

# 11° Seminario Departamento de Hidráulica y Curriham

## “SANEAMIENTO ECOLÓGICO: NUEVAS ALTERNATIVAS PARA EL TRATAMIENTO DE LOS LÍQUIDOS CLOACALES”

Graciela Sanguinetti  
Ana María Ingallinella



Centro de Ingeniería Sanitaria  
email: [cis@fceia.unr.edu.ar](mailto:cis@fceia.unr.edu.ar)  
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y  
Agrimensura- UNR

**Líquido Cloacal**  
**40-60% Prot.**  
**25-50% H.C.**  
**10% Grasas**

**Agua de  
cocina**

**Detergentes**

**Grasas**

**Resto de Alimentos**

**Agua de  
lavado**

**Detergentes**

**Jabones**

**Agua de  
baño**

**Materia Fecal**

**Orina**

**Papel**

**Materia Fecal**  
**20% materia  
seca**  
**80% agua**

**Restos de alimentos no digeridos**  
(proteínas, hidratos de carbono y grasas)

**Secreción biliar** (sales, Ca y Fe)

**Elementos celulares de pared intestinal**

**Bacterias** (450 millones/g mat. fecal)

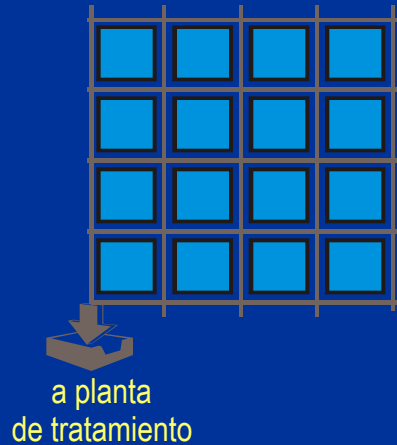
# PROBLEMÁTICA DE ELIMINACIÓN DE EXCRETAS

Las prácticas promovidas actualmente están basadas en el querer olvidar nuestras excretas, sea en pozos profundos o utilizando el “flush”.

# Sistemas de Tratamientos Convencionales

- \* Individuales
- \* Centralizados

# ¿cómo se colectan los líquidos cloacales?



Redes

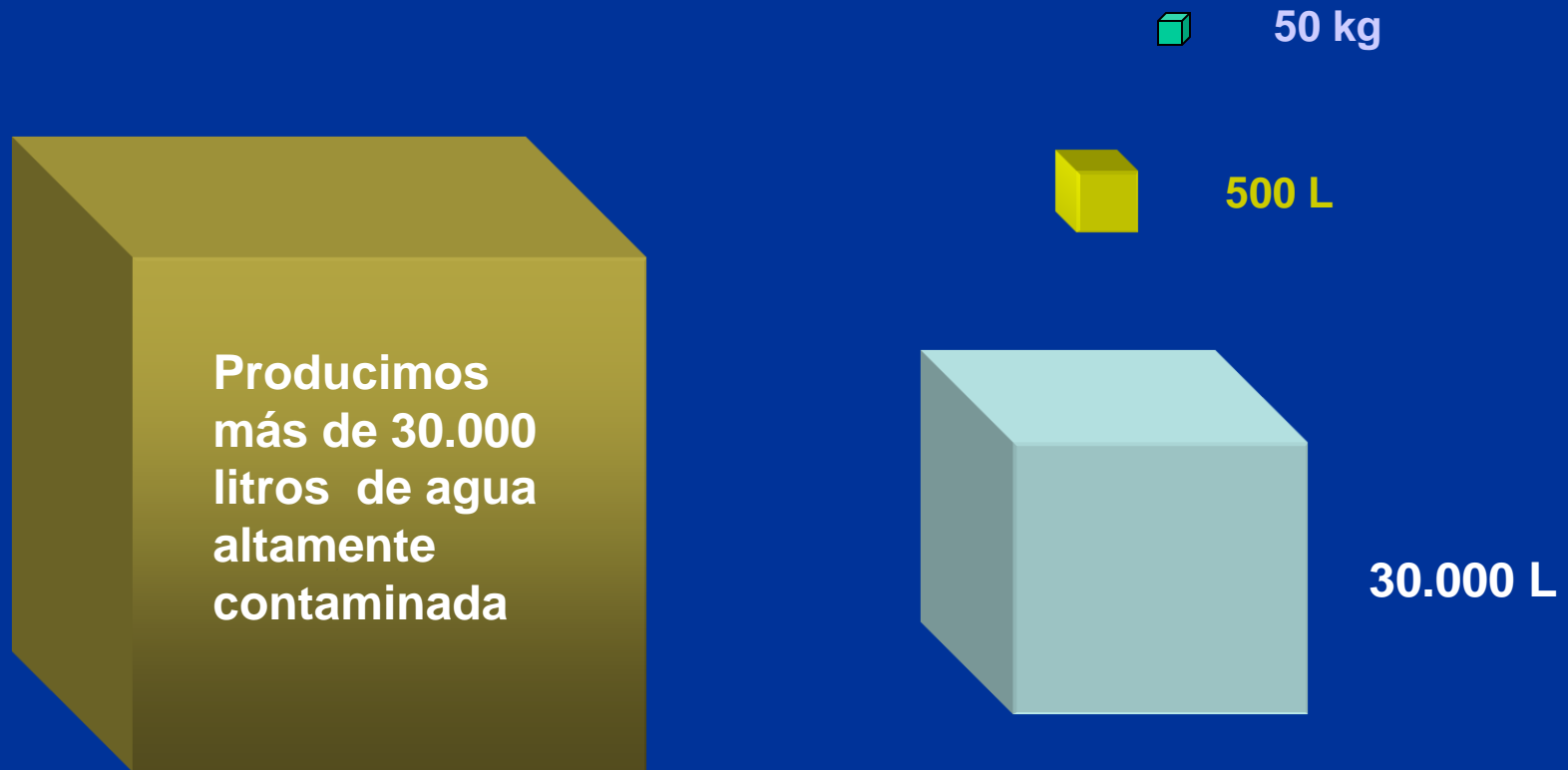


Camiones atmosféricos

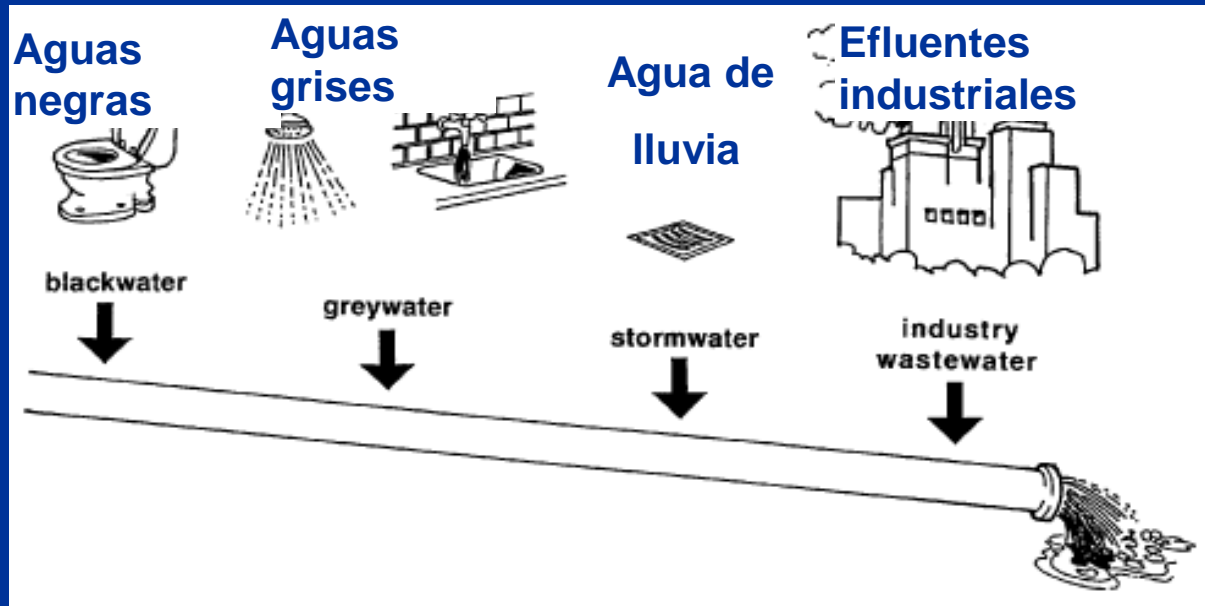


# SANEAMIENTO CONVENCIONAL

Con el uso de inodoros convencionales mezclamos aprox. 500 L de orina por persona y por año y 50 kg de heces con 30.000 L de agua potable tomando como base un volumen de 12 litros por flush



# Flujo y descarga



**Pequeñas cantidades de material peligroso contaminan grandes volúmenes de agua**



# Al final del conducto



Actualmente, 90% de las aguas negras urbanas de los países en vías de desarrollo se descargan sin tratamiento alguno, contaminando así ríos, lagos y costas.

