

# Sistemas de saneamiento ambiental

## Módulo 6



“Fortalecimiento de capacidades de Organizaciones Comunitarias Prestadoras de Servicios de Agua y Saneamiento (OCSAS) en América Latina”

En la construcción del Programa Regional de Fortalecimiento de Capacidades han participado las siguientes organizaciones y personas:

**Fundación Avina:**

Paula Burt, Paraguay  
Paola Cubides, Colombia  
Lil Soto, Costa Rica  
Rafael Luna, Costa Rica  
Cynthia Shiffman, Argentina

**CARE:**

Pedro Carrasco, Ecuador  
Consuelo Álvarez, Perú

**AQUACOL**

Luis Velasco, Colombia

**AGUA TUYA**

Marie Claude Arteaga, Bolivia

**AHJASA**

Omar Núñez, Honduras

**Consortio CAMAREN**

Fernando Larrea, Ecuador  
Soledad Aguirre, Ecuador

**EPILAS**

Gaspar Méndez, Perú

**Sistematización y compilación:**

Rolando Marín, Costa Rica

**Revisión metodológica y educación de adultos:**

Fernando Solíz Carrión

**Revisión equidad de género e interculturalidad:**

Nubia Zambrano, CARE - Ecuador

**Revisión comunicacional:**

Giovanna Tipán Barrera

**Diseño y diagramación:**

Joaquín e Iván Pérez



Personajes guías

**CARE Internacional en el Ecuador**

Av. Al Parque s/n y Alonso Torres, Galerías del Bosque Planta Baja - local 10. T. +593.2.2.253-615  
Quito - Ecuador  
[www.care.org.ec](http://www.care.org.ec)

**Fundación Avina**

Calle Evelio Lara, Casa N°131-B  
Ciudad del Saber, Clayton  
Panamá, República de Panamá  
Tel: +[507] 317 3408  
[www.avina.net](http://www.avina.net)

**Para citar la fuente:**

CARE Internacional-Avina. Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. Módulo 6: Sistemas de saneamiento ambiental   
Cuenca, Ecuador, Enero de 2012.



El presente módulo forma parte del Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades dirigido a los prestadores de servicios de agua potable y saneamiento comunitarios, es resultado de un proceso de compilación de propuestas y experiencias de capacitación impulsado y financiado en el marco del convenio entre CARE y Avina. Forma parte de una iniciativa amplia para el desarrollo de procesos de formación comunitaria en la región latinoamericana que contribuya a la gestión sostenible y equitativa de servicios de agua y saneamiento y el ejercicio de derechos. Al ser este un producto de conocimiento colectivo, se espera que pueda ser ampliamente compartido, debatido y usado



# Personalización

**Nombres:** \_\_\_\_\_

**Apellidos:** \_\_\_\_\_

**Dirección:** \_\_\_\_\_

**Teléfono:** \_\_\_\_\_

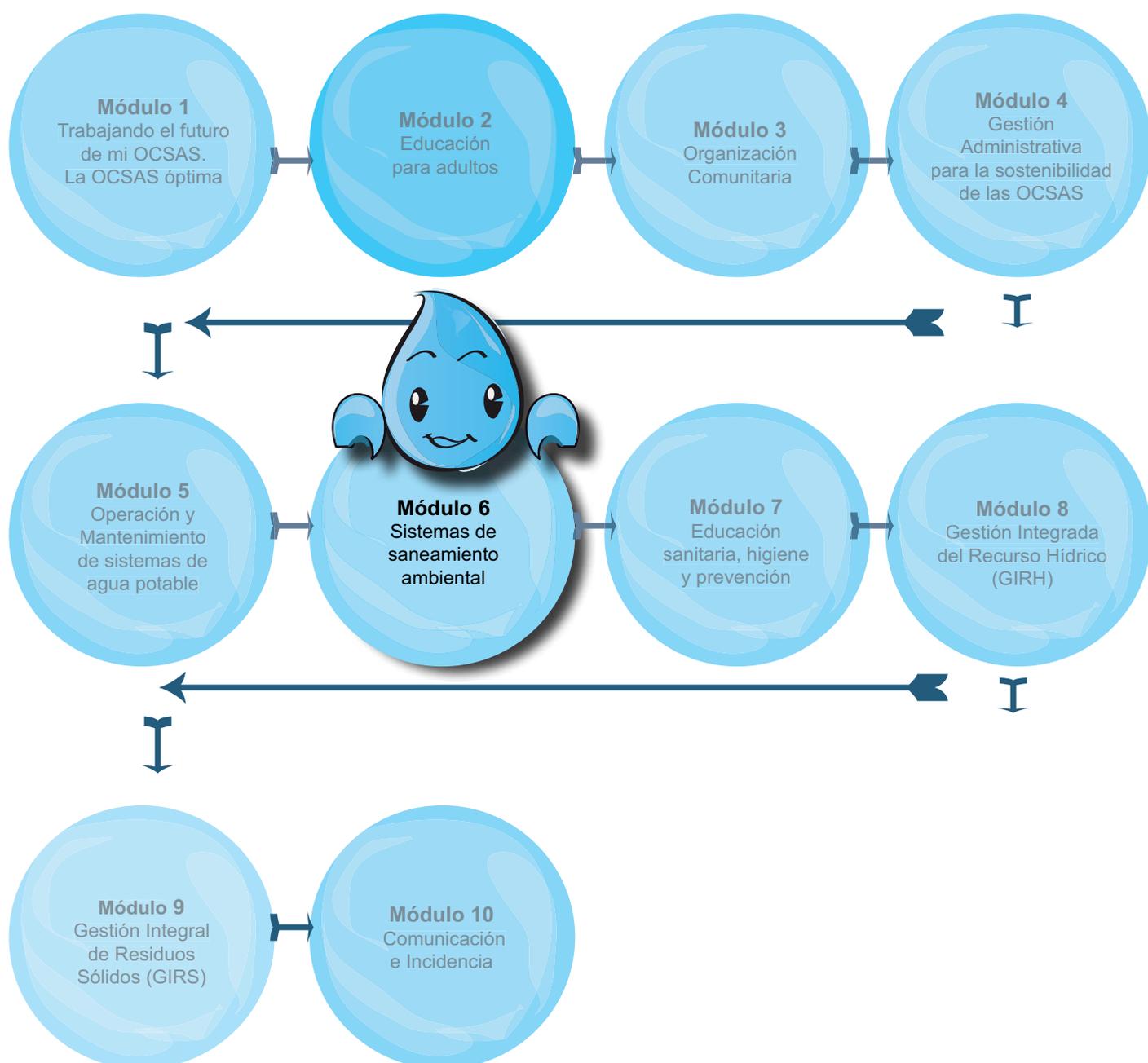
**Celular:** \_\_\_\_\_

**Ocupación:** \_\_\_\_\_

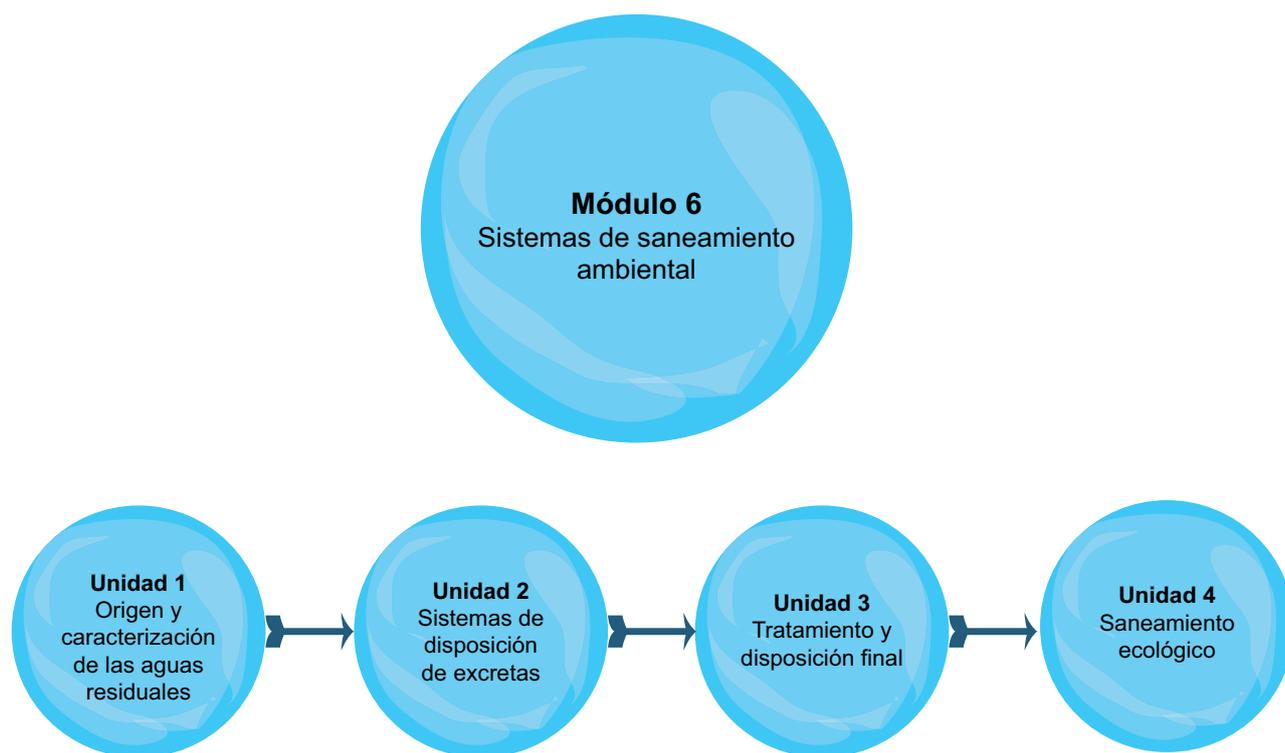
**Ciudad:** \_\_\_\_\_



# Mapa de la estructura curricular



# Mapa del módulo





# Tabla de Contenido

<b>Unidad 1: Origen y caracterización de las aguas residuales</b>	<b>p.11</b>
1.1 Introducción	p.14
1.2 Conceptos básicos	p.15
1.3 Origen de las aguas residuales	p.18
1.4 Caracterización de las aguas residuales	p.18
1.4.1 Características físicas	p.19
1.4.2 Características químicas	p.22
1.4.3 Medida de cantidad de materia orgánica (DBO y DQO)	p.24
1.4.4 Características biológicas	p.26
1.5 Organismos patógenos	p.31
1.6 Efectos causados por las aguas residuales	p.33
1.7 Degradación de la calidad del agua en los cuerpos receptores	p.34
1.8 Enfermedades relacionadas con el saneamiento	p.34
1.9 Autodepuración de los cursos de agua receptores	p.36
<b>Unidad 2: Sistemas de disposición de excretas</b>	<b>p.45</b>
2.1 Introducción	p.48
2.2 Sistemas de disposición de excretas/tipos de soluciones	p.50
2.2.1 Sistemas individuales	p.50
- Letrina sin arrastre de agua	
- Letrina sin arrastre de agua con pozo ventilado	
- Letrina sin arrastre de agua con pozo ventilado y de doble cámara	
- Letrina con arrastre de agua	
- Unidad Básica Sanitaria (USB)	
2.2.2 Sistemas Colectivos	p.61
- Sistemas convencionales de alcantarillado sanitario	
- Alcantarillado sin arrastre de sólidos	
- Alcantarillado condominial	
2.2.3 Sistemas sanitarios para centros escolares	p.67



<b>Unidad 3: Tratamiento y disposición final</b>	<b>p.82</b>
3.1 Introducción	p.84
3.2 Disposición en el agua y en el suelo	
3.3 Clasificación de los métodos de tratamiento de aguas residuales	p.89
3.4 Tratamientos domiciliarios y colectivos	p.90
3.4.1 Tanque o fosa séptica	p.91
3.4.2 Pozo de absorción prismático	p.99
3.4.3 Zanja de infiltración	p.100
3.4.4 Zanja de filtración	p.102
3.4.5 Filtros de arena	p.104
3.5 Lagunas de estabilización	p.106
3.6 Tratamientos naturales	p.107
3.6.1 Sistemas de Carga Baja	p.107
3.6.2 Sistemas de infiltración rápida	p.109
3.6.3 Sistemas de Riesgo Superficial	p.110
3.6.4 Terrenos pantanosos naturales y artificiales	p.111
<b>Unidad 4: Saneamiento ecológico</b>	<b>p.120</b>
4.1 Introducción	p.123
4.2 Sanear y reciclar	p.130
4.3 Saneamiento ecológico: prácticas tradicionales e ideas nuevas	p.136
4.4 Sistemas sanitarios basados en la descomposición (composta)	p.141
<b>Glosario</b>	<b>p.150</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>p.152</b>



# Objetivos del módulo



## ¿De qué trata este módulo?

Este módulo es una herramienta que paso a paso facilita a los personeros de la OCSAS, los grupos de la comunidad, al gobierno local y a las diferentes instituciones estatales, conceptos para el manejo adecuado de los sistemas de aguas residuales, alcantarillado y disposición de excretas promoviendo el saneamiento ecológico.

