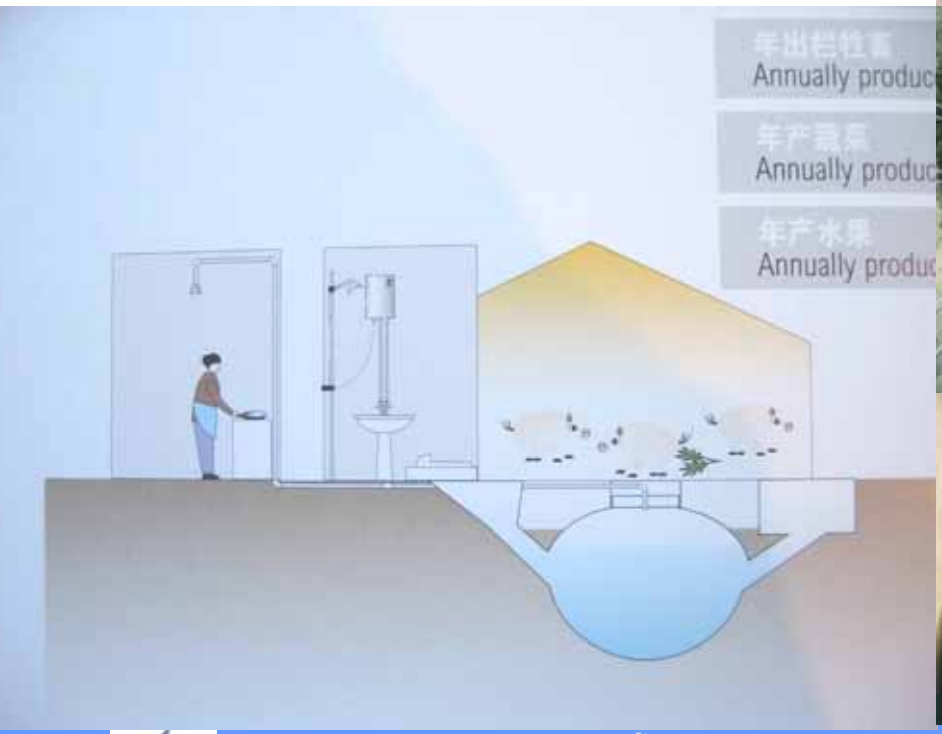
gtz

# Letrinas de biogás, China

En 2002: alrededor de 11 millones de hogares

**Data: Ministerio de Agricultura**

En 2007: alrededor de 20 millones de unidades



CONAGUA

Instituto Nacional de Ecología

SARAR

gtz

# Reuso de agua tratada en el valle de Jordán

- Promoción del uso de agua tratada de plantas de tratamiento para el riego en vez de agua potable
- Investigación sobre el influjo a medio ambiente y salud
- Desarrollo de directrices sobre el uso correcto de agua residual