# IMPACTOS DE LA CONTAMINACIÓN

❖ **SOBRE EL MEDIO AMBIENTE**

❖ **SOBRE LA SALUD HUMANA**

# Impactos negativos de las plantas de tratamiento

## AIRE

- **Aerosoles**
- **Ruidos**
- **Insectos**
- **Espumas**
- **Gases corrosivos**

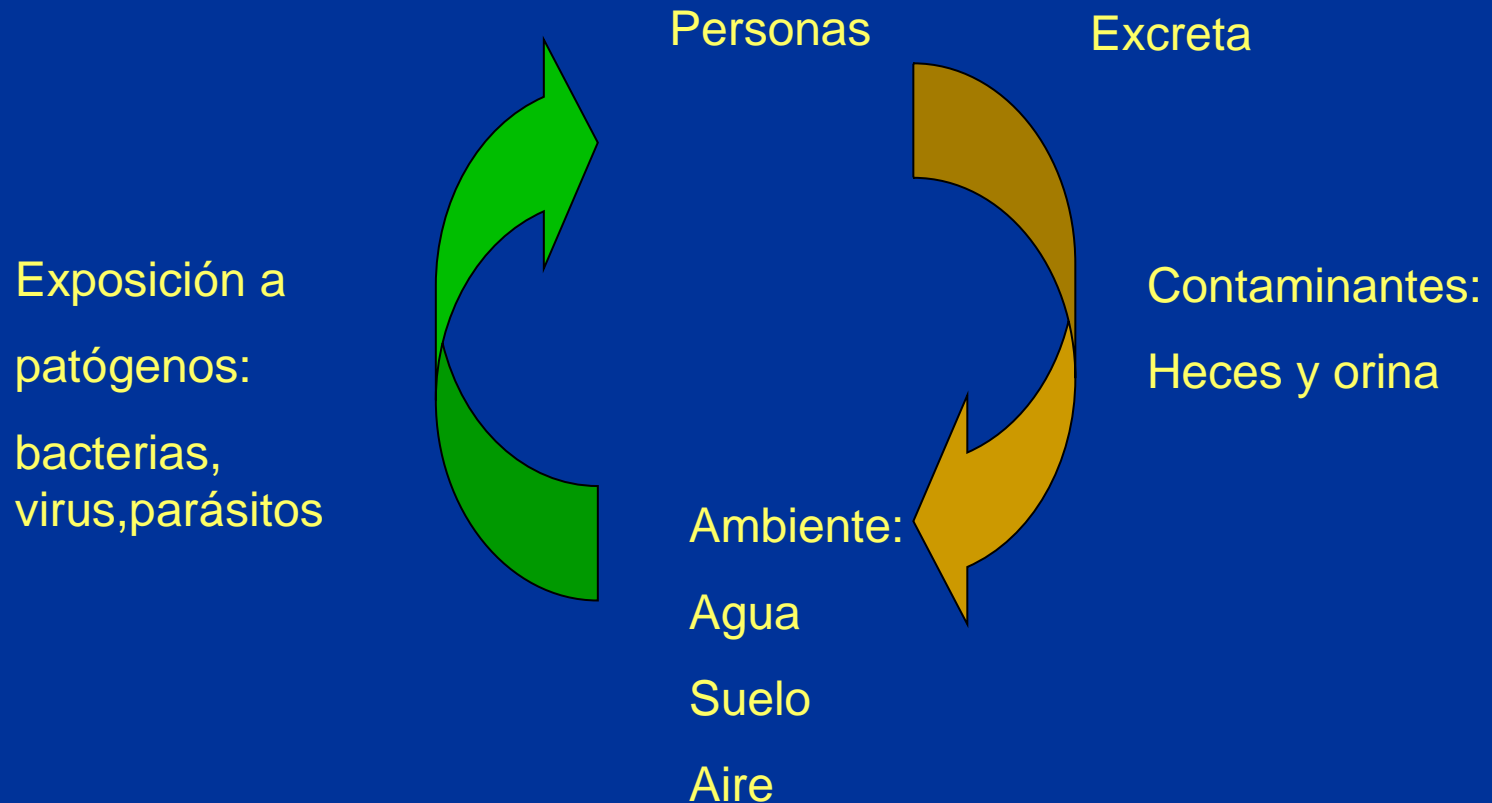
## SUELO

- **Metales pesados**
- **Contaminación microbiológica**

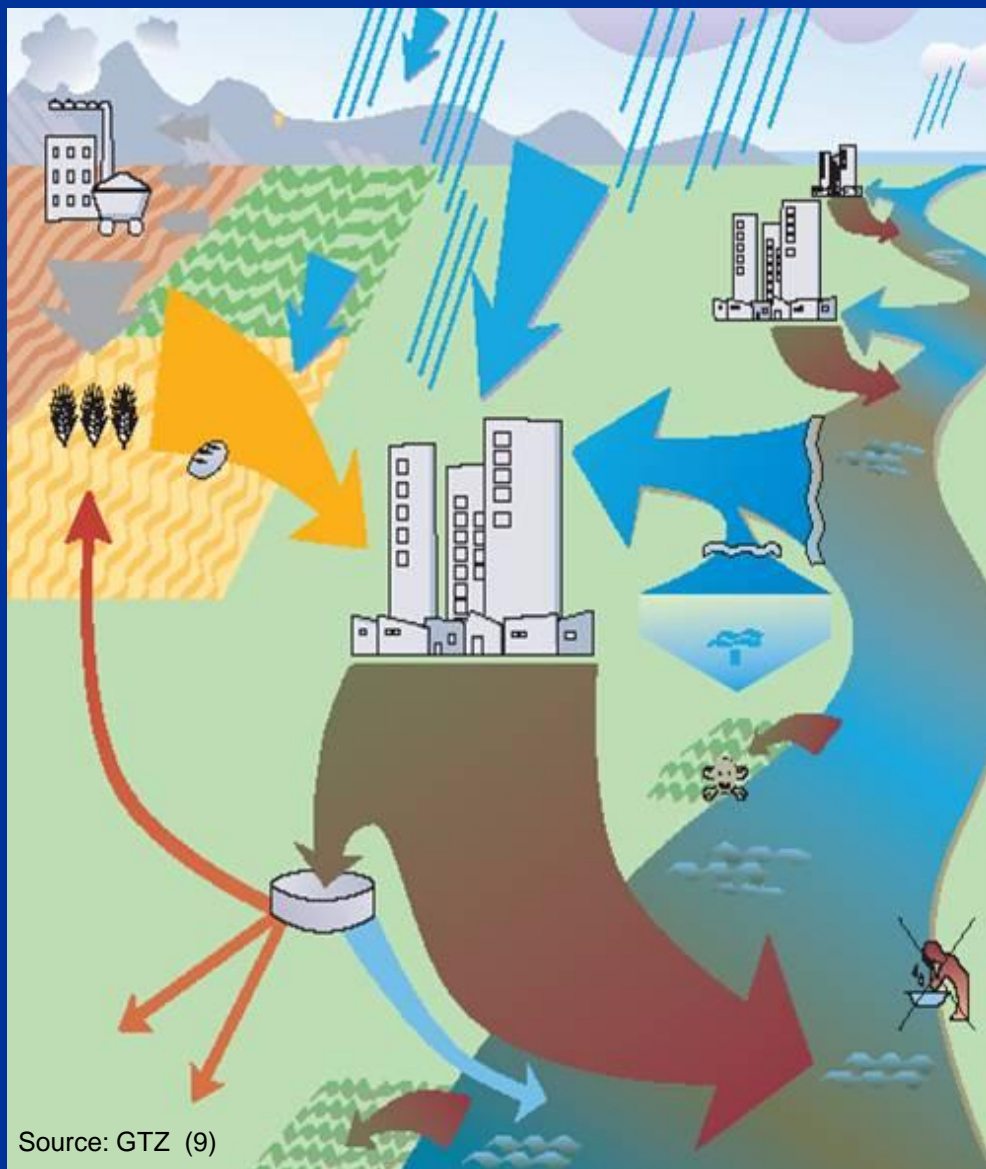
## AGUA

- **Eutrofización por aporte de nutrientes**
- **Contaminación de aguas subterráneas**

# Círculo de transmisión de enfermedades



# Sistemas convencionales de tratamiento: limitaciones



Source: GTZ (9)

- ❖ Contaminación severa asociada a riesgos para la salud
- ❖ Consumo de agua valiosa para el transporte de residuos
- ❖ Purificación incompleta o descarga descontrolada de más del 90% del agua residual en el mundo
- ❖ Grandes inversiones en energía, operación de plantas y mantenimiento.