## ¿A quién se dirige el módulo?

El módulo está dirigido a los personeros de la OCSAS, a los grupos de la comunidad, al gobierno local o municipios, y todos los responsables del manejo de las aguas residuales, alcantarillado y disposición de excretas.

# Objetivo General:

La comunidad, la OCSAS, las autoridades municipales y/o institucionales, las organizaciones ambientales y el sector privado analizarán el contexto local, comunal o municipal del manejo de las aguas residuales, alcantarillado y disposición de excretas, promoviendo el saneamiento ecológico como una solución viable de acuerdo con la realidad de la comunidad.

## Objetivos específicos:

Al finalizar el módulo, las y los participantes sabrán:

- Conocer los elementos que componen el saneamiento ecológico, para que a través de los conocimientos adquiridos opten por una definición de acuerdo con los intereses individuales y de su comunidad.
- Promover un tratamiento adecuado para la disposición de las aguas residuales.
- Diseñar un baño ecológico seco como una alternativa saludable, con especial énfasis en lugares donde no se dispone de agua.

Podrán promover cambios a través de:

- Identificar los riesgos para la salud que representan las aguas residuales que no disponen de un tratamiento adecuado.
- La utilización del baño ecológico y la reutilización de la excreta y la orina como un nutriente importante para el suelo.
- Fomentar en la comunidad las prácticas de saneamiento ecológico.

Podrán adquirir las siguientes destrezas:

- Evaluar los riesgos para la salud al no disponer de un tratamiento adecuado para el manejo de las aguas residuales.
- Proponer un tratamiento para el manejo de las aguas residuales a través de un cambio de actitud y de comportamiento en las prácticas familiares para la disposición de las aguas generadas en la familia.
- Dirigir y/o construir un baño ecológico seco.



## Resumen del módulo

El presente módulo promueve un manejo y tratamiento adecuado para la disposición de las aguas residuales, el sistema de disposición de excretas y el sistema de alcantarillado, y abre las posibilidades para la implementación del saneamiento ecológico.

Además, presta especial atención a los problemas de salud que se generan por el mal manejo de uno de los sistemas descritos anteriormente, así como plantea una diversidad de soluciones gráficas que permiten tener un mejor entendimiento visual y optar por el sistema más conveniente para el manejo de las aguas residuales, sistema de alcantarillado, y disposición de excretas de acuerdo con el interés particular y/o comunitario.



# Unidad 1

## Origen y caracterización de las aguas residuales

### Introduciéndonos en el tema

#### Resumen:

En esta unidad se revisarán los conceptos básicos utilizados en saneamiento, con énfasis en el manejo de aguas residuales.

Se presentará la problemática regional en cuanto a la generación y medida de las aguas residuales domésticas, con énfasis en las condiciones de disposición de excretas y eliminación de las aguas residuales en el ámbito rural.

Se identificarán los problemas de salud derivados del mal manejo de las aguas residuales y se reconocerán las principales enfermedades causadas por estar en contacto con ellas.

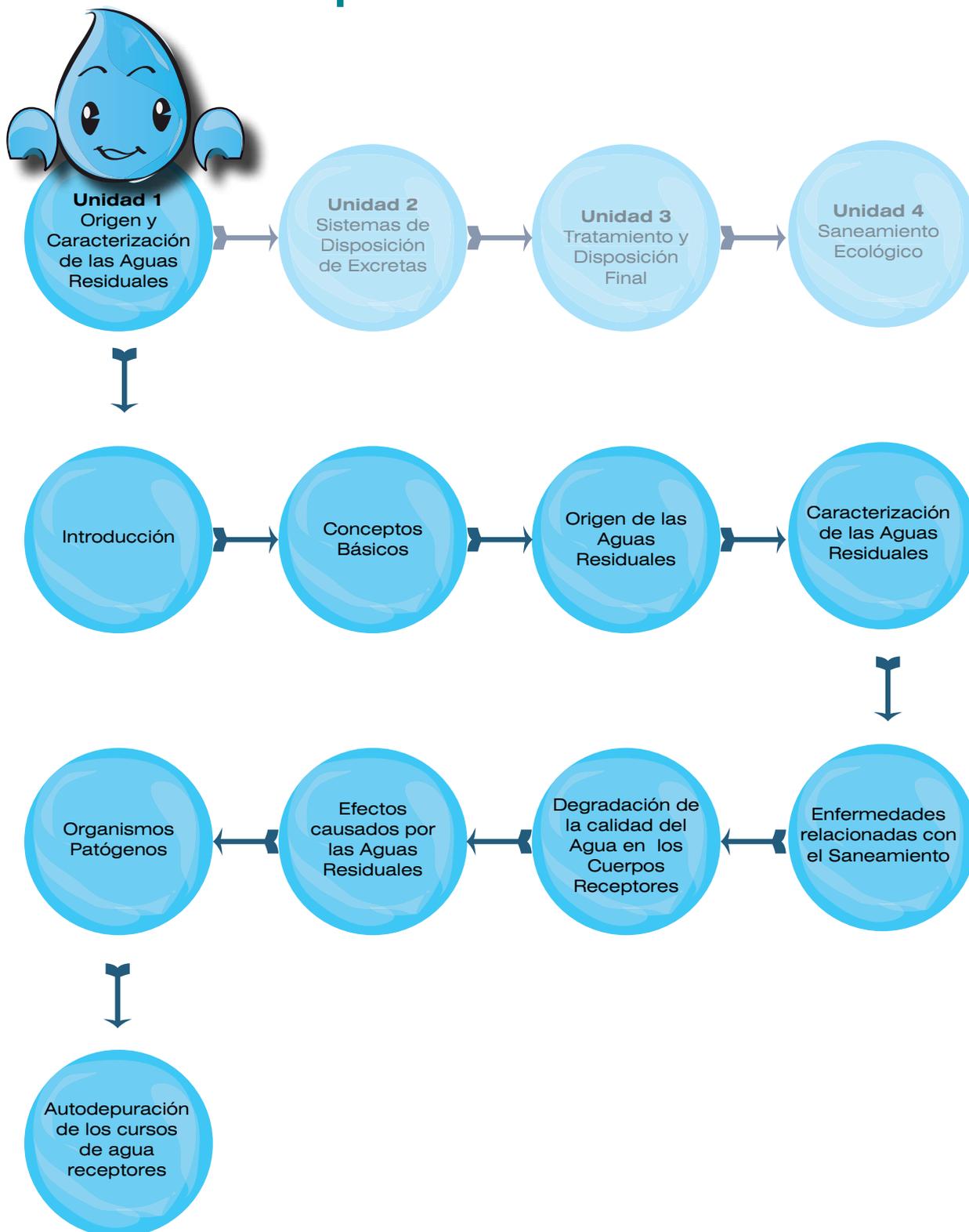
Se realizará un repaso de los principales contenidos de la normativa del sector.

#### Objetivos

Al finalizar esta unidad, las y los participantes estarán en condiciones de caracterizar el agua residual doméstica y la capacidad infectiva de la misma.

Podrán estimar el caudal de aguas residuales producido en una comunidad y conocerán las cifras promedio que se manejan con fines de diseño e identificación de la mejor opción para la localidad.

# Mapa de la unidad



## II. Desde mi experiencia

### Prueba de entrada - Unidad 1

Marque X si su respuesta es SÍ o NO y redacte un breve resumen en las preguntas 2, 3 y 4.

UNIDAD 1: ORIGEN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	SÍ	NO
1. ¿Considera usted que se pueden ocasionar enfermedades cuando no se da un tratamiento adecuado a las aguas residuales?		
<p>2. ¿Qué enfermedades usted conoce que se han presentado en su comunidad?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>3. ¿Qué medidas de control ha practicado para evitar las enfermedades?</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>4. ¿La comunidad dispone de un plan del manejo de las aguas residuales?.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>		

# III. Conceptualizando

## 1.1 Introducción

La recolección de aguas residuales comenzó a implementarse a inicios del siglo XIX y su tratamiento sistemático data de finales del mismo siglo y principios XX. Sin embargo, con el desarrollo de la teoría sobre gérmenes a partir de lo descubierto por Koch y Pasteur, en la segunda mitad del siglo XIX se inició una nueva era en el saneamiento ambiental. Anterior a esta época, sólo se tenían vagas ideas que relacionaban las enfermedades con las aguas residuales.

En la actualidad las comunidades producen tantos desechos líquidos como desechos sólidos. La porción líquida de los desechos -las aguas residuales- son básicamente las aguas de abastecimiento que han sido sometidas a diversos usos.

Partiendo de las fuentes de generación, las aguas residuales pueden ser definidas como la combinación del líquido o agua que transporta desechos producidos en residencias, instituciones, y establecimientos comerciales e industriales, junto con aguas subterráneas, aguas superficiales y aguas de tormenta.

Si se permite que las aguas residuales se acumulen, la descomposición de la materia orgánica que contienen puede producir malos olores derivados de los gases de descomposición. Adicionalmente, las aguas residuales no tratadas contienen numerosos microorganismos patógenos causantes de enfermedades. Las aguas residuales también contienen nutrientes que pueden estimular el crecimiento de plantas acuáticas, y también pueden ser tóxicos.

Por estas razones es muy necesaria la inmediata recolección de las aguas residuales desde sus fuentes de producción, seguidas por un tratamiento apropiado y adecuada disposición. En la actualidad, en muchos lugares del planeta y, principalmente en nuestra región, se están elaborando regulaciones nacionales y municipales, cada vez más exigentes para garantizar el tratamiento de estas aguas.

La ingeniería de aguas residuales es la rama de la ingeniería ambiental en la que los principios de la ciencia e ingeniería son aplicados a los problemas de contaminación de las aguas. La meta final del manejo de las aguas residuales es la protección del medio ambiente de tal manera de conciliar la salud pública con la economía, aspectos sociales y acuerdos políticos.

Las aguas residuales recolectadas en las poblaciones son, en última instancia, descargadas en cuerpos acuáticos receptores o en el terreno. La decisión sobre la cantidad y el tipo de contaminantes que deben ser removidos para proteger el medio ambiente debe ser analizada en cada caso particular. La respuesta a esta situación se debe hacer sobre la base de un estudio de las condiciones locales y sus necesidades, aplicación de conocimientos científicos y consideraciones legales existentes.

## 1.2 Conceptos básicos

Para iniciar este módulo, es importante familiarizarnos con algunos conceptos que son claves para un mejor entendimiento y aprovechamiento de los contenidos modulares. Es importante indicar que algunos conceptos serán profundizados durante el proceso.