**El “Reclaimed Water Project” monitorea y evalúa las prácticas agrícolas y de riego de 20 empresas agrícolas elegidas**

CONAGUA

Instituto Nacional de Ecología

SARAR

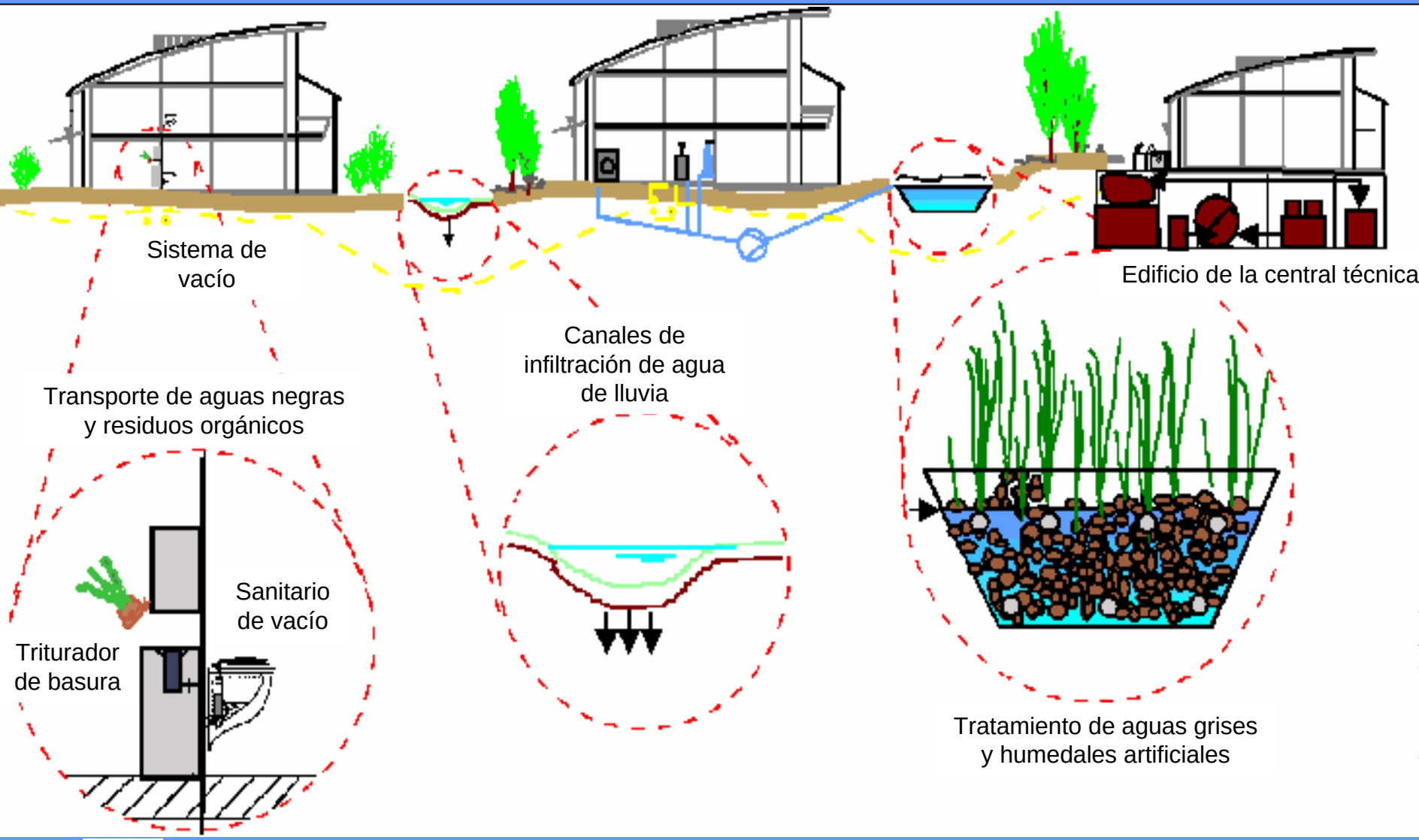
gtz

# Humedal artificial Haran-Al-Awamied, Syria

- Tratamiento de agua residual con un humedal artificial:
- Tratamiento de agua residual y lodos con carrizo
- Uso de agua tratada para el riego
- Alta eficiencia de eliminación de patógenos
- Superficie pequeña requerido: 0,5m$^2$ por cápita
- Bajo costo: 13.7 €/persona (construcción)
  1 €/persona anual por mantemiento

Source: Mohamed

# Eco-asentamiento Lübeck – Flintenbreite, Alemania




source: Otterwasser GmbH, Germany

# Eco-asentamiento Lübeck – Flintenbreite, Alemania

Apartamentos para 350 personas

Estación de vacío, tanque de saneamiento y planta de tratamiento de biogás para la colección y tratamiento de aguas negras

# Solar City Linz, Austria

- Nueva construcción urbana para 3,500 habitantes
- Colección separada de orina y agua café
- Tratamiento descentralizado de agua café
- Uso de orina en la agricultura