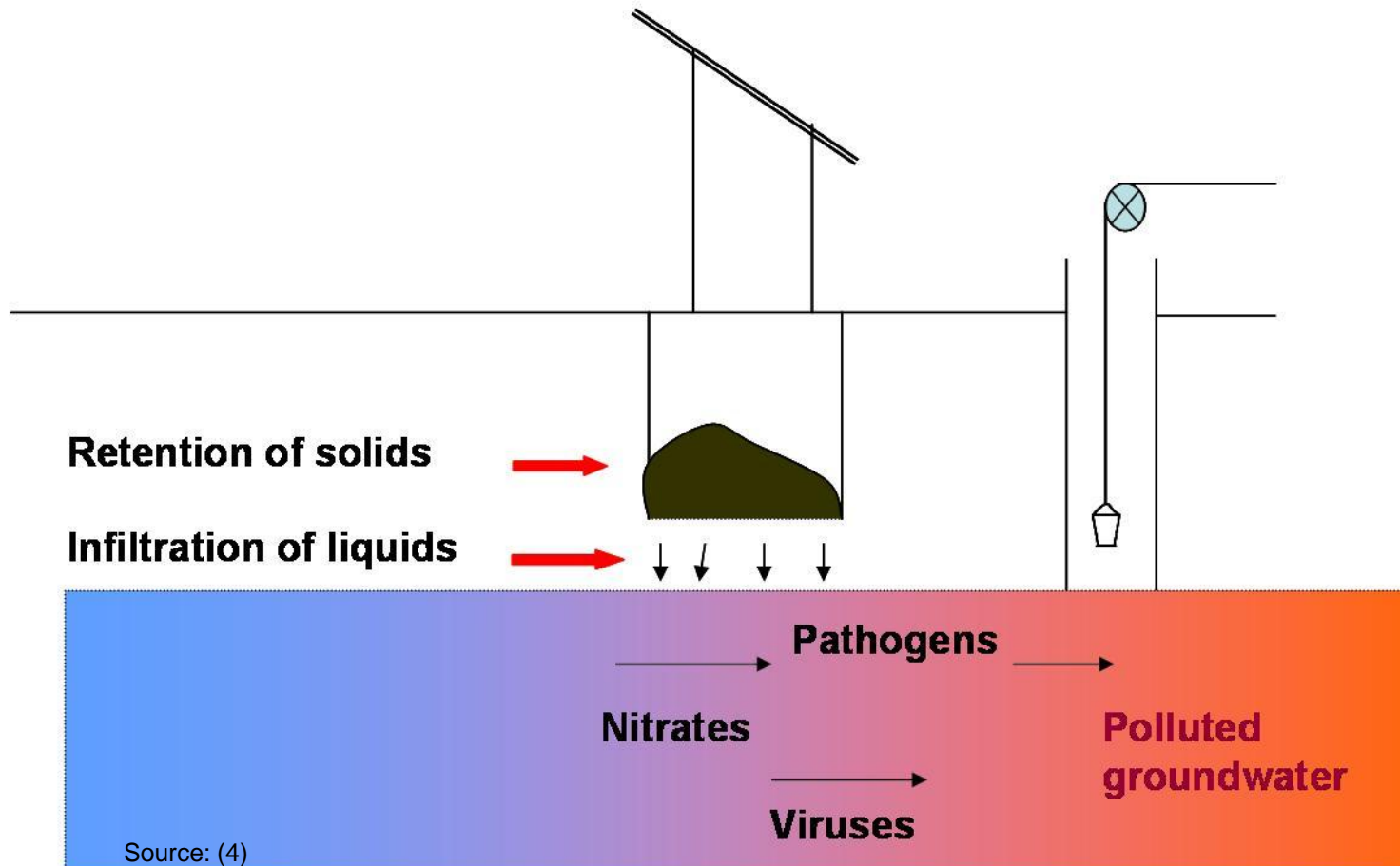


# **Cantidad de lodos que se generarían en la Planta de Tratamiento de Líquidos Cloacales de Rosario**

**180 m<sup>3</sup> de lodos por día**

**Equivalen a aproximadamente 20  
camiones diarios de lodos**

# Limitaciones de los sistemas individuales





**¿Qué es ECOSAN?**

# **Saneamiento ecológico (Ecosan)**

**Es un enfoque de “ciclo cerrado”  
que previene la contaminación  
reciclando nutrientes y materia  
orgánica.**

# SANEAR Y RECICLAR

**Alimentos seguros y nutritivos**

**Fertilizante seguro + acondicionador de suelos**

**Personas**

**Excreta**

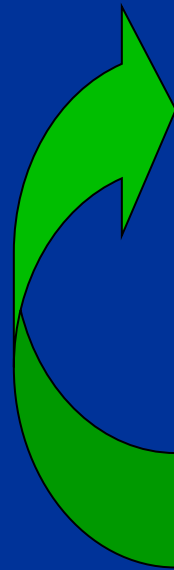
**Plantas**

**Transporte**

**Almacenamiento**

**Procesamiento**

**Destrucción de patógenos**



# Cerrando el ciclo

- ⇒ Los sistemas ecológicos reducen los riesgos de salud relacionados con el saneamiento, las aguas contaminadas y los desechos.
- ⇒ Mejora la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.
- ⇒ Mejora la fertilidad del suelo
- ⇒ Optimiza el manejo de los nutrientes y de los recursos hídricos.



# Criterios Ecosan

*El Saneamiento Ecológico busca prevenir la contaminación del agua y el ambiente, en vez de controlarla después de contaminar.*

*Imita a la naturaleza al devolver los nutrientes contenidos en aguas grises, heces y orina humana a la tierra mejorándola y aportando nutrientes a las plantas.*

# Para los sistemas convencionales

- Valiosos recursos (materia orgánica, nutrientes ) se transforman en contaminantes
- Se pierden valiosos nutrientes para la agricultura
- El ciclo de los nutrientes se convierte en flujo lineal

# Saneamiento ecológico

**Se basa en 3 principios fundamentales:**

- ❖ **Sanitización de la orina y las heces (eliminación de patógenos)**
- ❖ **Utilización de nutrientes seguros en la agricultura**
- ❖ **Prevención de la contaminación en vez de ser controlada después que se produce**

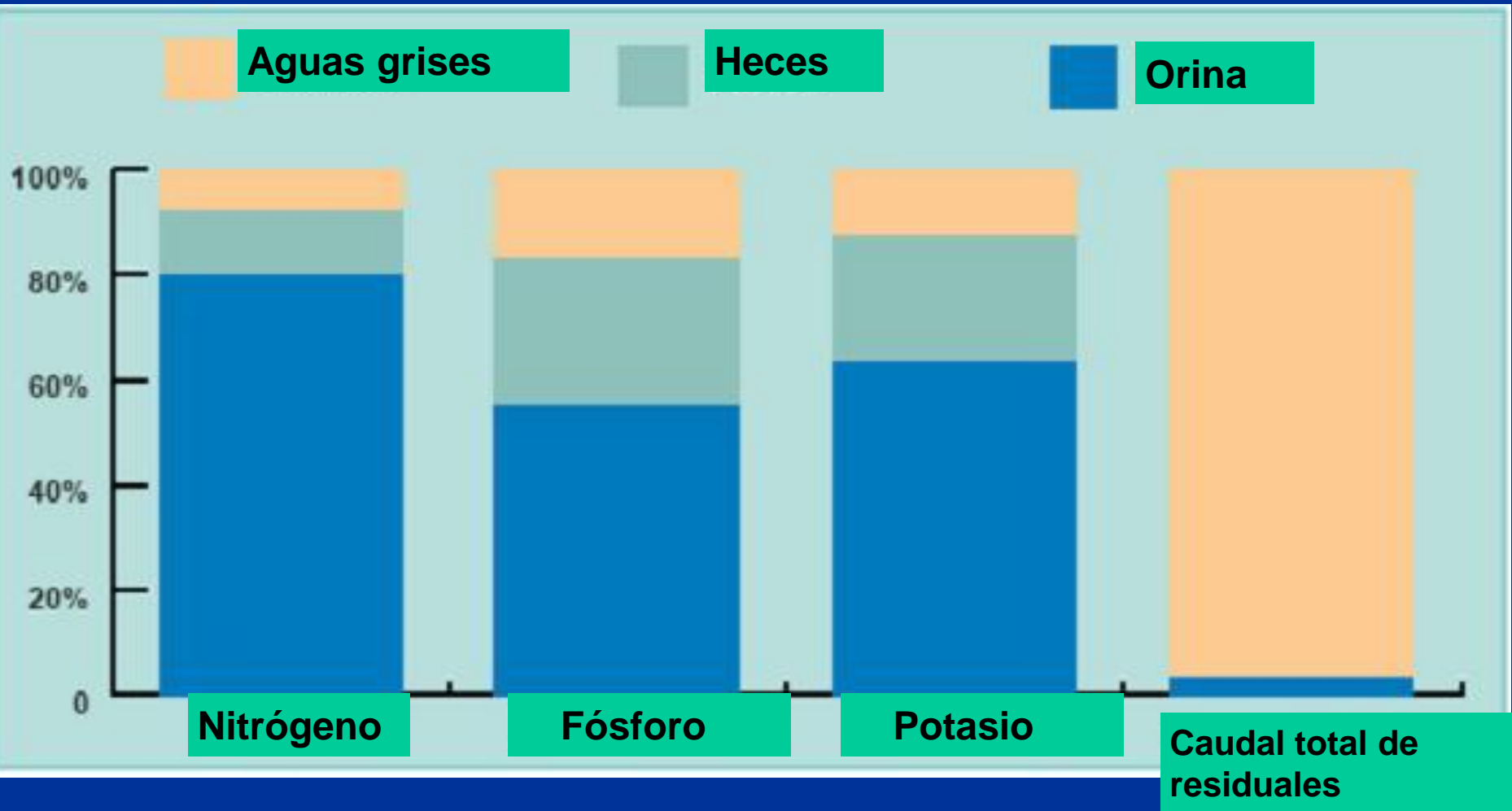
**“Sanitizar y reciclar”**

# Composición de los líquidos cloacales

	Kg/persona.año	Agua Gris 25.000 -100.000 l/persona/año	Orina ~ 500l	Heces ~ 50kg
N	~ 4-5	~ 3 %	~ 87 %	~ 10 %
P	~ 0,75	~ 10 %	~ 50 %	~ 40 %
K	~ 1,8	~ 34 %	~ 54 %	~ 12 %
DQO	~ 30	~ 41 %	~ 12 %	~ 47 %