- **Orina:** es el desecho líquido producido por el cuerpo para eliminar la urea y otros productos. En este contexto, el producto orina se refiere a orina pura, que no está mezclada con heces o con agua. Dependiendo de la dieta, la orina humana recolectada en un año es de aproximadamente 500 litros y contiene entre 2 y 4 kg de nitrógeno. Con la excepción de algunos casos raros, la orina es estéril cuando deja el cuerpo.
- **Heces:** se refiere a excremento (semisólido) sin adición de orina y/o agua. Cada persona produce aproximadamente 50 litros por año de materia fecal. Del total de nutrientes excretados, las heces contienen en promedio cerca de 10% nitrógeno, 30% fósforo, 12% potasio y tienen entre 107 y 109 coliformes fecales cada 100ml.
- **El agua de limpieza anal:** es agua recolectada que ha sido usada para limpiarse después de defecar y/u orinar. Es sólo la porción de agua usada por el usuario para la limpieza anal y no incluye materiales secos. El volumen de agua recolectada durante la limpieza anal oscila entre 0,5 litros y 3 litros por limpieza.
- **Aguas pluviales:** es el término general para el agua de lluvia recolectada de techos, caminos y otras superficies antes de que fluya hacia terrenos más bajos. Es la porción de la lluvia que no se infiltra en el terreno.
- **Aguas grises:** son las aguas generadas al lavar alimentos, ropa y utensilios de cocina, así como de la regadera y la bañera. Pueden contener pequeñas cantidades de excremento y, por lo tanto, también contener patógenos. Las aguas grises abarcan aproximadamente el 60% de las aguas de disposición final producidas en las residencias con inodoros de agua. Contiene pocos patógenos y su contenido de nitrógeno es solo 10–20% del de las aguas negras.
- **Agua de arrastre:** es el agua utilizada para transportar las excretas desde la interface del usuario a la siguiente tecnología. Puede ser agua cruda o tratada, agua de lluvia, aguas grises recicladas, o cualquier combinación de éstas puede usarse como fuente de agua de arrastre.
- **Los compuestos orgánicos:** son materiales orgánicos biodegradables, este término se refiere al material vegetal no digerido. Se deben agregar compuestos

orgánicos a algunas tecnologías para que puedan funcionar correctamente, por ejemplo, cámaras de compostaje. El material orgánico degradable puede incluir entre otras cosas, hojas, hierba ó desechos de los mercados.

- Los materiales secos de limpieza: papel, mazorcas, trapos, piedras y/u otros materiales secos que son usados para la limpieza anal en lugar de agua. Dependiendo del sistema, los materiales secos de limpieza pueden ser recolectados juntos con las heces o por separado. Aunque existen excepciones, los productos para la higiene menstrual como toallas sanitarias y tampones deben ser tratados con los materiales secos de limpieza que se describen aquí.

- Las aguas negras: son la mezcla de orina, heces y agua de arrastre junto con agua de limpieza anal y/o material seco de limpieza, por ejemplo, el papel higiénico. Las aguas negras contienen todos los patógenos de las heces y todos los nutrientes de la orina, diluidos en agua de arrastre.

- Lodos fecales: es el término general para los lodos primarios, o parcialmente digeridos, o los sólidos que resultan del almacenamiento de aguas negras o excrementos. La composición de los lodos fecales varía significativamente dependiendo de la ubicación, el contenido de agua y el almacenamiento, y de ella dependerá el tipo de tratamiento factible y las posibilidades de uso y disposición final.

- Lodos tratados: es el término general para los lodos fecales parcialmente digeridos o completamente estabilizados. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) tiene criterios para diferenciar entre los grados de tratamiento, y consecuentemente, las formas en que pueden ser utilizados esos diferentes tipos de lodos. El término lodo tratado se usa para indicar el lodo que ha pasado por algún nivel de tratamiento, aunque no se debe asumir que esos lodos tratados hayan sido tratados por completo o que ya sean automáticamente seguros. Su objetivo es el de indicar que los lodos han pasado por algún grado de tratamiento y ya no es materia prima. Es responsabilidad del planificador/formulador investigar sobre la composición, calidad y, por lo tanto, seguridad de los lodos tratados.

- Las excretas: se componen de orina y heces que no se han mezclado con agua. Las excretas tienen un volumen reducido, donde se concentran tanto los nutrientes como los patógenos. Dependiendo de la consistencia de las heces, son sólidas, suave o líquidas.

- Las aguas cafés: consisten en heces y agua de arrastre (aunque en realidad siempre hay algo de orina, ya que sólo se desvía el 70–85% de la orina). Las aguas cafés son generadas por los retretes de arrastre hidráulico que desvían la orina, y, por lo tanto, el volumen depende de la cantidad de agua utilizada. La carga de patógenos y de nutrientes de las heces no se reduce, sólo se diluye por el agua.

- Las heces secas: son las heces que han sido deshidratadas por altas temperaturas (y alto pH) hasta que se convierten en un polvo seco desinfectado. Se da muy poca degradación durante la deshidratación y esto significa que las heces secas aún son ricas en material orgánico. El volumen de las heces se reduce un 75%. Hay un pequeño riesgo de que algunos organismos puedan reactivarse en los ambientes adecuados.
- La orina almacenada: es orina que ha sido hidrolizada de forma natural con el tiempo, por ejemplo, la urea se ha convertido por medio de enzimas en dióxido de carbono y amonio. La orina almacenada tiene un pH de aproximadamente 9. Después de 6 meses de almacenamiento, el riesgo de transmisión patógena, por posible contaminación fecal, se reduce considerablemente.
- Efluente tratado: es el término general para el agua que ha pasado por algún nivel de tratamiento y/o separación de sólidos. Se origina ya sea en la tecnología de recolección y almacenamiento/tratamiento o en una de tratamiento semi centralizado. Dependiendo del tipo de tratamiento, el efluente puede estar completamente desinfectado o puede requerir tratamiento adicional antes de poder ser usado o para su disposición final.
- Composta/eco humus: es el material café/negro terroso que resulta de la materia orgánica descompuesta. Generalmente la composta/eco humus está suficientemente desinfectada como para usarla de manera segura en la agricultura. Debido a la filtración, algunos nutrientes se pierden, pero el material aún es rico en nutrientes y materia orgánica.
- Biogás: es el nombre común para la mezcla de gases liberados por la digestión anaeróbica. De manera típica, el biogás se compone de metano (50–75%), dióxido de carbono (25–50%) y una cantidad variable de nitrógeno, sulfuro de hidrógeno, agua y otros componentes.
- Forraje: se refiere a las plantas acuáticas o de otro tipo que crecen en camas secas o humedales artificiales y pueden ser cosechadas para alimentar al ganado.

### 1.3 Origen de las aguas residuales

En la actualidad el agua potable que llega a los hogares tiene múltiples usos:

- Bebida para personas y animales domésticos
- Preparación de alimentos
- Lavado de ropa
- Limpieza del hogar
- Aseo personal
- Evacuación de excretas
- Riego de jardines y huertas familiares
- Actividades pecuarias (gallineros, chancheras, establos, etc.)
- Lavado de vehículos, entre otras.

A excepción del riego de jardines y huertos familiares, todos los usos detallados generan desechos que se componen del agua de abastecimiento y las sustancias que se fueron agregando durante el ciclo de uso en el hogar, que generalmente son desechos de alimentos, material de limpieza, aceites, grasas, orina, excretas y detergentes.

Durante el ciclo de uso, el agua de abastecimiento experimenta transformaciones debido a la inclusión de materiales extraños, como los nombrados, que cambian sustancialmente sus características físicas, químicas y bacteriológicas.

Generalmente, las normas sanitarias estipulan que entre el 70 y 80% del agua de abastecimiento que ingresa a un hogar es convertida en agua residual. Este dato nos permite visualizar de manera preliminar el volumen de aguas residuales que se espera produzca una vivienda o una comunidad.

## 1.4 Caracterización de las aguas residuales

Como se mencionó en la sección anterior, las aguas residuales están compuestas por agua de abastecimiento y por las sustancias que han sido agregadas durante el ciclo de uso del agua potable.

El componente mineral, en términos generales, no causa problemas para la disposición de las aguas, especialmente cuando estos minerales son los mismos que formaron parte integrante del agua de abastecimiento. Cuando el incremento de los compuestos minerales sea de otra índole y se estime que puedan causar problemas, estos deben ser analizados en todos los aspectos.

Las sustancias de naturaleza orgánica, que están en mayor proporción que los minerales, confieren una serie de propiedades indeseables al desecho, especialmente cuando los microorganismos atacan los diversos complejos orgánicos presentes en el agua, estabilizándolos parcialmente o destruyéndolos, generando productos intermedios y finales, que producen malos olores y apariencia física objetable.

Adicionalmente los microorganismos pueden ser patógenos, lo que significa que las aguas residuales pueden ser extremadamente peligrosas para la salud del ser humano.

Para lograr una adecuada caracterización de las aguas residuales, se consideran tres aspectos fundamentales:

1. Parte física
2. Parte química
3. Parte biológica.

### 1.4.1 Características físicas:

**Sólidos totales:** están constituidos por la materia flotante, material sedimentable, coloidal y en suspensión. Este parámetro, dentro de la caracterización física, es el de mayor importancia, puesto que su influencia para el dimensionamiento y control de operaciones en las unidades de tratamiento es fundamental.

De acuerdo a las características de la materia sólida, se implementan una serie de operaciones unitarias para el tratamiento. Su contenido es aproximadamente de 0,08% del volumen de los desechos; el agua conforma el 99,2% restante.

Los sólidos flotantes son aquellos materiales que por sus características permanecen en la superficie del líquido, entre estos: plásticos, madera, restos de vegetales, animales muertos, artículos de higiene, etc.



Desde el punto de vista de tratamiento, no presentan mayores dificultades, pues son fácilmente removidos desde la masa líquida mediante el uso de rejillas a través de una operación manual o mecánica. El problema mayor que ocasionan estos materiales flotantes es de tipo estético, y obviamente, si no son removidos en una estación depuradora, producirán interferencias en el tratamiento, especialmente en el equipo.

El contenido total de sólidos del agua residual es definido como “la materia que permanece como residuo después de someter a evaporación con temperatura de 103°C a 105°C”.

Si este residuo es calcinado a 600°C, las sustancias orgánicas se volatilizan y las minerales permanecen como ceniza, resultando de este hecho la clasificación de sólidos volátiles (sinónimo de orgánico) y sólidos fijos.

El conocimiento de la cantidad de materia orgánica es básico en términos de tratamiento biológico de los desechos y de los sólidos que resultan de este tratamiento, puesto que nos dan indicios sobre la bio-tratabilidad del mismo.

Los sólidos totales pueden ser clasificados en:

- Sólidos suspendidos o no filtrables
- Sólidos filtrables.

Esto se logra pasando una muestra del agua residual a través de un filtro de fibra de vidrio cuyo tamaño de poro medio es de 1.2 micrómetros. Los sólidos suspendidos se clasifican en dos fracciones, una de sedimentables y de no sedimentables.

Los sólidos sedimentables son aquellos sólidos que sedimentan en la parte inferior del cono llamado Imhoff, durante un período de 60 minutos; estos son expresados en ml/l y nos dan una medida aproximada de la cantidad de lodos que serán removidos en el sedimentador primario.

La porción de sólidos no sedimentables es finamente dividida y no sedimenta en el período arbitrario de dos horas. Para fines prácticos será removida mediante coagulación, oxidación biológica, seguida de sedimentación.

Los sólidos filtrables están a su vez formados por una parte coloidal y otra disuelta. Los sólidos filtrables coloidales tienen tamaños que varían entre 0.001 a 1 micra; estas partículas no pueden ser separadas por sedimentación simple, requiriéndose implementar coagulación u oxidación biológica y posterior sedimentación para su eliminación, al igual que la porción de sólidos no sedimentables.

Los sólidos filtrables disueltos están compuestos por moléculas orgánicas, inorgánicas e iones que están en verdadera solución en el agua.

Todas las categorías de sólidos tienen, como se mencionó, una parte volátil u orgánica y otra mineral o fija y se expresan en miligramos por litro, a excepción de los sólidos sedimentables cuya unidad de medida es mililitros por litro.

Olor: Los olores característicos de las aguas residuales son causados por los gases producidos en la descomposición de la materia orgánica, o por la presencia de sustancias agregadas al agua residual.

Las aguas residuales recién formadas, o "frescas", tienen un olor característico que es desagradable pero se lo califica como "soportable".

Cuando las aguas residuales se encuentran en estado de septicidad, es decir en estado de descomposición, que puede deberse a una permanencia prolongada en el sistema de alcantarillado o a otras causas, tienen olores desagradables, que se originan en la descomposición anaerobia de la materia orgánica. Un olor típico que se presenta en este estado es a huevos podridos, que se debe

a la presencia de ácido sulfhídrico que es producido por microorganismos anaerobios.

Olores diferentes se producen por la presencia de sustancias que son agregadas en procesos industriales.

Efectos del olor: El principal efecto sobre los seres humanos es el stress psicológico. Los olores desagradables pueden producir disminución del apetito, bajo consumo de agua de bebida, respiración inapropiada, náusea y vómito, y perturbación mental.

Las relaciones interpersonales pueden verse afectadas y adicionalmente se dan efectos económicos negativos en lo referente a desvalorización de la propiedad.

Se puede mencionar que el uso de letrinas que no tienen un mantenimiento adecuado genera olores en extremo desagradables que han traído como consecuencia una decreciente popularidad del uso de estas tecnologías, llegando a su abandono o cambio de uso. Se considera que este es un factor que debe ser analizado.