**Tanques de orina** (foto: Otterwasser GmbH)

**Edificios** (foto: Otterwasser GmbH)

# Reciclaje de aguas grises en el Hotel Arabella, Alemania

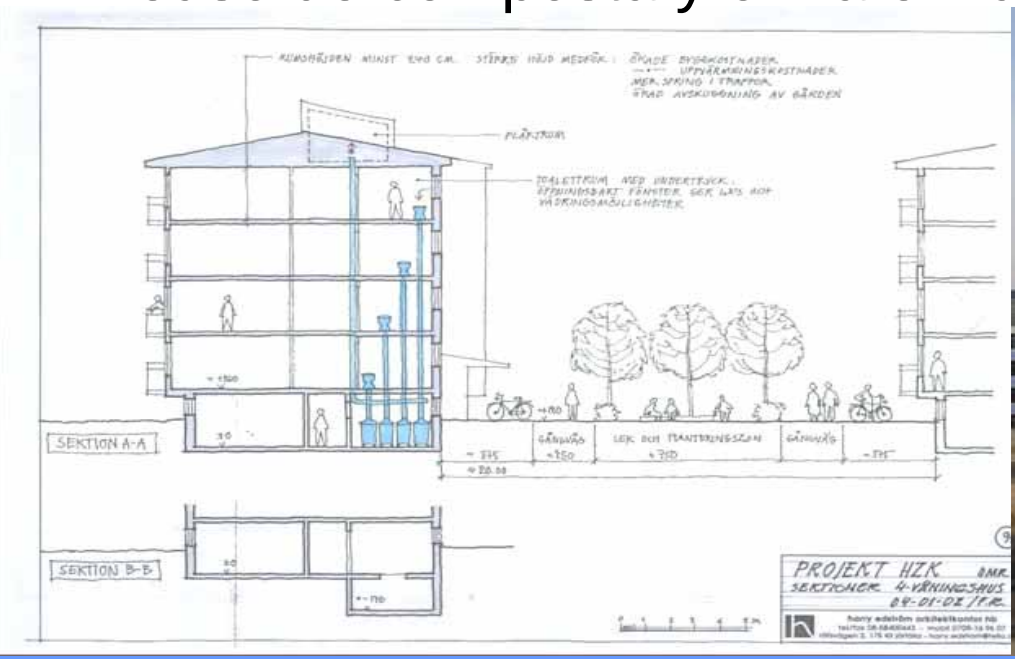
- Las aguas grises de regaderas y tinas de las habitaciones son tratadas en contractores biológicos rotantes y reusada en los escusados
- El agua de lluvia es recolectada y usada para irrigación de los jardines del hotel

Source: Rolde & Partner, DHV, GTZ

# Proyecto Erdos Eco-Town, Dongsheng, China

Aplicación de los principios de ecosan en una nueva ciudad:

- Sanitarios secos separadores de orina y sistema de colección en edificios de varios pisos
- Colección de aguas grises y tratamiento en un sistema descentralizado
- Reuso de composta y orina en la agricultura



Source: EcosanRes, SEI

# Proyecto Erdos Eco-Town, Dongsheng, China

Source: EcosanRes, SEI

# GTZ edificio principal en Eschborn, Alemania

**Taza separadora**

**Mingitorio seco**

**Tubería de orina**

**Tanques de almacenamiento**

**Conexión para caminoes de vaci**

Componentes técnicos para colección y almacenamiento

CONAGUA

Instituto Nacional de Ecología

SARAR

gtz

# Edificio de la EAWAG, Suiza

Sanitarios con separación de orina, mingitorios secos, tratamiento de aguas grises

# Eco-edificio, Universidad Tsighua, Beijing, China

- Eco-edificio con sanitarios de vacío separadores de orina y mingitorios secos
- Recolección separada de orina, agua café y aguas grises
- Investigación en tratamiento y reúso