# Contribución de las distintas fracciones en N, P y K

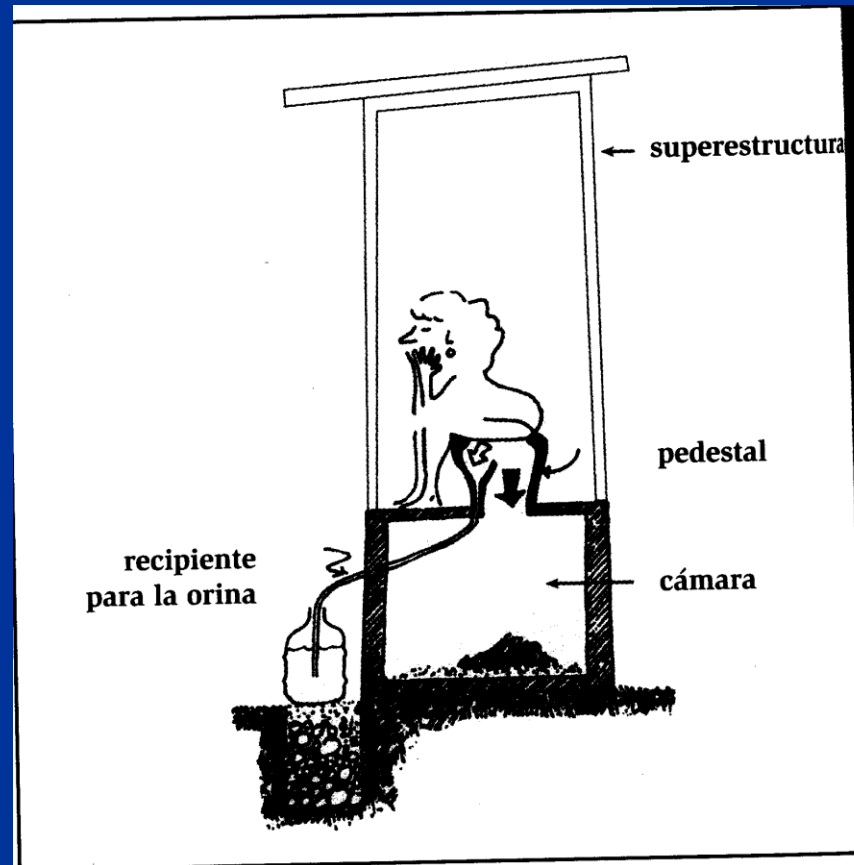


# Para Ecosan

La excreta humana es un **recurso**, no un desperdicio

**¿Cómo se puede  
implementar Ecosan ?**

# INODORO CON DESVIACION DE ORINA



# Inodoros con separación de orina



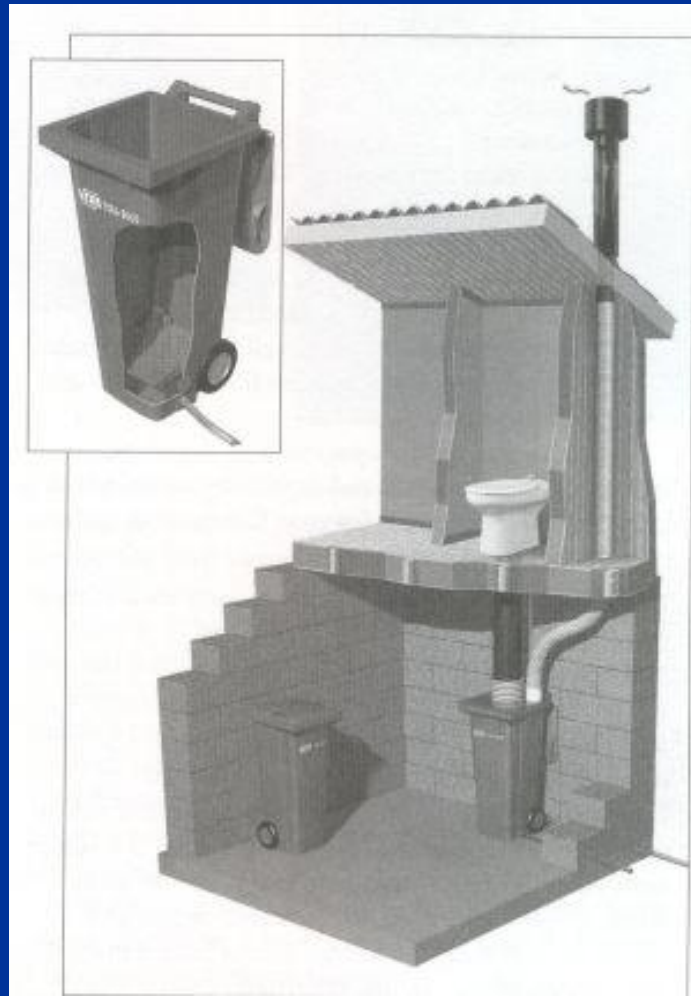
# INODORO Y MINGITORIO



# Cámaras de recolección y deshidratación de las heces



# Recolección de heces





¿Qué se hace con las  
heces?

# **ECOSAN- Tratamiento de las heces**

**Objetivo general:**

**Inactivación de microorganismos patógenos**

- ❖ Proceso primario**
- ❖ Proceso secundario**

# **ECOSAN- Tratamiento de las heces**

## **Tratamiento primario**

### **Objetivo específico:**

**Reducir el volumen y el peso de las heces para facilitar el almacenamiento, transporte y posterior tratamiento secundario**

# ECOSAN- Tratamiento de las heces

## Tratamiento primario

- ❖ Se almacenan las heces por un cierto período en recipientes ubicados en cámaras debajo del inodoro.
- ❖ Luego de 6-12 meses de almacenamiento se reduce la concentración de patógenos a través de la deshidratación, por el agregado de material seco y por el aumento de pH ( por adición de cal, cenizas).

# **ECOSAN- Tratamiento de las heces**

## **Tratamiento secundario**

### **❖ Objetivo específico**

**Convertir a las heces en un producto higiénicamente seguro como para retornarlo al suelo**

# **ECOSAN- Tratamiento de las heces**

## **Tratamiento secundario**

**Puede realizarse en el mismo domicilio o en una “eco-estación” de tratamiento.**

**El objetivo de este tratamiento es la **inactivación** de los patógenos.**

# Tratamientos secundarios: el más utilizado es el Compostaje

- ❖ Es un tratamiento aeróbico para degradación de materia orgánica
- ❖ Se mezclan las heces con residuos orgánicos domésticos (cáscaras de frutas, de papas, restos de vegetales, etc)
- ❖ En el proceso de degradación se alcanzan temperaturas de 55-60° C que inactivan los microorganismos patógenos más resistentes.