Temperatura: Debido a las actividades domésticas, la temperatura de las aguas residuales es mayor que la del agua de abastecimiento, y también es superior a la del ambiente.

Es un parámetro importante por los efectos sobre las reacciones químicas y biológicas que están en estrecha relación con los procesos de tratamiento de las aguas residuales, así como con los fenómenos presentes en la autopurificación de cuerpos receptores.

Color y turbiedad: Indican la "condición" del agua residual, lo que significa la edad de la misma.

Así una agua de color gris, acompañada de cierta turbiedad, es típica de un desecho reciente. El color negro es característico de un agua en estado séptico, que está en estado de descomposición parcial y en donde se han desarrollado condiciones anaerobias.

La turbiedad se utiliza generalmente para apreciar la calidad de los efluentes de las plantas depuradoras. Además, razones estéticas y de desinfección están ligadas a la turbiedad.

#### **1.4.2 Características químicas:**

En su composición química, las aguas residuales pueden contener materia orgánica e inorgánica.

Materia orgánica: En un agua residual doméstica, se conoce que alrededor del 70% de los sólidos suspendidos y el 40% de los sólidos filtrables son de origen orgánico.

Estos sólidos proceden del reino animal y el vegetal, y de las actividades humanas.

Los compuestos orgánicos están formados normalmente por una combinación de carbono, oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, y otros elementos en menor proporción, tales como azufre, hierro, fósforo.

Los grupos de sustancias orgánicas en las aguas residuales están constituidos principalmente por:

- Proteínas, en un rango que varía entre 40 y 60%
- Carbohidratos, cuyo rango varía de 25 a 50%
- Grasas, alrededor de 10%
- Urea y otras moléculas orgánicas sintéticas, tales como surfactantes y pesticidas.

Proteínas: Son los principales constituyentes de los organismos animales y tienen una amplia distribución entre las plantas. Están formadas por carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno. En muchos casos, azufre, fósforo y hierro están presentes.

Tienen una estructura química compleja y son inestables, están sujetas a muchas formas de descomposición, y existen las solubles y las insolubles en agua.

El nitrógeno mantiene una proporción del 16 %, propiedad esta que permite una determinación del contenido proteico de un desecho. El ácido sulfhídrico presente en los desechos se debe al azufre que contienen las proteínas.

En el cuerpo humano las proteínas sirven para la formación y mantenimiento del tejido muscular.

Su ocurrencia en la naturaleza es muy amplia.

Carbohidratos: están compuestos por carbono, oxígeno e hidrógeno, y entre ellos se incluyen los azúcares, almidones, celulosa y fibra de madera.

Algunos carbohidratos, tales como los azúcares, son solubles en el agua, mientras que otros, tales como los almidones, no son solubles en el agua.

Los carbohidratos comúnmente encontrados en las aguas residuales son de

fácil descomposición bacteriana, produciendo en su descomposición ácidos orgánicos.

Otros carbohidratos, tales como la celulosa y hemi - celulosa son de difícil descomposición.

Grasas y aceites: están presentes en las aguas residuales domésticas y se originan por el uso de manteca, margarina, mantequillas y aceites vegetales en la preparación de alimentos.

El contenido de estos elementos puede causar muchos problemas, tanto en las tuberías de alcantarillado así como en las estaciones depuradoras.

Surfactantes (tenso-activos): son moléculas orgánicas sintéticas, empleadas para la elaboración de detergentes. Su presencia es cada vez mayor en las aguas residuales y el problema más grave que causan es la formación de espumas, tanto en las estaciones depuradoras como en cuerpos receptores.

Contaminantes prioritarios: en este grupo se consideran productos orgánicos tanto como inorgánicos. Son seleccionados en base al conocimiento o presunción de sus características de cancerígenos, productores de mutaciones o de alta toxicidad.

Como ejemplos se puede mencionar el arsénico, el plomo, el tolueno, el selenio, el mercurio, el clorobenceno, la plata, el diclorometano, el cadmio, el benceno, el endrín, el cromo, y el etilbenceno, entre otros.

Estos compuestos no se esperan en un agua residual doméstica, pero se estima conveniente que el lector tenga el conocimiento al respecto.

Pesticidas y químicos agrícolas: normalmente no llegan a las tuberías de alcantarillado pero su presencia es frecuente en ríos y lagos. Hasta allí llegan provenientes de las prácticas agrícolas, pudiendo llegar a contaminar o degradar estos cuerpos receptores que, eventualmente, pueden ser usados como fuente de abastecimiento de agua de bebida para otra comunidad.

#### **1.4.3 Medida de la cantidad de materia orgánica (DBO y DQO):**

Para la determinación del contenido orgánico en las aguas residuales se utilizan técnicas de laboratorio.

En este punto se hará una breve descripción de los ensayos usuales, indicando en qué consisten y cuál es su aplicación en el tratamiento de los desechos. Los ensayos más empleados son:

**Demanda Bioquímica (o Biológica) de Oxígeno (DBO):** Se define como “la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para estabilizar la materia orgánica carbonosa que existe en una muestra”.

Desde la definición se deduce que las condiciones deben ser aeróbicas y, por otro lado la existencia de materia orgánica y las condiciones generales que permitan la presencia de microorganismos deben ser establecidas, tales como: temperatura adecuada, mezcla apropiada, un tiempo de residencia que permita el desarrollo del sustrato microbiano para que sea posible la metabolización de la materia orgánica, la no presencia de sustancias que inhiban el crecimiento o la actividad microbiana.

Se establece que la cantidad de oxígeno consumida es proporcional (de primer orden) a la materia orgánica metabolizada, pudiendo desde aquí cuantificar la masa orgánica que existe en un determinado desecho y que hará posible el posterior dimensionamiento de las unidades de tratamiento, así como la determinación de su eficiencia. Cuanto mayor es el grado de contaminación orgánica, mayor es el valor de la DBO, paralelamente, a medida que se estabiliza la materia orgánica decrece la DBO.

Esta prueba está ligada a un tiempo y a una temperatura. El tiempo de duración del ensayo se ha normalizado en 5 días, debido a que interesa conocer la cantidad de oxígeno consumida en la llamada primera etapa de la DBO. En ella no intervienen las bacterias nitrificantes, nitrosomonas y nitrobacterias, cuya acción empieza a partir de los 7-9 días y produce un consumo adicional de oxígeno, el mismo que no se considera en la prueba de la DBO, pero que es menester tener presente en la concepción del tratamiento. La temperatura del ensayo está normalizada en 20°C.

Para el agua residual doméstica, los valores normales de la DBO varían entre 100 y 300 mg/lit. De acuerdo con la normatividad actual se espera que en las estaciones depuradoras la reducción de la DBO llegue a valores entre 20 y 30 mg/lit, dependiendo de varias condiciones, especialmente de las existentes o esperadas en los cuerpos receptores.

**Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Corresponde a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar la materia orgánica mediante la utilización de un fuerte oxidante químico en un medio ácido.

Esta prueba tiene algunas ventajas sobre la prueba de la DBO, pues únicamente insume dos horas e involucra no solo a la materia orgánica dada biológicamente, sino a toda aquella que es susceptible de demanda de monóxido de nitrógeno (NO), en particular las sales minerales oxidables.

Se la usa ventajosamente para medir el contenido orgánico en aguas residuales industriales y en aguas municipales que contienen compuestos tóxicos para la vida biológica.

En general, la DQO es más alta que la DBO, debido a que un mayor número de compuestos pueden ser oxidados químicamente antes que biológicamente.

**Las formas de nitrógeno:** es posible conocer la presencia y aquilatar el grado de estabilización de la materia orgánica, verificando el estado en que se encuentran los compuestos del nitrógeno dentro del agua residual.

La importancia de su medida y determinación de su estado, es indicativa de la capacidad del nitrógeno de mantener la actividad biológica en los procesos de tratamiento, así como indicar la carga de nutrientes lanzados presentes en un cuerpo de agua.

**Materia inorgánica:** algunos componentes inorgánicos, tanto de las aguas residuales como de las aguas naturales, deben ser determinados para establecer la calidad del agua.

En las aguas residuales municipales, los compuestos minerales están formados principalmente por arena y por sustancias minerales disueltas.

Debido a que la concentración de varios constituyentes inorgánicos puede afectar los usos benéficos probables de las aguas, es conveniente examinar la naturaleza de alguno de ellos.

**Potencial hidrógeno, más conocido como pH:** es uno de los parámetros más importantes de calidad para controlar la operación de las estaciones de tratamiento. El rango de pH para la vida biológica es muy estrecho y crítico. Un agua residual con valores adversos de pH puede tener dificultades para su tratamiento biológico. Se considera como rango adecuado de pH, para el desarrollo normal de la actividad microbiana, un valor comprendido entre 6 y 8.

Otras determinaciones:

- Alcalinidad
- Cloruros
- Sales de hierro
- Compuestos tóxicos inorgánicos
- Metales pesados

**Gases:** los gases que se encuentran comúnmente en las aguas residuales no tratadas son: nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico, ácido sulfhídrico, amonio y metano.

#### 1.4.4 Características biológicas:

Las aguas residuales domésticas y algunos tipos de aguas residuales industriales pueden ser tratadas o recuperadas ventajosamente mediante la utilización de microorganismos, por lo que su conocimiento es importante para quien deba diseñar y operar un sistema biológico de depuración de aguas residuales.

Al poner en contacto un desecho orgánico doméstico (compuesto por carbohidratos, proteínas, grasas y microorganismos), estos tomarán desde la materia orgánica presente en las aguas residuales los nutrientes necesarios para obtener energía para su crecimiento y para realizar procesos de síntesis, dando como resultado la formación de nuevas células y la presencia de los llamados productos finales y residuos no biodegradables.

Los principales organismos encontrados en las aguas residuales y en aguas superficiales son las bacterias, los hongos, las algas, protozoarios, rotíferos, crustáceos y virus, de cuyo estudio se encarga la microbiología, que se la puede definir como el estudio de los organismos vivos de tamaño microscópico.

La microbiología se ocupa de su forma, estructura, reproducción, fisiología, metabolismo y clasificación, estudiando su distribución en la naturaleza, las relaciones entre ellos y con otros organismos vivos, efectos sobre los seres humanos, animales y plantas, su habilidad para producir cambios en el medio.

Es conocido que los microorganismos siempre han estado ligados a la salud y bienestar humanos, algunos siendo son beneficiosos, otros no. Además se sabe que pueden intervenir en la fabricación de yogur, queso, vino, penicilina, interferón y alcohol; en el procesamiento de aguas residuales domésticas e industriales, y también causar de enfermedades, deteriorar alimentos y materiales, dañar lentes y maderas, etc.

**Clasificación de los microorganismos:** durante el siglo XVIII, los seres vivos fueron clasificados en dos reinos: el vegetal y el animal. Sin embargo, debido a la existencia de ciertos organismos que comparten características tanto de animales como de vegetales, en la época se propone la creación de un nuevo reino, que se denominó protista (Haeckel, 1866). Este reino incluía microorganismos unicelulares que no eran ni plantas ni animales, como las bacterias, las algas, hongos y protozoarios. Los virus no son organismos celulares y por tanto no son clasificados como protistas.

Las bacterias se clasifican en el protista inferior; los otros, algas, hongos y protozoarios en el protista superior.

El reino protista también deja algunas preguntas sin contestar, por ejemplo, qué criterio debe ser empleado para distinguir una bacteria de una levadura o de un

alga microscópica. Hasta 1940, fecha en la que fue fabricado el microscopio electrónico, se pudieron determinar algunas características de las células que permitieron una nueva clasificación. Así, en las bacterias se descubrió que el núcleo no estaba encerrado en una membrana nuclear (procarióticas) y en otras, como en las algas y hongos, el núcleo se encontraba dentro de la membrana (eucarióticos).

Las bacterias y las algas azul verdes son microorganismos procarióticas, mientras que algas, hongos y protozoarios, al igual que las células de plantas y animales, son eucarióticos.

En 1969, R. H. Whittaker propone el sistema de cinco reinos, basado en tres niveles de organización celular involucrando las tres principales formas de nutrición: fotosíntesis, absorción e ingestión.

Los virus que también son encontrados en aguas residuales son clasificados de acuerdo al huésped que infecten.