source:werner, gtz

source:werner, gtz

source:werner, gtz

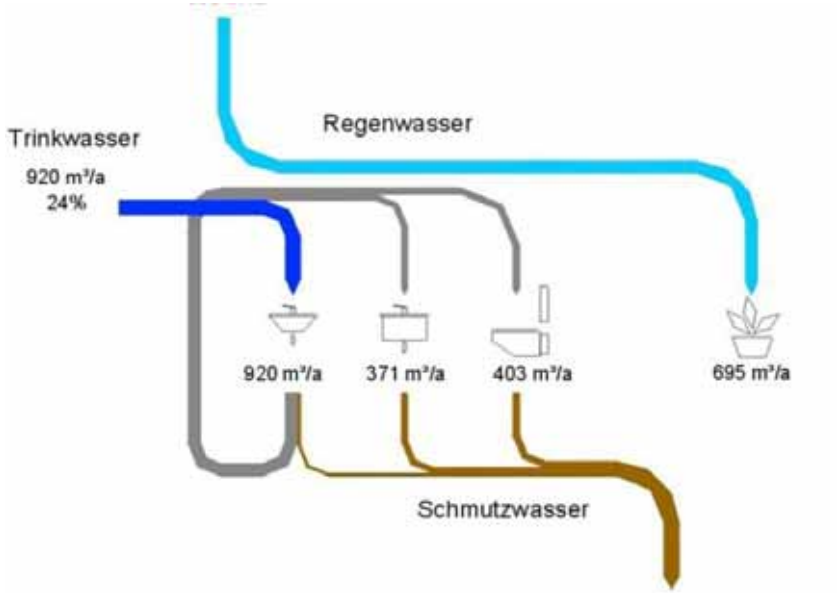
source:werner, gtz

source:werner, gtz

# Edificio de la KfW, Alemania

Desde 2003 cuenta con:

- Reciclaje de aguas grises
- Recolección de agua de lluvia
- Aguas negras recolectadas por vacío para tratamiento anaerobio



# Redes y organismos internacionales trabajando en Saneamiento Sustentable

- UNESCO
- OMS
- Ecosanres/SIDA (Suecia)
- BORDA (Alemania)
- GTZ (Alemania)
- WASTE (Holanda)
- EAWAG-SANDEC (Suiza)
- IWWA (India)
- EcosanLac
- SuSanA
- IWA
- WWSCC
- WB-WSP

# EXPERIENCIAS EN MÉXICO

Ana Córdova

# Tipo de experiencias en México

| Tipo | # Número de sanitarios |
|---|---|
| Institucional urbano | 40-600 |
| Urbano independiente | 18+ |
| Zonas de ecoturismo | 30+ |
| Escuelas rurales | 30-80 |
| Comunidades rurales | 300-50,000 |

# Casos estudio de Sistemas de Saneamiento Seco

CONAGUA

Instituto Nacional de Ecología

SARAR

gtz

# Diversidad de Programas Urbanos

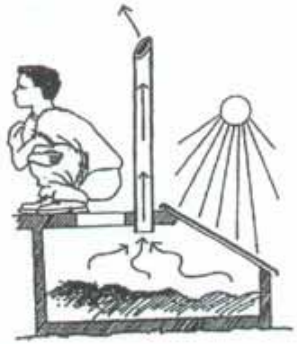
| Promotor | Motivación del promotor | Tamaño del programa | Año de inicio | Tipo de programa |
|---|---|---|---|---|
| *Gobierno, agencias internacionales, universidades, ONGs, fundaciones privadas, individuos* | *Ambiental, salud pública, vivienda y servicios* | *18, 30, 40, 166, 300, 600* | *1982, 1993, 1996, 1997, 1999* | *Difusión, Institucional* |

# Diversidad de Programas Urbanos

| Tipo de sanitarios | Selección del usuario | Ingreso del usuario | Costo del sanitario | Costo cubierto por el usuario |
|---|---|---|---|---|
| *Deshidratación/ composteo; separación de orina/filtración/evaporación; en la casa/fuera de la casa; pre-fab/construido en el sitio* | *activo, pasivo, sin selección* | *Alto, mediano, bajo,* *Muy bajo* | *US$ 450-1,100* | *Total, techo/ puerta,* *otros materiales, mano de obra,* *sin contribución* |