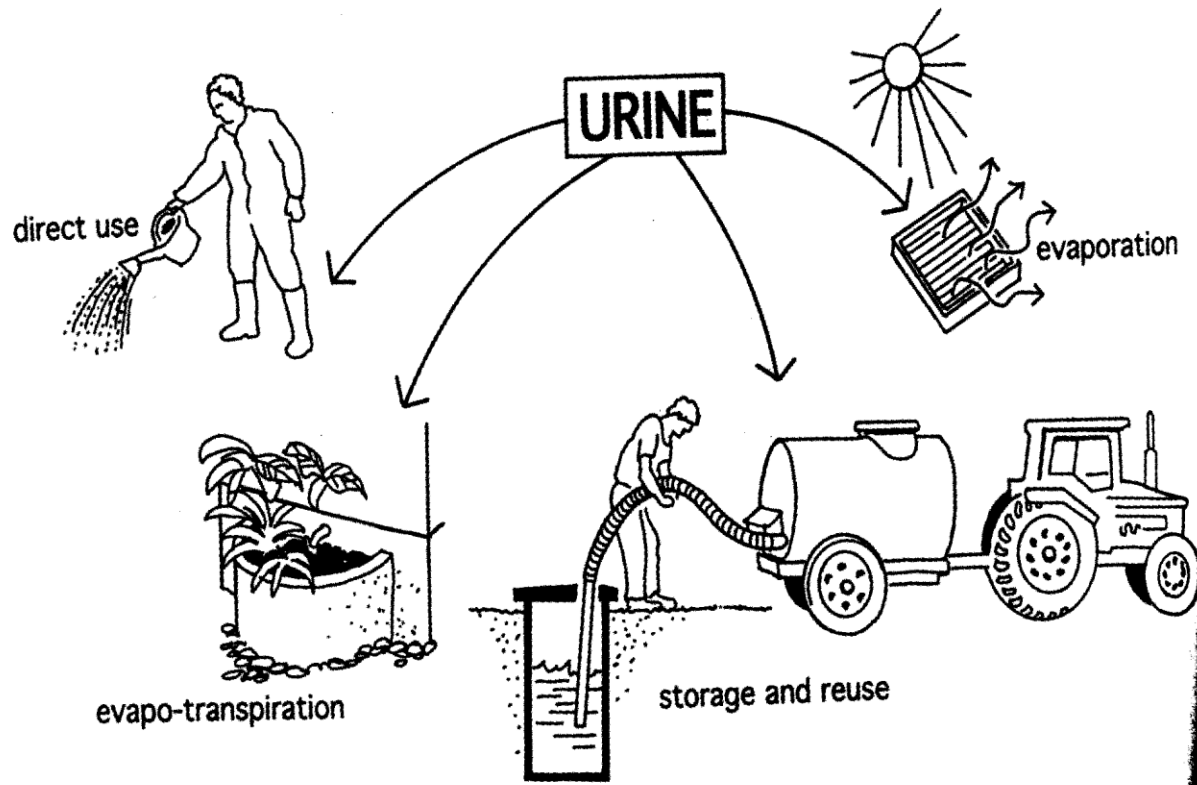
# Compostaje de heces junto con residuos orgánicos domésticos



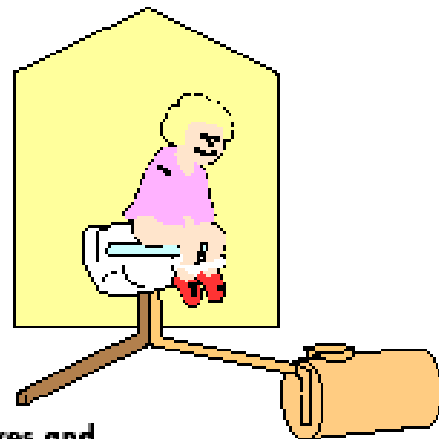


**¿Qué se hace con la  
orina?**

# USOS DE LA ORINA



# Sistema ECOSAN



**Faeces and  
toilet paper**

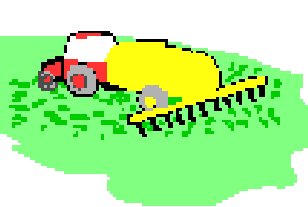
**Holding tank**



**Transportation**



**Storage tank**



**Application on farmland**

*Figure 2. Diagram illustrating a urine separation system from toilet to field.*

*Illustration: Kim Gutekunst*

# Tanque para almacenamiento de orina



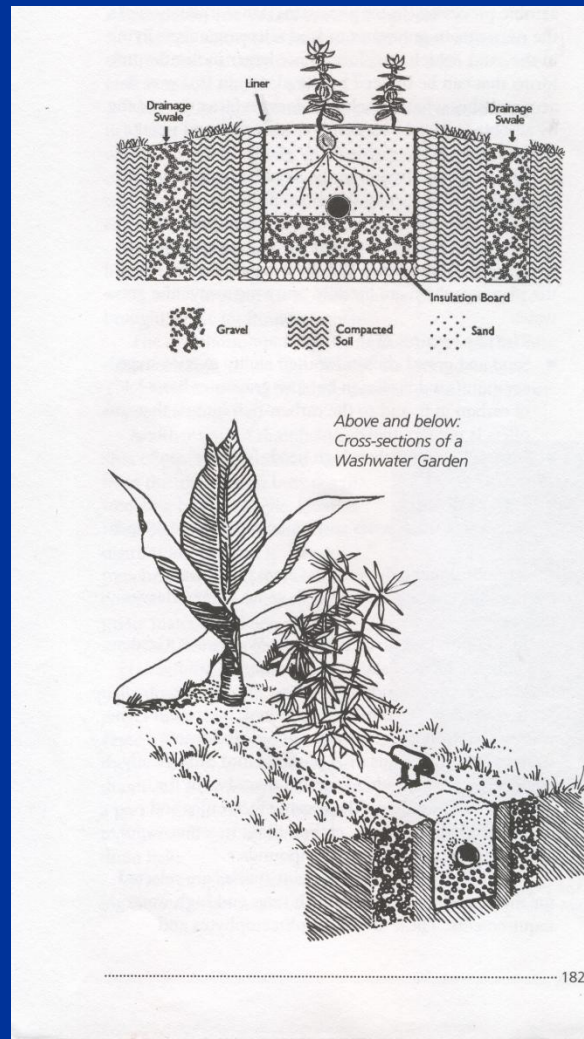


**¿Qué se hace  
con las aguas grises?**

# Aguas grises

- **Se tratan y se pueden reutilizar para riego o recarga de acuíferos**
- **Para su tratamiento se pueden aplicar cualquiera de los procesos biológicos que se utilizan en plantas convencionales**

# Washwater gardens





# Washwater garden



# EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE ECOSAN

# Baño público en Morelos, México



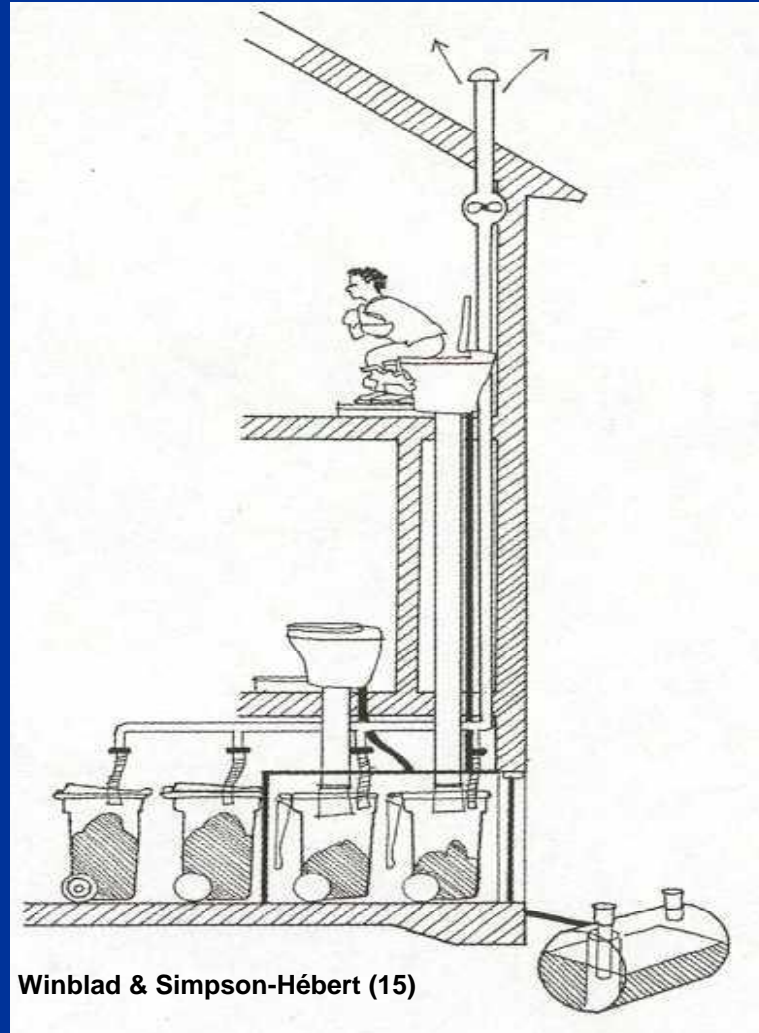
# En un parque temático: Xcaret en Península Yucatán



# BAÑO TRANSPORTABLE



# En edificios



Winblad & Simpson-Hébert (15)