Dentro de todos los reinos, se considera que la célula es la unidad estructural de vida y está formada por una cápsula, por pared y membrana celular y en su interior se encuentra el protoplasma o citoplasma dentro del cual está ubicado el núcleo y los ácidos nucleicos con su información genética. Están constituidos por proteínas, carbohidratos y otros compuestos complejos (lípidos). Inmerso en el núcleo se encuentra el ácido desoxirribonucleico (DNA) y dentro del protoplasma el ácido nucleico (RNA).

<b>CLASIFICACIÓN</b>		
<b>REINO</b>	<b>INTEGRANTES</b>	<b>CARACTERIZACIÓN</b>
ANIMAL	ROTÍFEROS CRUSTÁCEOS	Multicelulares con tejidos diferenciados
PLANTAS	MUSGOS HELÉCHOS	Multicelulares con tejidos diferenciados
PROTISTA (Superior)	ALGAS PROTOZOOS HONGOS	Unió multicelulares sin tejidos diferenciados
PROTISTA (Inferior)	ALGAS AZUL-VERDES BACTERIAS	Uni o multicelulares sin tejidos diferenciados

El conjunto de células forman los sistemas biológicos que tienen las siguientes características en común: habilidad para reproducirse, habilidad de ingerir o asimilar alimentos y metabolizarlos para crecimiento y energía, habilidad de excretar productos de desecho, habilidad de reaccionar ante los cambios de su medio, susceptibilidad de mutación.

Estas propiedades son comunes a las células y constituyen una de sus importantes características.

Para su desarrollo, las células requieren de fuentes de carbono y de energía, constituyendo una de las maneras de clasificar a los organismos la forma de asimilación carbono y de energía.

RESUMEN		
REINO MONERA	INGESTIÓN	PROCARIÓTICOS Bacterias Algas azul verdes
REINO PROTISTA	FOTOSÍNTESIS ABSORCIÓN INGESTIÓN	EUCARIÓTICOS UNICELULARES Algas, protozoarios
REINO ANIMAL	INGESTIÓN	EUCARIÓTICOS MULTICELULARES Vertebrados, invertebrados
REINO DE PLANTAS	FOTOSÍNTESIS ABSORCIÓN	EUCARIÓTICOS MULTICELULARES Plantas de semilla
REINO DE HONGOS	ABSORCIÓN INGESTIÓN	EUCARIÓTICOS MULTICELULARES Levaduras, mohos

Principales microorganismos que se encuentran en las aguas residuales:

- Bacterias
- Algas
- Protozoarios
- Rotíferos
- Crustáceos
- Virus

Bacterias: son los organismos más importantes puesto que son los responsables de la descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en la naturaleza como en las unidades de tratamiento biológico.

Las bacterias tienen la capacidad de formar sistemas enzimáticos, los cuales descomponen las moléculas orgánicas complejas en otras más simples, posibilitando de este modo la absorción a través de la pared y membrana celulares y pueden ser metabolizadas.

Debido a la diversidad de sus características bioquímicas, las bacterias pueden metabolizar casi la totalidad (sino todos) de los compuestos orgánicos encontrados en las aguas residuales.

Adicionalmente a su capacidad metabólica, las bacterias tienen una característica de mucha importancia que es empleada con ventaja en el tratamiento de las aguas residuales, y que es su capacidad de flocular (aglutinar), especialmente cuando se encuentra en la fase declinante del crecimiento, facilitando la separación de los sólidos orgánicos coloidales de la fase líquida.

En lo que respecta a sus características generales, las bacterias son organismos unicelulares no fotosintéticos, que se reproducen por fisión binaria, fragmentación y otras formas.

Se presentan en diversas formas: esférica (coccus), cilíndrica (bacillus) y espiral (spirillum). Para su movilidad utilizan los llamados flagelos o mediante el movimiento conocido como amebiano. En cuanto a sus dimensiones, varían en un rango de 1 a 3 micras para las esféricas, de 0,3 a 1,5 micras de diámetro y de 1 a 10 micras de longitud. Las espirales llegan a una longitud de hasta 100 micras; éstas pueden ser aerobias, anaerobias o facultativas.

La mayoría tiene como fuente de energía necesaria para su crecimiento, la oxidación de compuestos orgánicos y, como fuente de carbono, los mismos compuestos orgánicos que se encuentran en las aguas residuales.

Son muy sensibles a la variación del pH y tienen, dependiendo de la especie, diferentes rangos de temperatura. Estos dos factores, pH y temperatura, son parámetros muy importantes en el tratamiento de las aguas residuales.

Sirven de alimento a los protozoarios y contribuyen al equilibrio entre las diversas formas de organismos.

Las bacterias del grupo coliforme son usadas como indicador de contaminación por heces humanas. Su estudio se ampliará más adelante.

Los hongos (fungí) son aeróbicos, heterotróficos, quimiosintéticos, no fotosintéticos, multicelulares. La mayoría de los hongos son saprofitos, es decir obtienen sus alimentos desde la materia orgánica muerta. Su reproducción es sexual y también asexual.

Pueden subsistir en ambientes con poca humedad, resisten bajos rangos de pH y su consumo de nitrógeno es menor que el de las bacterias. Estas características los vuelven especialmente importantes en la formación de compost a partir de desechos sólidos orgánicos.

Algas: las algas son, en su mayoría, organismos multicelulares, aeróbicos, y presentan una inmensa variedad de formas y dimensiones. Tienen la propiedad de fotosíntesis que, en presencia de luz solar y utilizando el anhídrido carbónico como fuente de carbono, producen la síntesis de nuevas células y dan como producto agua y oxígeno, el mismo que es transferido a la masa líquida.

Cuando no existe la presencia de luz solar, las algas requieren de materia orgánica y de oxígeno para su crecimiento.

Las algas, cuando las condiciones son propicias, pueden reproducirse rápidamente en aguas superficiales y llegar a cubrir lagos, reservorios y corrientes superficiales con grandes colonias flotantes. El crecimiento de las algas es favorecido por la presencia de fosfatos y nitratos, elementos que están usualmente presentes en las aguas residuales, así como en los efluentes de las estaciones depuradoras de aguas residuales. Esto provoca un enriquecimiento de nutrientes en el cuerpo de agua, propiciando su eutrofización.

En la unidad siguiente se ampliarán algunos conceptos referentes a las algas y su función en el campo del tratamiento de aguas.

**Protozoarios:** es un microorganismo unicelular eucariótico. La mayoría son aeróbicos o facultativos anaerobios, y son quimioheterótrofos. La mayoría tiene diámetros comprendidos entre 5 y 250 micras.

Los protozoarios importantes para la biología de las aguas residuales son: amebas, natatorios libres, estacionarios y flagelados.

**Plantas y animales:** su tamaño varía desde lo microscópico, como es el caso de los rotíferos y gusanos hasta tamaños macroscópicos de los crustáceos.

Su presencia en una corriente o en el efluente de una planta depuradora de aguas residuales nos indica un alto grado de purificación respecto a cargas orgánicas.

Los rotíferos son capaces de metabolizar las partículas de flóculos sólidos, las cuales no pueden ser metabolizadas por los protozoarios.

Los crustáceos tienen un buen desempeño en efluentes aeróbicos altamente estabilizados y se alimentan de bacterias, hongos y algas, siendo estas últimas su principal fuente de alimento.

**Virus:** son agentes infecciosos tan pequeños, que solo pueden ser vistos en los microscopios electrónicos, son entre 10 a 100 veces más pequeños que la menor de las bacterias, con un tamaño aproximado de 20 a 300 nm. Ellos pasan a través de los poros de los filtros que no permiten el paso de la mayoría de las bacterias.

Son incapaces de crecer independientemente en un medio artificial, requiriendo células de plantas, animales o microorganismos para su crecimiento.

Son partículas parásitas obligadas y consisten en un cordón de material genético formado por ácido desoxirribonucleico o ácido ribonucleico, en una

envoltura proteica. Ellos invaden la célula re-direccionando la producción de material genético para su beneficio. Cuando se produce la muerte de la célula huésped, son liberadas muchas partículas virales que invaden nuevas células.

Los virus que son arrojados por seres humanos han llegado a ser el mayor peligro para la salud pública. Se ha detectado, de acuerdo a estudios experimentales, que entre 10.000 y 100.000 dosis infecciosas de hepatitis se encuentran en un gramo de heces de una persona que tiene esa enfermedad.

## 1.5 Organismos patógenos

Los organismos patógenos que llegan a las aguas residuales, pueden tener su origen en las heces de seres humanos que están infectados por una enfermedad o que son portadoras de una enfermedad particular.

Los organismos patógenos que causan las enfermedades más importantes son aquellos que provocan enfermedades intestinales como: cólera, disentería, fiebres paratifoidea, tifoidea y diarrea. Bacterias, protozoarios, helmintos y virus constituyen las principales categorías de organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales.

Estos organismos son altamente infecciosos y son responsables de miles de fallecimientos por año en áreas que no disponen de las barreras sanitarias adecuadas, especialmente en los trópicos y en países en desarrollo.

Ejemplos recientes con efectos dolorosos para nuestro país han sido la propagación del cólera en la década de 1980 y el actual rebrote, complicado con las condiciones de insalubridad causadas por el fenómeno de El Niño en América del Sur.

Debido a la carencia de facilidades de laboratorio, distancias desde estos al lugar de muestreo, limitaciones económicas, etc., se vuelve compleja la identificación rápida de los organismos patógenos existentes en una muestra de aguas residuales. Por esto se ha fijado un organismo que se lo emplea como indicador de contaminación fecal, que es el grupo de los coliformes que debido a su número y facilidades de ensayos es el más conveniente para este tipo de prueba.

Si bien, en la caracterización de las aguas residuales, los factores físicos y químicos son importantes para tratar los desechos y cuantificar el grado de contaminación que pueda soportar un cuerpo receptor, o del agua residual misma, es necesario señalar que desde el punto de vista de la salubridad de la población, el contenido de bacterias entéricas patógenas y de parásitos debe ser conocido y, en lo posible cuantificado. El objetivo de eso es tener mejores elementos de juicio que posibiliten la destrucción o minimización de los mismos, y la aplicación oportuna de medidas correctivas que permitan romper el círculo infeccioso, que en la actualidad constituye un serio problema en nuestros países, especialmente en lo relacionado al alto grado de parásitos que agobian a nuestra población.

## Cuantificación de los organismos coliformes

Se usan dos pruebas: 1. la de los tubos múltiples de fermentación; y, 2. el filtro de membrana. El ensayo completo de la técnica de los tubos múltiples consta de tres pruebas:

- Prueba presuntiva
- Prueba confirmativa
- Ensayo completo

La prueba presuntiva se basa en la habilidad de los coliformes para fermentar la lactosa con la producción de gas.

La prueba confirmativa consiste en lograr el crecimiento de los coliformes desarrollados en la prueba presuntiva en un medio que inhibe el crecimiento de otros tipos de bacterias.

El ensayo total consiste en hacer crecer bacterias desarrolladas en la prueba confirmativa, fermentando de nuevo la lactosa.

## 1.6 Efectos causados por las aguas residuales

Como se manifestó, las aguas residuales, negras, de desecho o cloacales, se originan cuando a las aguas de abastecimiento, durante su ciclo de uso, se le añaden sustancias extrañas orgánicas e inorgánicas. Estas sustancias cambian las características agua potable, confiriéndoles propiedades que afectan al medio y a los seres humanos.

Por otro lado, se debe recordar que las aguas residuales son descargadas directamente en el entorno del hogar, en acequias, en su mayoría cunetas de las calles o de riego y son recolectadas por un sistema de alcantarillado que descargada en corrientes superficiales, en esteros, lagos o en el mar.

Los efectos que este tipo de agua causan a la salud y al medio pueden ser resumidos en:

Malos olores y malos sabores: se deben a las sustancias incorporadas durante el ciclo de uso, a la descomposición de las mismas, especialmente cuando se producen condiciones anaerobias, y también a la presencia de productos industriales, fenoles por ejemplo.

Potencialidad infectiva: se señalaron los numerosos microorganismos patógenos que pueden estar presentes en las aguas residuales, los que pueden contagiar a seres humanos, infectar cultivos, contaminar cuerpos receptores, causar epidemias.

En nuestro medio, especialmente en las zonas dedicadas al cultivo de hortalizas, que son regadas con aguas que reciben descargas de aguas residuales doméstica existe un peligro latente de contagio de parasitismo o de cualquier otra enfermedad de las descritas. La descarga de aguas residuales en lugares de pesca ha provocado la contaminación de estos criaderos. También pueden inutilizar lugares de práctica deportiva tales como natación, navegación y esquí, por ejemplo.