# Tipo de sanitarios secos en México

keep separate

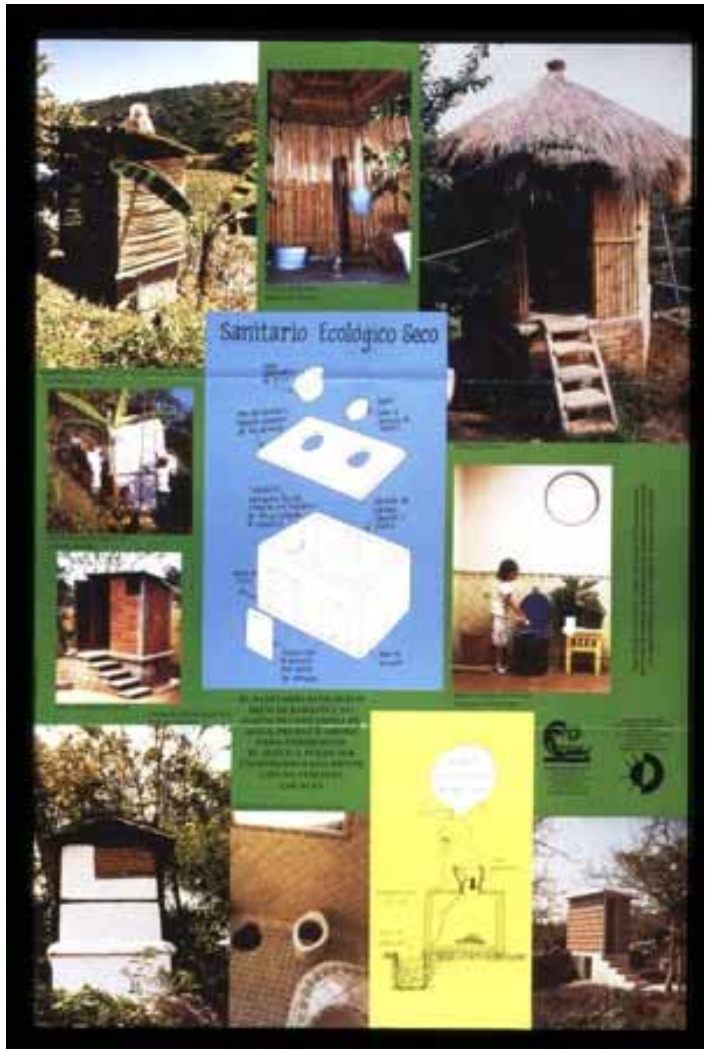


mix then evaporate

mix then drain

Figuras: Esrey et al. 1998

# Sanitario Ecológico Seco



# SIRDO

# “Clivus Multrum”

# Asientos

# SIRDO Producto final

# Producto final SES

# INSTRUMENTACIÓN DE PROGRAMAS

Ana Córdova

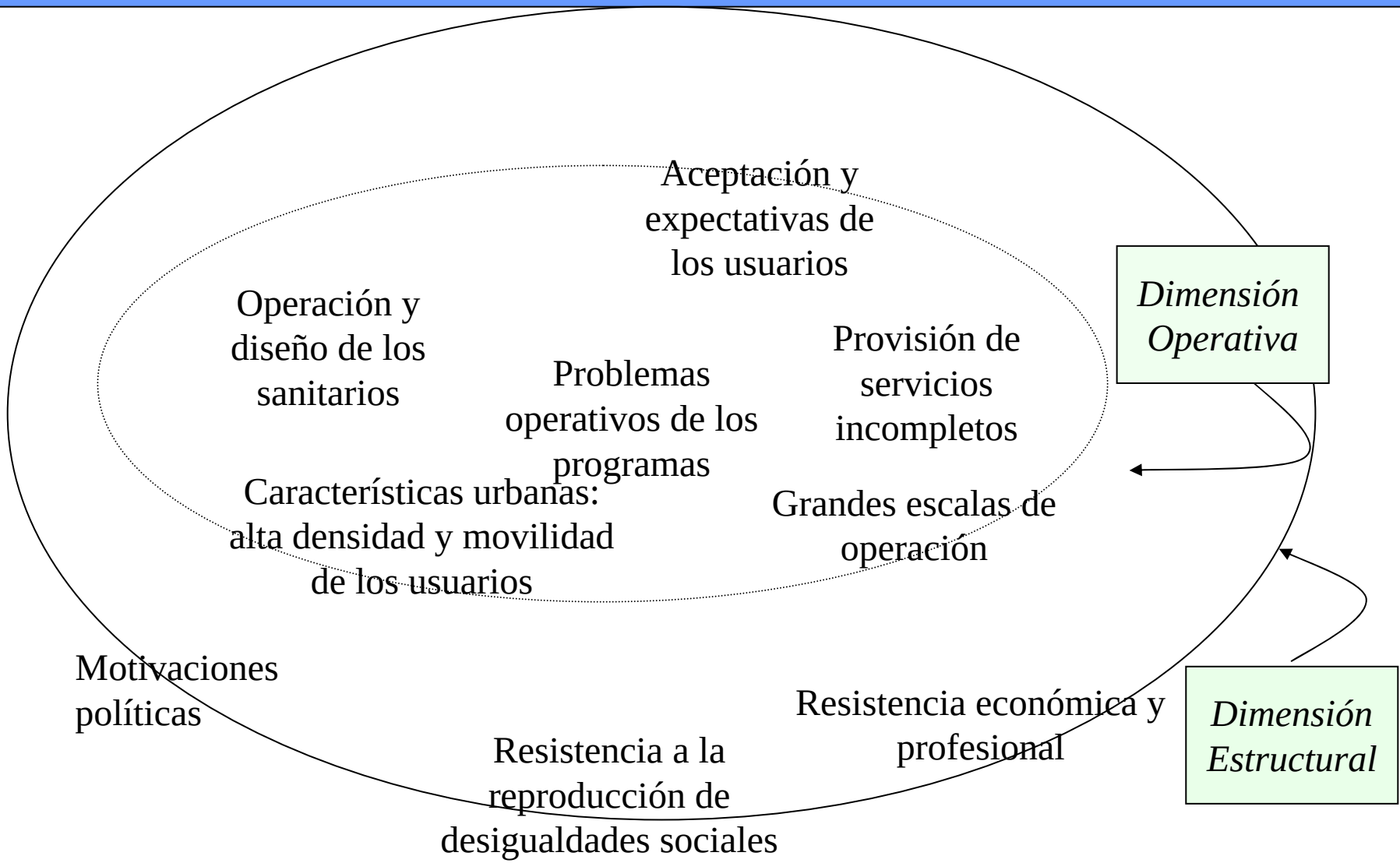
# Instrumentación de los programas

# Obstáculos en los programas

# Estrategias propuestas - Estructurales

- Formalizar el SS como infraestructura común y con apoyo institucional
- Considerar al SS como parte de un repertorio de opciones de saneamiento en un modelo urbano “modular”
- Aumentar el estatus del SS
- Diseminar información a tomadores de decisiones y ejecutores

# Obstáculos en los programas revisados



# Estrategias propuestas - Operativas

- Selección de modelo(s) de sanitario
- Promoción/diseminación
- Producción/construcción de sanitarios
- Entrega de sanitarios
- Entrenamiento de los usuarios
- Seguimiento y servicios de apoyo
- Manejo del producto final
- Evaluación y retroalimentación
- Administración bien planeada del programa

# Estrategias propuestas - Operativas

- Mantener el balance entre hardware, software y capacitada operativa
- Programas urbanos: máxima facilidad para el usuario, poca mano de obra, sistemas de apoyo efectivo y re-entrenamiento periódico
- Los programas de saneamiento seco son mas exitosos si se promueven en conjunto con sistemas apropiados de manejo de aguas grises y de manejo de residuos sólidos
- Los programas de saneamiento seco requieren de incentivos para motivar la aceptación por parte de los usuarios

# Satisfacción de los usuarios

# Satisfacción de los usuarios

| Sitio | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Juárez | León | Puerto Morelos | Tepoztlán | Xochimilco |
| Satisfacción media (1-10) | 8.7 | 5.4** | 8.8 | 8.7 | 8.8 |
| N | 75 | 126 | 26 | 5 | 35 |
| Rango<br>Dev Std | 3-10<br>1.5 | 0-10<br>2.6 | 3-10<br>1.9 | 7-10<br>1.3 | 5-10<br>1.9 |