# Edificio ecológico



# Departamento en casa ecológica





# Containers para recolección de heces



# Compost de heces junto con residuos sólidos domésticos



# Tanque para colección de orina



# Sitio de extracción de orina



# EKOPORTEN



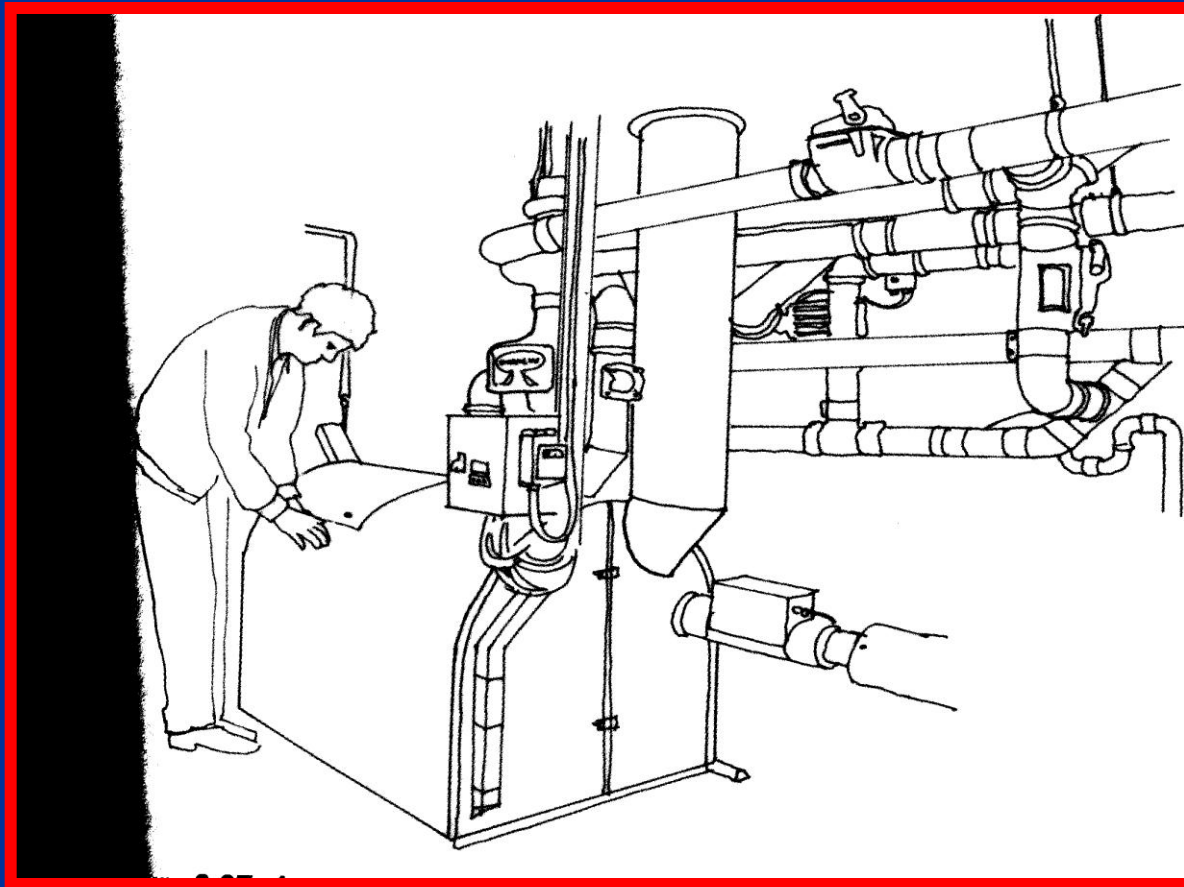
# Ekopoorten



# EKOPORTEN



# ESQUEMA EQUIPAMIENTO EKOPORTEN





# EKOPORTEN



# EKOPORTEN



# Compost de las heces



# Uso de orina para riego de jardín



# Frutos del jardín



# Regando el césped en casa de Häkan



# Ventajas de los sistemas ECOSAN



Source: (18)

- Reduce la diseminación de enfermedades de origen hídrico
- Promueve el reciclaje de nutrientes
- Conservación de recursos
- Preferencia por sistemas descentralizados.

# Desventajas de Ecosan

- Si los baños no tienen una adecuada ventilación y si el ambiente es húmedo, pueden producirse olores desagradables.
- No obstante que el producto final que se obtiene por la deshidratación/descomposición de las heces se parece al suelo, debe manipularse con cuidado por el riesgo de no haberse inactivado el 100% de los patógenos en dichos procesos primarios.



# Proyectos de demostración del Centro de Ingeniería Sanitaria

- ❖ Baño Seco
- ❖ Jardín de Aguas Grises (Washwater garden)

## Objetivos

- Investigar la inactivación de patógenos
- Evaluar su funcionamiento
- Evaluar la aceptación por parte de los usuarios
- Promover la difusión de alternativas ecológicas de saneamiento