Acción tóxica: especialmente los residuos provenientes de las industrias contienen una serie de sustancias que pueden causar un efecto tóxico sobre la flora y fauna de los cuerpos receptores y pueden provocar problemas en la salud de las personas que usan esas aguas o cuyos alimentos han estado en contacto con las mismas. Tal es el caso de la alteración genética que se produjo en el Japón cuando mujeres embarazadas consumieron pescado contaminado con mercurio descargado en una bahía, desde donde fueron extraídos.

En nuestro medio pueden producirse problemas similares debido a las descargas de efluentes de minas con alto contenido de mercurio hacia las aguas de los ríos, por ejemplo, el golfo de Guayaquil (Ecuador), al que llegan desechos industriales y agrícolas. En este caso, se debería monitorear para poder detectar las reales características de sus aguas y, de ser el caso, tomar medidas correctivas.

## 1.7 Degradación de la calidad del agua en los cuerpos receptores

Por descarga de compuestos orgánicos: los microorganismos presentes en las aguas residuales y los que se encuentran en los cuerpos receptores, pueden degradar los contaminantes orgánicos, mediante el desdoblamiento de las moléculas. Este proceso metabólico, cuando es ejercido por organismos aeróbicos, requiere de oxígeno, el mismo que es tomado desde el agua del receptor ya que usualmente las aguas residuales no lo poseen.

Dependiendo de la fuerza contaminante del agua residual, el consumo de oxígeno puede llegar a niveles tales que no quede oxígeno residual en el receptor, produciéndole condiciones anaerobias con el consiguiente daño a las especies macro y microscópicas aerobias que habitan en ese medio. Se producirán obviamente situaciones de anaerobiosis con la presencia de gases y olores propios de este estado.

Otro de los efectos producto de las descargas de compuestos orgánicos es la llamada eutrofización, la misma que se presenta cuando existen concentraciones apreciables de nitrógeno y fósforo, que estimulan el crecimiento de la flora. Esta puede alcanzar tales proporciones como para llegar a cubrir gran parte del espejo de agua, dificultando la transferencia de gases. Por otro lado, la flora muerta se deposita en el fondo del

receptor en el que existen condiciones anaerobias, produciendo gases, malos olores y la inutilización del receptor como fuente de agua.

Por descarga de sólidos y material flotante: se pueden producir problemas que van desde el cambio del aspecto estético, la dificultad de navegación hasta la formación de depósitos bentales (depósitos de lodos) por la descarga de sólidos.

## 1.8 Enfermedades relacionadas con el saneamiento

La excreta humana contiene gérmenes, huevecillos y otros organismos, algunos de los cuales causan enfermedades y por ello se les llama patógenos.

Algunos organismos viven a costa del ser humano y se les llama parásitos. La gran mayoría de ellos se encuentran en las heces. Si bien la orina es comúnmente estéril, en ciertos casos contiene patógenos. Estos pueden causar tifoidea, paratifoidea y esquistosomiasis. Sin embargo, es en las heces donde se encuentra la mayor fuente de patógenos que causan estas enfermedades, aunque pueden encontrarse en la orina

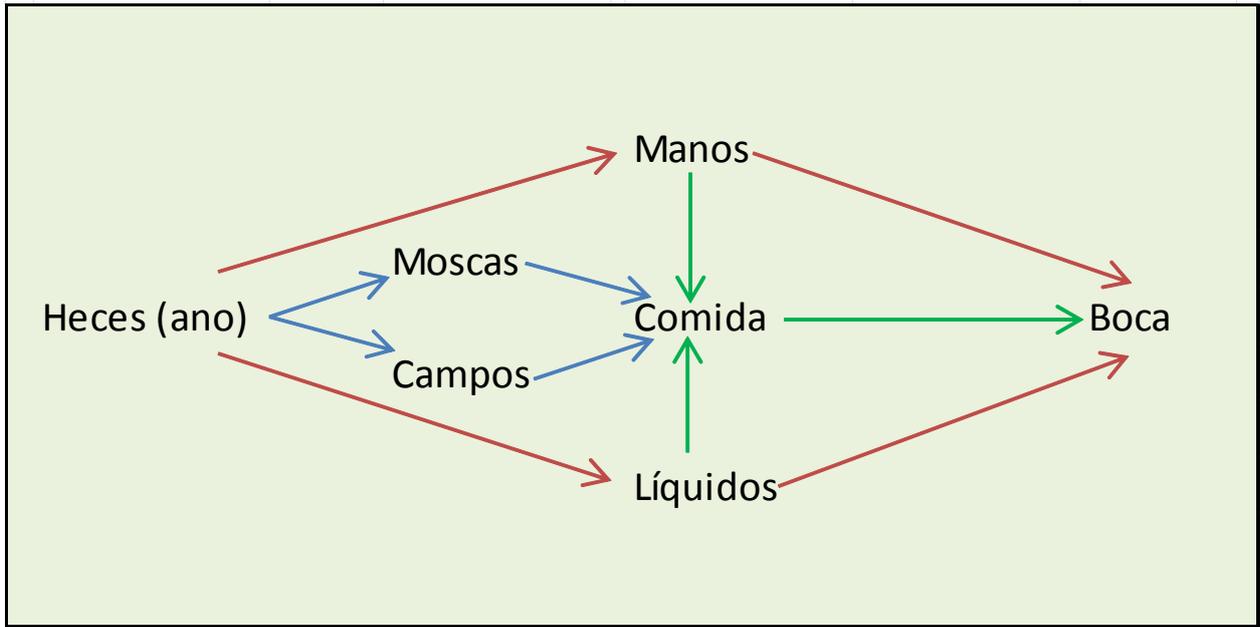
Los patógenos y los parásitos hallados en la excreta humana pueden causar todo un abanico de enfermedades, incluidas la diarrea y la desnutrición. Cuando estas enfermedades se prolongan, pueden derivar en un crecimiento deficiente, o en la carencia de hierro, de vitamina A y otros micronutrientes. Estas consecuencias pueden durar toda la vida y si bien no todos los contagios de patógenos y parásitos causan la muerte, un debilitamiento constante causado por estas enfermedades predispone a la gente a una enfermedad permanente y posiblemente a la muerte.

En las heces frescas existen cuatro grupos principales de organismos que afectan a los humanos: bacterias, virus, protozoarios y lombrices (helmintos). Estos organismos, una vez excretados:

- Pueden ser inmediatamente infecciosas,
- Pueden necesitar de un período determinado fuera del cuerpo para ser infecciosos, o
- Pueden requerir de un huésped intermedio antes de ser infecciosos.

Las bacterias y los virus son infecciosos inmediatamente después de ser excretados. Los protozoarios son excretados primero como quistes y pueden ser inmediatamente infecciosos o requerir de un período fuera del cuerpo. Los huevecillos de las lombrices (muchos de los cuales resisten severas condiciones ambientales) necesitan estar un tiempo fuera del cuerpo. Algunos parásitos, como la *Bilharzia*, también requieren de un huésped intermedio fuera del cuerpo.

FIGURA 1



Cuando una persona excreta un patógeno no almacenado o sin destruir, contamina el medio ambiente. Una vez que la excreta tiene acceso a un ambiente abierto, a gran escala (Figura 1), puede contaminar los dedos (manos, ropa y utensilios), líquidos (agua potable, para cocinar, bebidas y otras aguas), terreno (verduras y hortalizas caseras), moscas (caseras y de campo), animales domésticos y caracoles.

La gente puede estar expuesta a patógenos y parásitos a través de estas rutas o por medio de la comida.

Un medio ambiente contaminado expone a la gente al contagio de patógenos y, por ende, a la infección y enfermedad. La gente recién contagiada excreta al ambiente, creando un ciclo de infección, contaminación y enfermedad. La diseminación de patógenos puede reducirse o evitarse usando barreras para impedir que se mueva de un lugar (el suelo) a otro (manos, comida/agua). Una barrera inicial evitaría que las heces contaminaran los dedos, los líquidos, los campos, la comida y las moscas, es decir, evitaría la diseminación de patógenos. Sin embargo, si éstos alcanzan las manos, la comida, etc., se requeriría de una barrera secundaria (lavado de manos, cocción de alimentos) para prevenir el contagio. En esta unidad nuestro argumento consiste en que un sistema seco, basado en principios eco-san (saneamiento ecológico) puede funcionar como barrera primaria efectiva.

## 1.9 Autodepuración de los cursos de agua receptores

La característica que presentan las masas de agua sean estas estacionarias o móviles, mediante la cual pueden asimilar, hasta cierto punto y en función del tiempo las cargas contaminantes (naturales o derivadas del vertimiento de residuos sólidos o líquidos orgánicos), es lo que se denomina autodepuración de las aguas.

Esta capacidad de asimilación debe ser empleada como un recurso y emplearse como tal, es decir preservando la calidad ambiental y las características propias del cuerpo receptor. Es necesario enfatizar sobre la limitación de esta asimilación que depende de las características del receptor (condiciones actuales de contaminación o pureza, caudal y sus variaciones, temperatura, régimen hidráulico, etc.).

Se mencionó que el grado de tratamiento necesario que se debe dar al agua residual depende, esencialmente del estado y uso posterior de las aguas del cuerpo receptor. Si el vertido es tratado en exceso, se constituirá en una carga financiera y tal vez tecnológica difícil de soportar. Por el contrario si se establece un grado de tratamiento de menor calidad que el realmente requerido será una pérdida de esfuerzo y dinero. Por lo tanto, es fácil deducir lo importante que resulta para la comunidad el poder determinar con la mayor exactitud posible la magnitud de las cargas contaminantes que se puedan descargar, sin crear ningún problema en el curso de agua.

La capacidad de autodepuración es limitada y es el resultado de fenómenos naturales, entre los que se cuentan:

- a) la descomposición de la materia orgánica a través de la acción de la microflora que la utiliza como fuente de alimentación en sus procesos biológicos de respiración y asimilación
- b) la utilización de oxígeno disuelto disponible en el cuerpo receptor por parte de los microorganismos aeróbios para la descomposición de la materia orgánica
- c) la utilización del oxígeno atmosférico, a través de fenómenos de difusión molecular (transferencia, mezcla y turbulencia)
- d) la acción de microorganismos anaerobios y facultativos que actúan sobre depósitos bentales
- e) la afluencia de otras aguas, las mismas que pueden tener un menor grado de contaminación, facilitando la dilución del vertido

f) la desaparición, por condiciones naturales de organismos indeseables

g) acción de la luz solar sobre la flora acuática (fotosíntesis)

Una vez caracterizado el desecho y conociendo las características del cuerpo receptor y las diferentes restricciones derivadas desde los diversos usos probables que se dará a las aguas del cuerpo receptor, es conveniente plantearse un modelo que nos permita predecir cuáles pueden ser las condiciones imperantes en el cuerpo receptor y cuál la calidad del agua que se esperaría bajo determinadas condiciones.

El destino de una masa contaminante que se introduce en un cuerpo receptor se refiere a la distribución y concentración de ese contaminante desde el momento de su vertido hasta que alcanza la sección de control preestablecida.

Un resumen sobre el destino de los contaminantes y los fenómenos que intervienen se presenta a continuación:

- **Atmósfera:** flotabilidad, difusión, oxidación fotoquímica
- **Agua superficial:** advección, difusión, flotabilidad, volatilización, descomposición bacteriana, sedimentación
- **Agua subterránea:** advección, difusión, adsorción, absorción, descomposición bacteriana

## IV. Recreando conocimientos

El facilitador/a muestra al grupo una tarjeta de color naranja, otra de color verde y otra de color celeste, y pide al los/as participantes que elijan un color y se agrupen por el color elegido.

A las personas que escogieron el color naranja les asigna la siguiente tarea:

- En un papelote dibujen los tres aspectos fundamentales para una adecuada caracterización de las aguas residuales.
- A las personas que escogieron el color verde les solicita que expliquen brevemente qué entienden por las características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales.

- A las personas que escogieron el color celeste les solicita que escriban qué enfermedades se presentan con el saneamiento y que escriban los cuatro principales organismos que afectan a los humanos.
- A cada grupo les asigna media hora para que realicen la tarea y luego 5 minutos por grupo para la exposición en plenaria.
- Finalmente en cada exposición se realiza el cierre del mismo poniendo énfasis en el contenido.