# León

- Sanitarios mal diseñados
- Gran numero de sanitarios descompuestos
- Deficiente apoyo a los usuarios en la resolución de problemas
- Los usuarios no tuvieron opción de aceptar o rechazar los sanitarios
- Era un programa de vivienda, los sanitarios secos eran un aspecto secundario en la promoción con usuarios
- Se percibió como el proyecto de un presidente municipal
- Se convirtió en un conflicto muy politizado

| Sitios | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Incentivos | León | Tepoztlán | PM | Juárez | Xochimilco |
| Adentro, estéticos + sist. aguas grises | 5% | 100% | 97% | 59% | 66% |
| Todo lo anterior + mantenimiento + servicio de recolección | 9% | NA | 0% | 16% | 5% |
| Todo lo anterior + alto costo del agua | 17% | NA | 0% | 12% | 5% |
| Total SI | 31% | 100% | 97% | 87% | 76% |

# Factores que afectan la satisfacción de los usuarios

- Satisfacción alta encontrada en diferentes combinaciones de
  - tipo de programa (institucional vs. difusión)
  - modelos de sanitarios (desecación vs. composteo, por batch vs. procesos de flujo continuo; pre-fabricado vs. construidos)
  - poblaciones con diferentes
    - motivaciones (pragmática vs. ideológica)
    - niveles de ingreso (alto, medio y bajo)
    - historia de saneamiento (WC, letrinas, fosas sépticas)
- La libertad de elegir y la conciencia de los beneficios del saneamiento seco fueron importantes
- La insatisfacción de los usuarios asociada con factores técnicos y programáticos
  - sanitarios mal diseñados, alto numero de sanitarios descompuestos, deficiente seguimiento y apoyo a los usuarios

# Conclusiones

- Si los sanitarios funcionan bien y hay sistemas de apoyo adecuados, la satisfacción de los usuarios puede ser alta en una gran diversidad de contextos

- La estética, comodidad, servicios de apoyo e incentivos económicos pueden incrementar la adopción a largo plazo

# Conclusiones

- Si se atienden los problemas estructurales y operativos, el saneamiento seco tiene gran potencial en zonas urbanas y a gran escala
- Los próximos pasos en la promoción de esta tecnología incluyen:
  - Análisis costo-beneficio y cobro de los costos reales del saneamiento convencional y seco
  - Involucramiento del gobierno en la adaptación de regulaciones, generación de incentivos y apoyo general al servicio
  - Fuertes campañas informativas y de difusión
  - Desarrollo continuado de practicas de recolección y reuso de los nutrientes

# PROPUESTAS PARA LA IMPLANTACIÓN DE SANEAMIENTO SUSTENTABLE EN MÉXICO

Ana Córdova

Maria Eugenia de la Peña

Sören Rüd

# Propuestas

- Capacitación de los diferentes sectores acerca de los principios del saneamiento sustentable
  - Direcciones locales y regionales
  - Organismos operadores (a través del CEMCAS)
  - Autoridades municipales
  - Usuarios de los servicios de agua
- Creación de un centro documental en el CEMCAS y Biblioteca de Balderas con información de referencia sobre Saneamiento Sustentable.

# Propuestas (2)

- Análisis de los programas de la Conagua para identificar y corregir obstáculos para la implantación del saneamiento sustentable
- Revisión de legislación y normatividad (Norma para reuso de orina de acuerdo a la OMS)
- Promover la investigación en los diferentes aspectos del saneamiento sustentable a través de los convenios con Conacyt, IMTA y universidades.

# Propuesta (3)

- Difusión en los diferentes foros y eventos nacionales e internacionales
- Apoyar institucionalmente la próxima reunión del World Toilet Organization en Monterrey e impulsar los prinicipios del Saneamiento Sustentable
- Diseño de modelos demostrativos
- Inicio de proyectos piloto en el 2008 (Año Internacional del Saneamiento) analizando el costo-beneficio (ambiental, político, social) del saneamiento sustentable.

¡Gracias por su atención!