# Asentamiento irregular: Puente Negro, sobre Arroyo Ludueña



# Asentamiento irregular: Puente Negro



# Asentamiento en Puente Negro



# Asentamiento irregular: Puente Negro



# ¿Porqué el washwater garden?

Para aguas de lavado



# Agua gris dentro de la casa

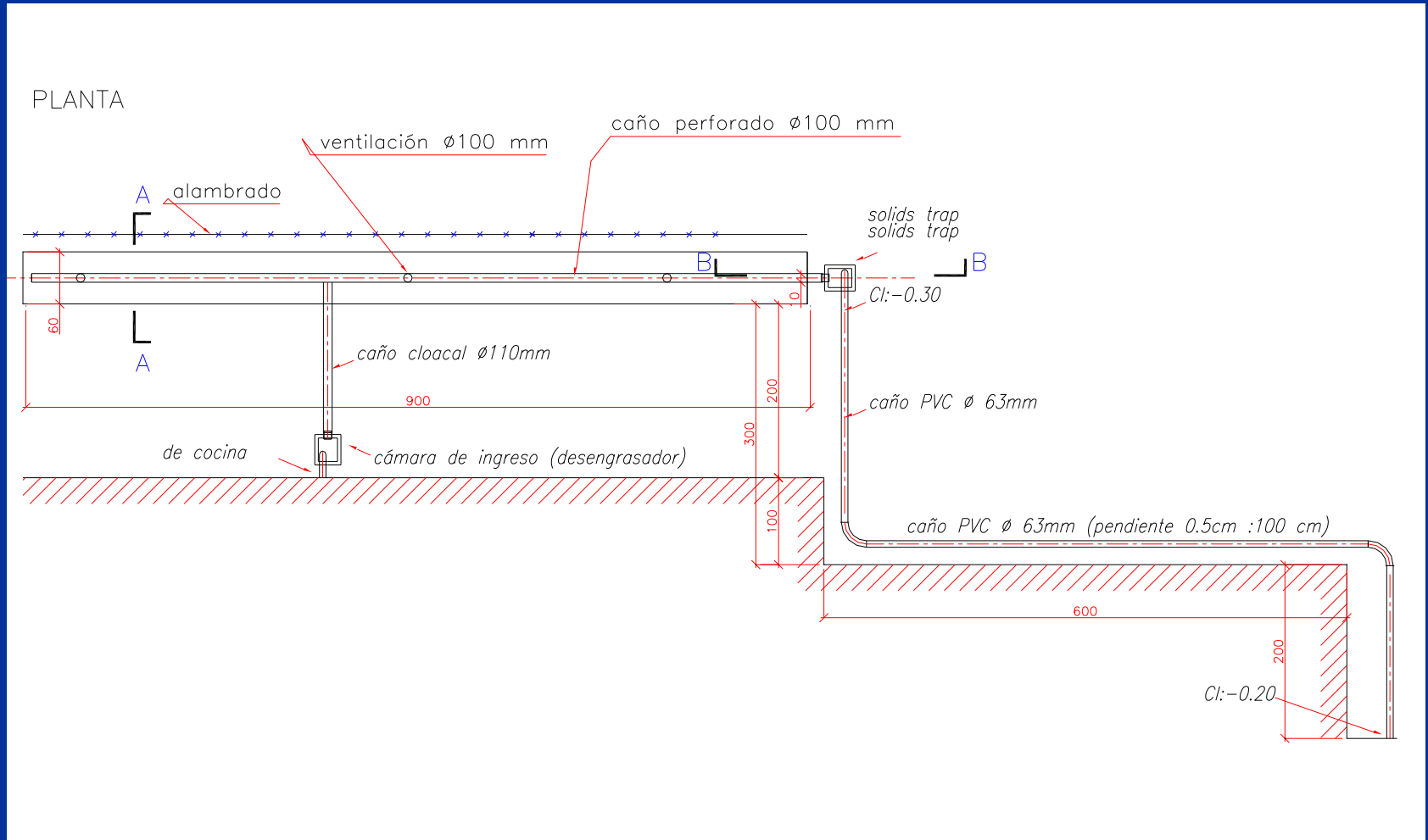


# ¿Por qué un washwater garden?

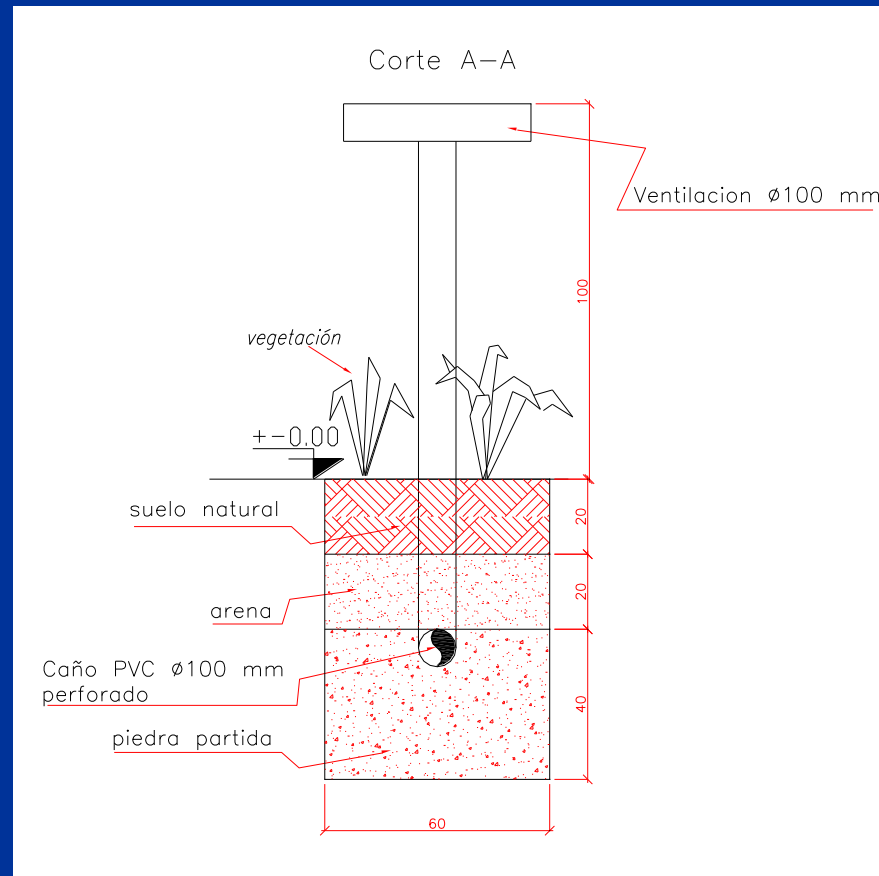
- **La gente no tiene dónde descargar las aguas grises.**
- **No hay suficiente espacio para tener huertas y poder utilizar el agua para riego**



# Esquema del jardín de aguas grises



# Esquema del jardín de aguas grises



# Grasera



# Construyendo el washwater garden



# Washwater garden



# Washwater garden



# Cámara con aguas grises (baño y lavadero)



# Cámara con desgües de cocina





# ¿Por qué un baño seco?

- ❖ Existen muchos problemas con los pozos absorbentes
- ❖ La disposición inadecuada de las excretas deteriora la calidad del agua y promueve la transmisión de enfermedades de origen hídrico.