## V. Sintetizando

### EN POCAS PALABRAS... UNIDAD 1

Origen de la aguas residuales: El agua que llega a los hogares tiene múltiples usos como: bebida para personas y animales domésticos, preparación de alimentos, lavado de ropa, limpieza del hogar, aseo personal, evacuación de excretas, riego de jardines y huertas familiares, actividades pecuarias, lavado de vehículos. A excepción del riego de jardines y huertos familiares (que cuando se los hace adecuadamente no deja residuos), los demás usos producen desechos que están formados por el agua de abastecimiento más las sustancias que se fueron agregando durante el ciclo del uso en el hogar. Generalmente son desechos de alimentos, material de limpieza, aceites, grasas, orina, excretas y detergentes.

Durante el ciclo de uso, el agua de abastecimiento experimenta transformaciones debido a la inclusión de materiales extraños, como los nombrados, que cambian sustancialmente sus características físicas, químicas y bacteriológicas.

Generalmente las normas sanitarias estipulan que entre el 70 y 80% del agua de abastecimiento que ingresa a un hogar es convertida en agua residual.

Caracterización de las aguas residuales:

Características Físicas: Sólidos totales, están constituidos por la materia flotante, material sedimentable, coloidal y en suspensión. Este parámetro, dentro de la característica física, es la de mayor importancia puesto que su influencia para el dimensionamiento y control de operaciones en las unidades de tratamiento es fundamental.

Los sólidos flotantes son aquellos materiales que por sus características permanecen en la superficie del líquido. Entre estos se cuentan plásticos, madera, restos de vegetales, animales muertos, artículos de higiene, etc. Para su tratamiento no presentan mayores dificultades, pues pueden ser fácilmente removidos mediante el uso de rejillas de operación manual o mecánica.

Los sólidos totales pueden ser clasificados en:

- Sólidos suspendidos o no filtrables
- Sólidos filtrables.

Los sólidos suspendidos se clasifican en dos fracciones, una de sedimentables y de no sedimentables.

Los sólidos sedimentables son aquellos sólidos que sedimentan en la parte inferior del cono llamado Imhoff, durante un período de 60 minutos.

La porción de sólidos no sedimentables es finamente dividida y no sedimenta en el período arbitrario de dos horas.

Los sólidos filtrables están a su vez formados por una parte coloidal y otra disuelta. Los sólidos filtrables coloidales tienen tamaños que varían entre 0.001 a 1 micra; estas partículas no pueden ser separadas por sedimentación simple, requiriéndose implementar coagulación u oxidación biológica y posterior sedimentación para su eliminación, al igual que la porción de sólidos no sedimentables.

Los sólidos filtrables disueltos están compuestos por moléculas orgánicas, inorgánicas e iones que están en verdadera solución en el agua.

**Olor:** Los olores característicos de las aguas residuales son causados por los gases producidos debido a la descomposición de la materia orgánica, o por la presencia de sustancias agregadas al agua residual. Las aguas residuales recién formadas, o "frescas", tienen un olor característico que es desagradable pero se lo califica como "soportable".

En su composición química, las aguas residuales pueden contener materia orgánica e inorgánica.

**Materia orgánica:** En un agua residual doméstica, se conoce que alrededor del 70% de los sólidos suspendidos y el 40% de los sólidos filtrables son de origen orgánico. Estos sólidos proceden de los reinos animal y vegetal, así como de actividades humanas.

**Materia inorgánica:** Algunos componentes inorgánicos, tanto de las aguas residuales como de las aguas naturales, deben ser determinados para establecer la calidad del agua. En las aguas residuales municipales, los compuestos minerales están formados principalmente por arena y por sustancias minerales disueltas.

**Características Biológicas:** Las aguas residuales domésticas y algunos tipos de aguas residuales industriales pueden ser tratadas o recuperadas ventajosamente mediante la utilización de microorganismos, por lo que su conocimiento es importante para quien deba diseñar superficies con grandes colonias flotantes.

**Protozoarios:** es un microorganismo unicelular, eucariótico. Los protozoarios importantes para la biología de las aguas residuales son: amebas, natatorios libres, estacionarios y flagelados.

**Plantas y animales:** su tamaño varía desde lo microscópico, como es el caso de los rotíferos y gusanos hasta tamaños macroscópicos de los crustáceos. Su presencia en una corriente o en el efluente de una planta depuradora de aguas residuales nos indica un alto grado de purificación respecto a cargas orgánicas.

**Virus:** son agentes infecciosos tan pequeños que solo pueden ser vistos en los microscopios electrónicos. Ellos pasan a través de los poros de los filtros que no permiten el paso de la mayoría de las bacterias. Son incapaces de crecer independientemente en un medio artificial, requiriendo células de plantas, animales o microorganismos para su crecimiento. Los virus que son arrojados por seres humanos han llegado a ser el mayor peligro para la salud pública.

**Organismos patógenos:** Los organismos patógenos que llegan a las aguas residuales, pueden tener su origen en las heces de seres humanos que están infectados por una enfermedad o que son portadoras de una enfermedad particular. Los organismos patógenos que causan las enfermedades más importantes, son aquellos que provocan las enfermedades intestinales, tales como: cólera, disentería, fiebres paratifoidea, tifoidea y diarrea. Bacterias, protozoarios, helmintos y virus constituyen las principales categorías de organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales. Estos organismos son altamente infecciosos y son responsables de miles de fallecimientos por año en áreas que no disponen de las barreras sanitarias adecuadas, especialmente en los trópicos y en países en desarrollo.

**Efectos causados por las aguas residuales:** Las aguas residuales, negras, de desecho o cloacales, se originan cuando a las aguas de abastecimiento, durante su ciclo de uso, se le añaden sustancias extrañas orgánicas e inorgánicas que cambian las características agua potable, confiriéndole propiedades que afectan al medio y a los seres humanos.

Los efectos que este tipo de agua causan a la salud y al medio pueden ser:  
**Malos olores y malos sabores:** se deben a las sustancias incorporadas durante el ciclo de uso, a la descomposición de las mismas, especialmente cuando se producen condiciones anaerobias, y también a la presencia de productos industriales, fenoles por ejemplo.

**Potencialidad infectiva:** se señalaron los numerosos microorganismos patógenos que pueden estar presentes en las aguas residuales, los que pueden contagiar a seres humanos, infectar cultivos, contaminar cuerpos receptores, causar epidemias.

**Acción tóxica:** especialmente los residuos provenientes de las industrias contienen una serie de sustancias que pueden causar un efecto tóxico sobre la flora y fauna de los cuerpos receptores y pueden provocar problemas en la salud de las personas que usan esas aguas o cuyos alimentos han estado en contacto con las mismas.

**Enfermedades relacionadas con el saneamiento:** La excreta humana contiene gérmenes, huevecillos y otros seres vivientes (organismos). Algunos de ellos causan enfermedades y por ello se les llama patógenos. Unos organismos viven a costa del ser humano y se les llama parásitos. La gran mayoría de ellos se encuentran en las heces. Si bien la orina es comúnmente estéril, en ciertos casos contiene patógenos. Estos pueden causar tifoidea, paratifoidea y esquistosomiasis; sin embargo, es en las heces donde se encuentra la mayor fuente de patógenos que causan estas enfermedades, aunque pueden encontrarse en la orina. Una vez que la excreta tiene acceso a un ambiente abierto, a gran escala puede contaminar los dedos (manos, ropa y utensilios), líquidos (agua potable, para cocinar, bebidas y otras aguas), terreno (verduras y hortalizas caseras), moscas (caseras y de campo), animales domésticos y caracoles.

**Autodepuración de los cursos de agua receptores:** La característica que presentan las masas de agua sean estas estacionarias o móviles, mediante la cual pueden asimilar, hasta cierto punto y en función del tiempo las cargas contaminantes que le pueden llegar sea por acción natural producida dentro de la cuenca hidrográfica, o por la carga impuesta por el vertimiento de residuos sólidos o líquidos de naturaleza orgánica, es lo que se denomina autodepuración de las aguas.

Un resumen sobre el destino de los contaminantes y los fenómenos que intervienen se presenta a continuación:

**Atmósfera:** flotabilidad, difusión, oxidación fotoquímica.

**Agua superficial:** advección, difusión, flotabilidad, volatilización, descomposición bacteriana, sedimentación.

**Agua subterránea:** advección, difusión, adsorción, absorción, descomposición bacteriana.

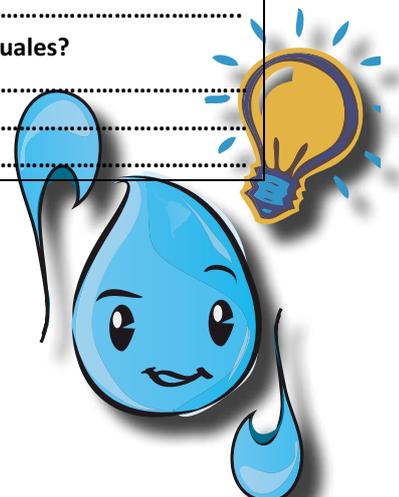


# VI. Aplicando conocimientos



En base en los conocimientos adquiridos en esta unidad, le invitamos a responder las siguientes preguntas: Marque X si su respuesta es SÍ o NO y redacte un breve resumen a partir de la pregunta 2.

UNIDAD 1:ORIGEN Y CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	SÍ	NO
1. ¿Las aguas residuales se originan también en los hogares?		
2. ¿Qué usos se dan en los hogares donde se originan las aguas residuales? ..... ..... .....		
3. Enumere los tres aspectos fundamentales de la caracterización de las aguas residuales. ..... ..... .....		
4. Enumere los principales microorganismos que se encuentran en las aguas residuales. ..... ..... .....		
5. Enumere las enfermedades relacionadas con el saneamiento. ..... ..... .....		
6. Enumere los efectos causados por las aguas residuales. ..... ..... .....		
7. ¿Cuáles son los principales microorganismos que se encuentran en las aguas residuales? ..... ..... .....		





# Unidad 2

## Sistema de disposición de excretas

### I. Introduciéndonos en el tema

#### Resumen

La presente unidad, se concentra en el estudio de uno de los factores de vital importancia dentro del tema de aguas residuales que es sin duda lo relacionado con su recolección y que constituye el primer paso que debe darse con miras a un manejo adecuado de estos desechos y para crear las facilidades necesarias para su posterior concentración, tratamiento y disposición final.

Se realiza un breve enfoque de las diversas soluciones adoptadas a nivel mundial y en los países de Latinoamérica, señalando sus ventajas e inconvenientes, y sugiriendo recomendaciones que pueden ayudar a corregir errores observados dentro de esta práctica.

Una colección de planos tipo son presentados, para poner al alcance del alumno un documento que será de mucha ayuda en la aplicación práctica.

En este capítulo, es importante propiciar el conocimiento de la normatividad que rige en cada uno de los países de la región.

#### Objetivos

Los participantes, una vez finalizada la presentación de esta unidad, tendrán un conocimiento adecuado que les permitirá una aplicación de campo inmediata y eficiente en lo relativo a recolección de aguas residuales, y estarán capacitados para aplicar en forma apropiada criterios mínimos de selección y diseño en el campo.