# Problemas con los pozos absorbentes



# Conducción precaria de agua potable



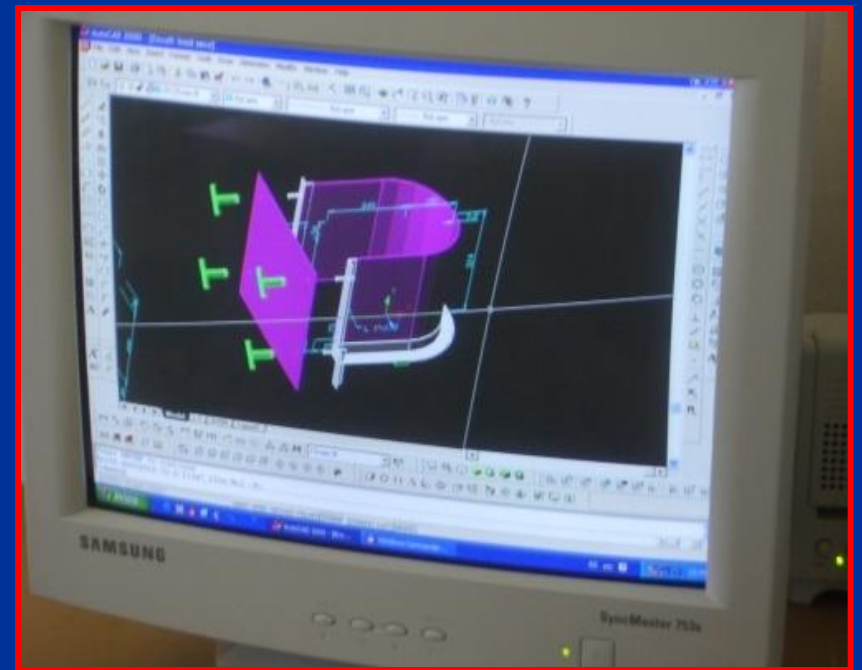
# Inodoros antivandálicos



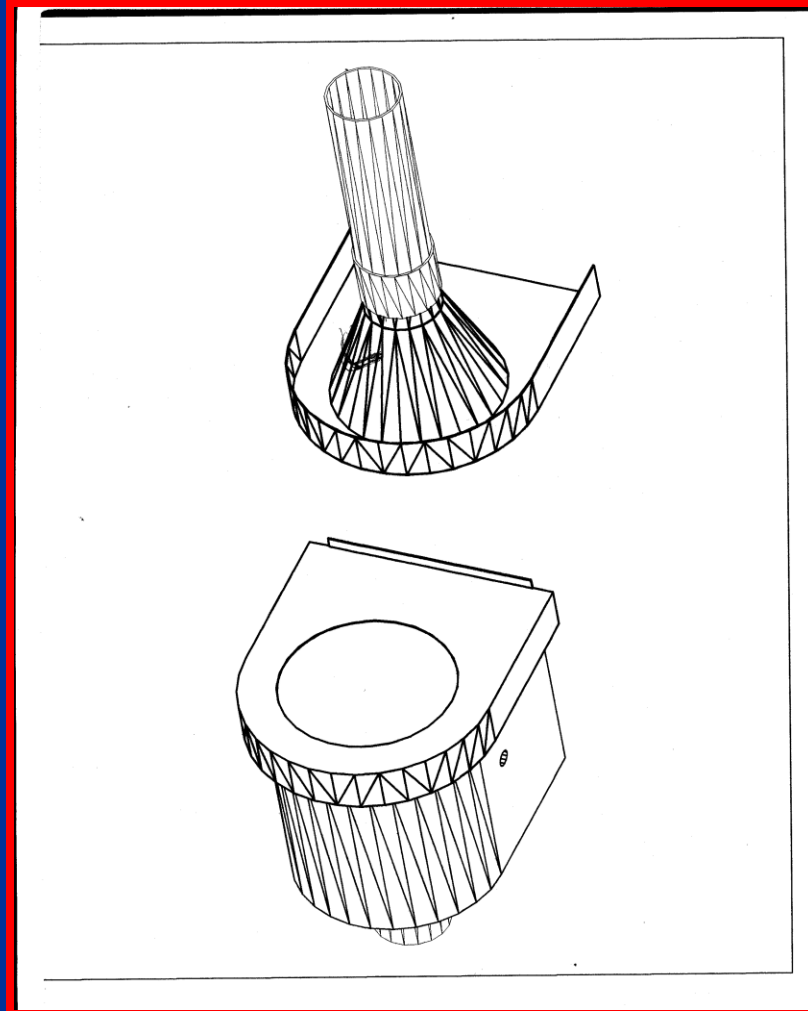
# Modificaciones realizadas



# Ing. Cervera diseñando el soporte de la tasa del inodoro con desviación de orina



# Esquema del soporte del inodoro

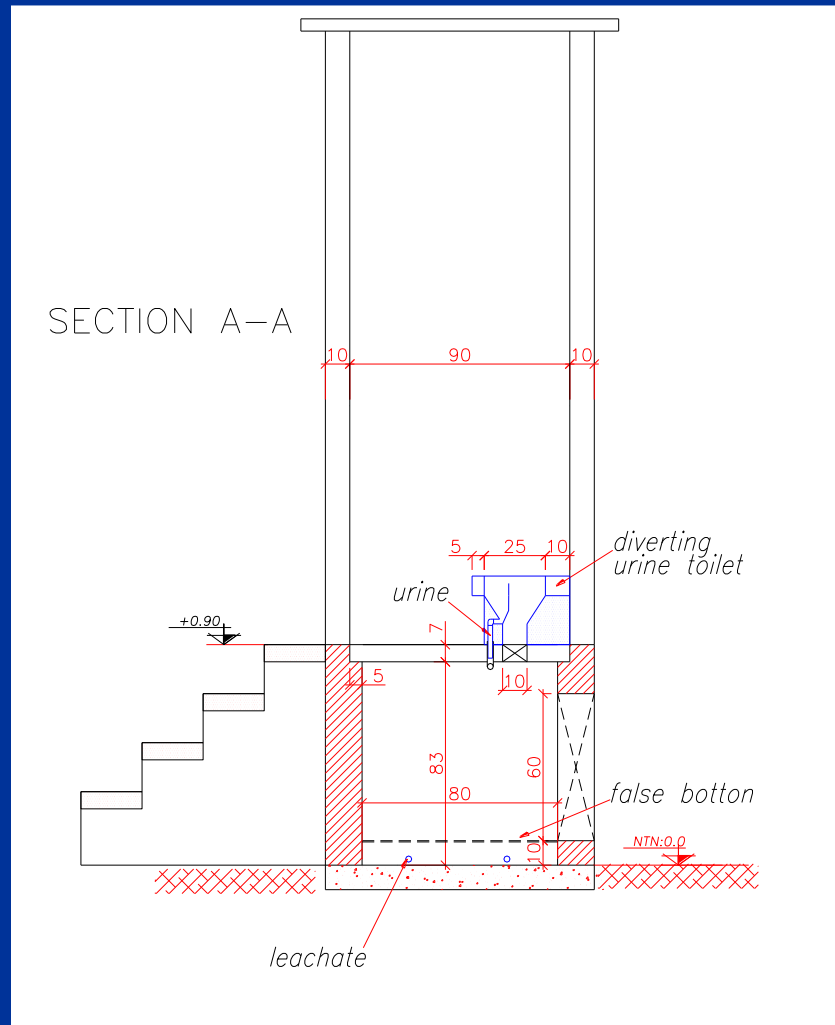


# Inodoro Construido

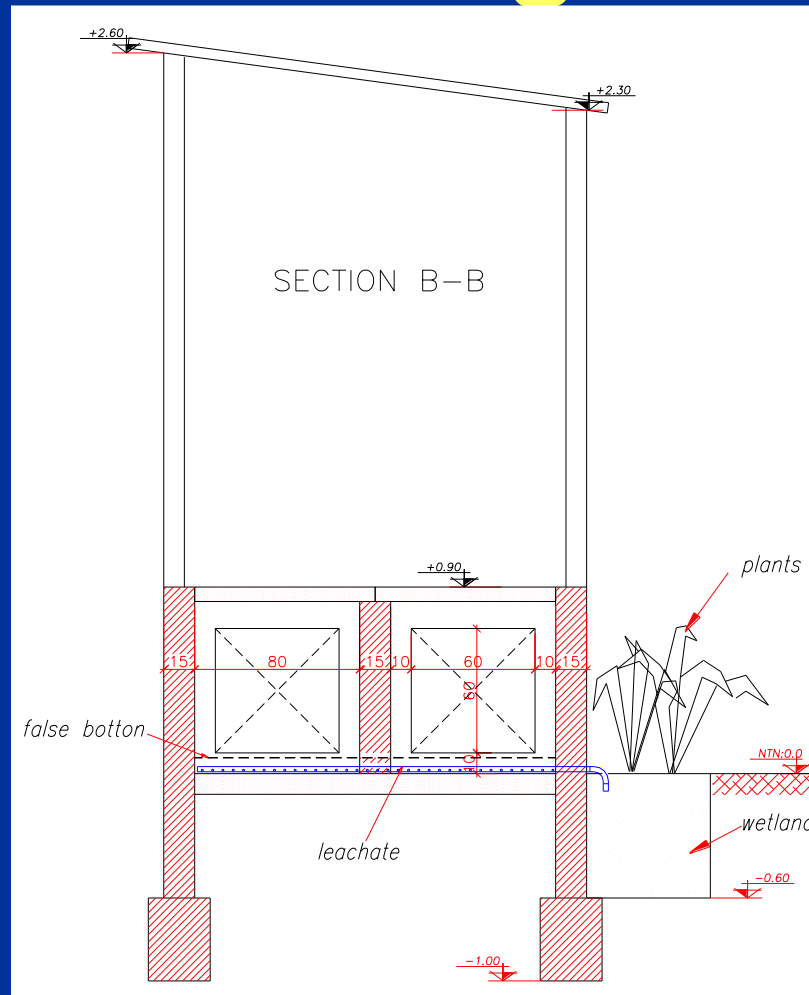




# Esquema del baño ecológico



# Esquema del baño ecológico



# ¿Dónde un baño seco?

En una vivienda donde varios integrantes de la familia estaban parasitados con *Áscaris lumbricoides*



Helmintos

Huevo



**Por qué *Áscaris*?**

Son los más resistentes a las condiciones ambientales

# Recolección de muestras de agua y heces para su análisis



# Baño seco en asentamiento irregular



# Preparación del agregado de suelo y cal



# Inodoro en baño seco

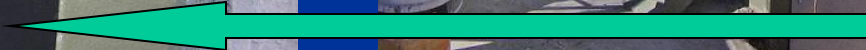
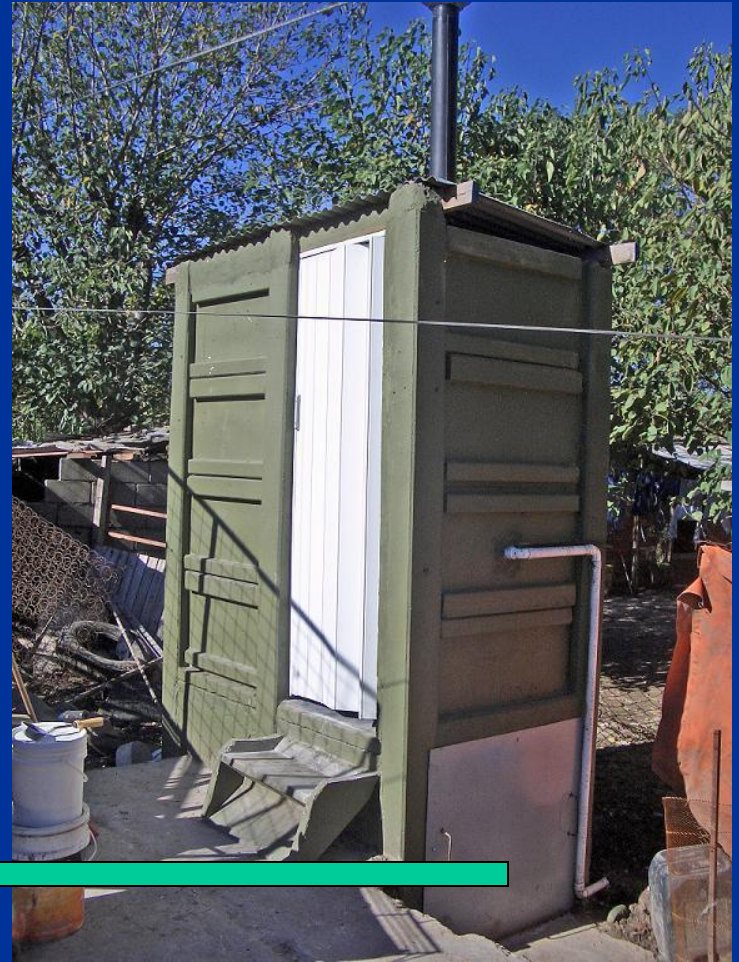


# Vista interior del baño





# Recipiente recolector de heces



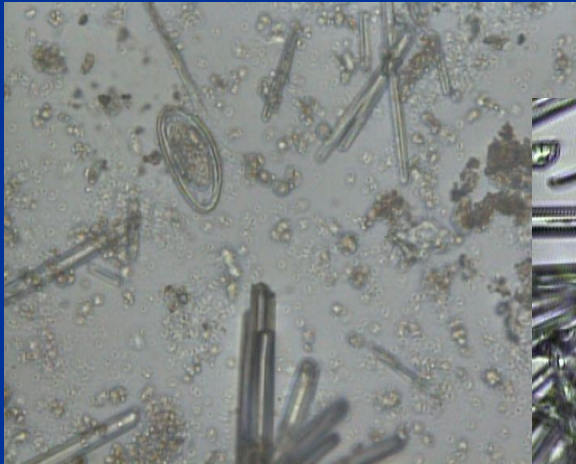
# Recolección de muestras



# Análisis de muestras (para detección de huevos de parásitos)



# Huevos de *Ascaris lumbricoides*



# CONCLUSIONES

En heces mezcladas con suelo y cal se obtuvieron los siguientes resultados

- Recuento de huevos de *Áscaris lumbricoides*
  - 400 huevos/10gMS (recolección)
  - 40 huevos/10gMS (deshidratación)

Luego de 170 días de recolección y deshidratación de heces siguió siendo elevado para cumplir con las regulaciones para uso irrestricto de las heces en la agricultura

A los 515 días de almacenamiento no se detectaron huevos de *Áscaris lumbricoides*

# CONCLUSIONES (cont.)

- ***Salmonella* sp.** no sobrevivió luego de 1 hora de contacto a pH 12.5; no registrándose recrecimiento luego de 5 días.
- **Coliformes fecales (termotolerantes)**
  - 11 NMP/gMS a pH 12.5 (recolección)
  - $4.2 \times 10^3$  NMP/gMS a pH 8.5 (recrecimiento durante el período de deshidratación aumentando paulatinamente su concentración por disminución del pH)

# CONCLUSIONES (cont.)

## Disposición de aguas grises

- El jardín de aguas grises es una tecnología apropiada para resolver el problema de su disposición en casos en que no se pueda implementar el reuso de las mismas.

- **El concepto ECOSAN es particularmente relevante para ciudades donde el agua y el dinero son escasos. Pero esto no debe ser considerado como una solución “de segunda” solamente para los pobres.**
- **Las distintas opciones de ECOSAN están disponibles para un amplio rango de condiciones socio-económicas.**





¡¡ Muchas Gracias !!