## II. Desde la experiencia



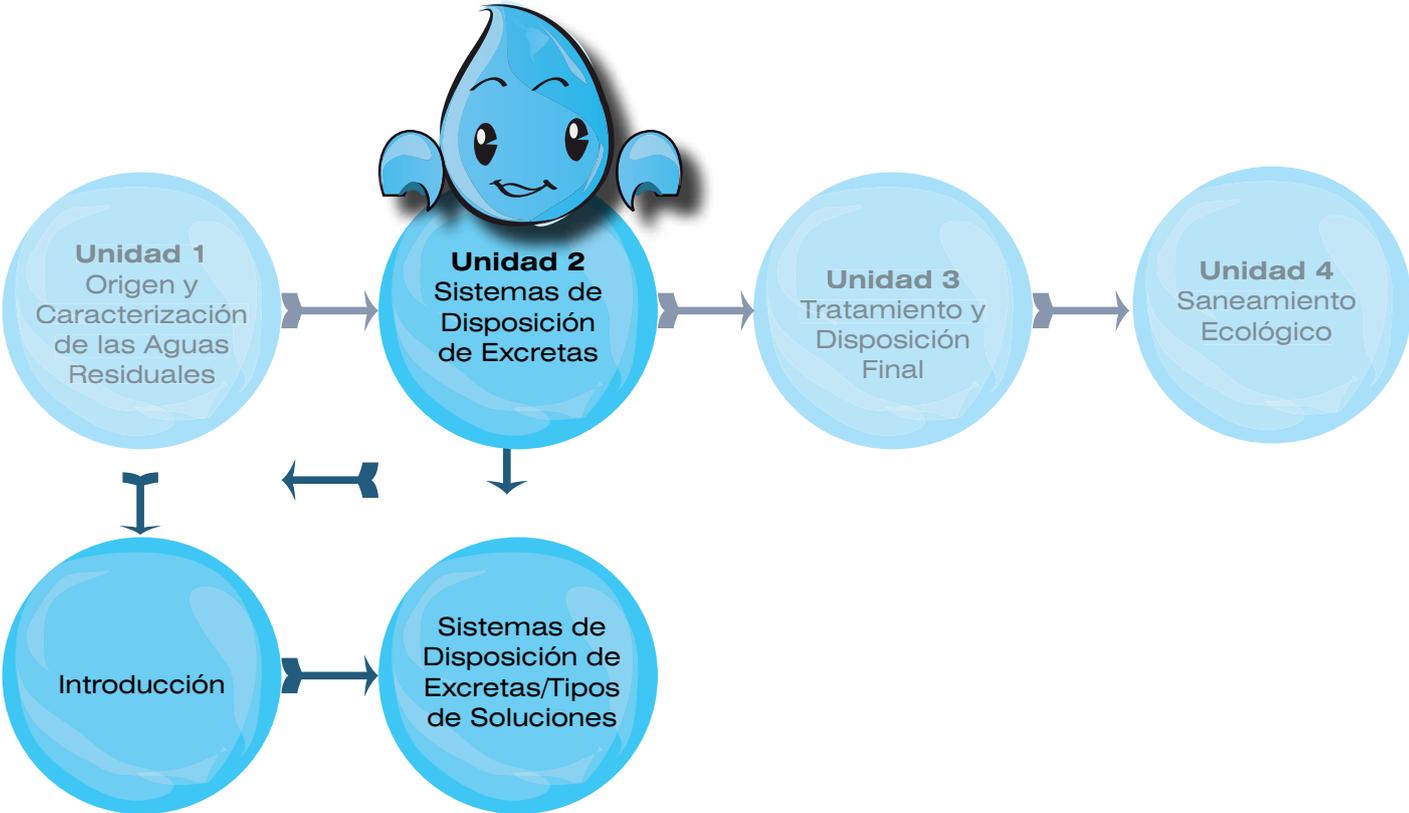
### Prueba de entrada - Unidad 2

Marque X si su respuesta es SÍ o NO y redacte un breve resumen en las preguntas 4 y 5.

UNIDAD 2 SISTEMA DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS	SÍ	NO
1. ¿Conoce cómo se realiza la disposición de excretas en su comunidad?		
2. ¿La comunidad está satisfecha con su sistema de disposición de excretas actual?		
3. ¿Qué tipo de unidad sanitaria está implementada a nivel domiciliario? ..... ..... .....		
4. ¿Qué inconvenientes se han presentado por el uso de las letrinas? ..... ..... .....		
5. ¿A qué tipo de unidad sanitaria aspiran las familias de la localidad? ..... ..... .....		
6. ¿Conoce algún sistema de alcantarillado y en qué consiste? ..... ..... .....		



# Mapa de la unidad



# III. Conceptualizando

## 2.1 Introducción

Como se analizó en la unidad anterior, las aguas servidas pueden causar enfermedades tales como la hepatitis, fiebre tifoidea y paratifoidea, cólera, diarrea, poliomielitis amebiasis, helmintosis, teniasis, etc. Estas y otras enfermedades se producen cuando no existen sistemas para la recolección, conducción, concentración, tratamiento y disposición final de las aguas servidas.

Para evitar el contagio, es necesario romper las vías de transmisión que se generan de diferentes maneras, entre otras, mediante el contacto directo con excretas o a través de vectores como insectos o ratas, y por medio de la contaminación del agua de los alimentos.

Se vuelve, por tanto, muy importante que las excretas, origen de las enfermedades, sean dispuestas en forma higiénica, segura y con tratamiento sanitario.

Una de las soluciones clásicas para conglomerados humanos sobre todo urbanos, es la construcción de sistemas de alcantarillado sanitario al cual llegan las excretas arrastradas por el agua y que son conducidas para tratamiento o a disposición final, dependiendo en alto grado de las condiciones económicas de la población, y del hecho de realizar o no un tratamiento previo a su descarga final.

En nuestro medio, y para conglomerados urbanos, se opta por el sistema de alcantarillado, sanitario o mixto, y una descarga de las aguas residuales sin ningún tratamiento en un cuerpo receptor, esto como una primera etapa. Con el transcurso del tiempo y a medida que la población crece y se vuelve necesario ampliar el sistema, a la par de corregir condiciones en la descarga (pues por lo general el cuerpo receptor ha sido deteriorado), la administración se ve abocada a la consecución de recurso que, por lo general, proviene de fuentes externas de financiamiento que exigen tratamiento de las aguas residuales y estudios de evaluación ambiental.

La implementación del tratamiento de las aguas residuales es, por tanto, parte de una segunda etapa en los sistemas de alcantarillado. En los países todavía no es una práctica común la construcción de plantas depuradoras de aguas residuales.

Por otro lado, en las zonas rurales y urbano-marginales, la solución adoptada es la construcción de letrinas y unidades sanitarias integrales a nivel domiciliar para la disposición de las excretas en el sitio. Esta es una solución individual o muy reducida para uso colectivo, y se adopta por razones técnicas y económicas, puesto que la dispersión poblacional dificulta la construcción de redes de alcantarillado en la mayoría de los casos.

Adicionalmente a la instalación de un sistema de recolección de excretas es menester exigir a los pobladores que cumplan las recomendaciones de tipo general que ayudarían al romper de las vías de transmisión. Estas recomendaciones son necesarias de implementar y exigir especialmente en el primer período, puesto que se está intentando un cambio en las costumbres que pueden ser muy arraigadas y los pobladores pueden oponer resistencia a las mismas disminuyendo el efecto favorable que produce un plan de esta naturaleza.

Recomendaciones del “Manual de operación y mantenimiento de sistemas rurales de disposición de excretas” elaborado por el Proyecto WASHED en 1995:

- Lavado de las manos con jabón, después de haber hecho la defecación u orinado y antes de comer.
- Las excretas y las aguas servidas no deben quedar expuestas a moscas, otros insectos y animales, por lo que debe haber una buena operación y mantenimiento de los sistemas.
- Las excretas y aguas servidas no deben quedar sobre el terreno; deben ser manejadas por sistemas apropiados de saneamiento.
- Debe evitarse que las aguas servidas o las excretas contaminen el agua a ser usada en la vivienda.
- Lavado de las manos después del trabajo en el campo o después de haber jugado en el terreno o patio.
- Las excretas y las aguas servidas no deben ser arrojadas sobre el terreno.
- Hacer una buena operación y mantenimiento de los sistemas sanitarios y realizar la desinfección del agua que se consume en la casa.
- Lavado de las manos antes de comer y antes tocarse la boca o tocar la de otro adulto/a o niño/a.
- Lavado de las manos.
- Proteger los alimentos, tapándolos con manteles o cualquier tela limpia.
- No regar con aguas servidas, alimentos que se consumen crudos, que crezcan bajo el suelo o que sean de tallo corto, (lechuga, papas, cebolla, ajo, col, etc.)
- No caminar sin zapatos o sin botas.

- Comprobar que el agua utilizada en la casa esté desinfectada, (ayuda del promotor sanitario).
- No debe lavarse la ropa o bañarse en ríos o lagos que estén contaminados, (ayuda del/la promotor/a sanitario).
- Lavar y cocinar los alimentos con agua potable y hervir la leche.
- No habrán enfermos/as, si se toman en cuenta las recomendaciones anteriores.

Sin embargo, antes de emprender un plan de saneamiento es importante tener en mente que las condiciones de insalubridad existentes, y son un factor de freno al desarrollo sostenible del país.

Se considera que es necesario continuar con las políticas gubernamentales de incrementar los servicios de agua potable y la disposición adecuada de excretas y otros residuos, que se logra un ambiente sano que facilite el desarrollo de la sociedad.

## 2.2 Sistemas de disposición de excretas / tipos de soluciones

### 2.2.1 Sistemas Individuales

Las letrinas sanitarias y Unidades Sanitarias Integrales (USIs), constituyen soluciones para el manejo y la disposición final de excretas, sobre todo en el sector rural, en donde las viviendas están ubicadas de forma dispersa y la distancia entre estas es considerable.

Existen varios tipos de unidades sanitarias (letrinas y USIs), que podrían ser implementadas en determinada localidad dependiendo del nivel de demanda de la población, la condición económica, la disponibilidad de agua, el tipo de suelo, la existencia de materiales en la zona, las costumbres, entre otras.

De cualquier manera, al momento de seleccionar un tipo de solución, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- No contaminar la superficie del terreno.
- No contaminar las aguas superficiales
- No contaminar las aguas de pozos, fuentes, drenajes, galerías, etc.
- No permitir el acceso de moscas y otros animales a las excretas.

- No exhalar malos olores.
- Conservar la estética y el entorno local.
- Deben ser de construcción, operación y mantenimiento sencillos.
- Los costos deben estar acorde a la economía local.

A continuación, se detallan algunos tipos de soluciones para el adecuado manejo y disposición final de las excretas.

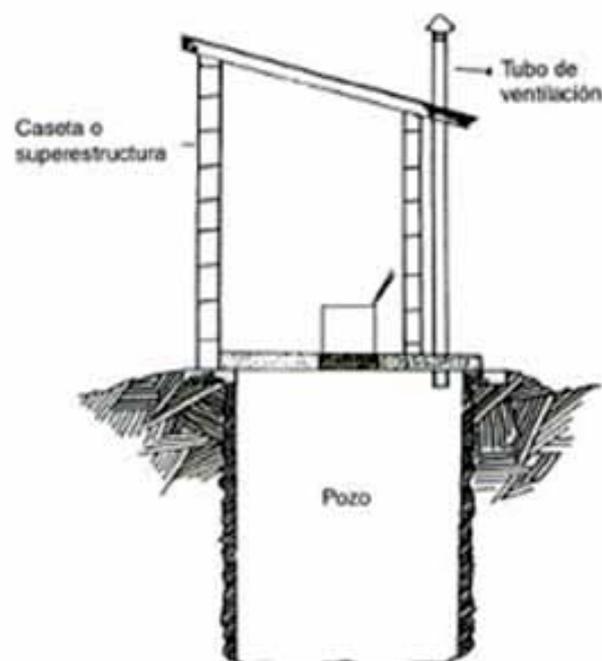
### 1. Letrina sin arrastre de agua:

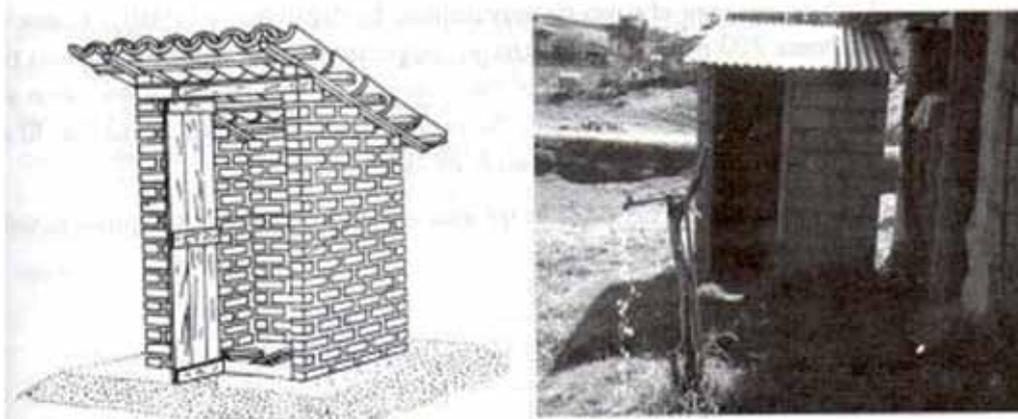
En esta letrina, se construye un pozo para acumulación de los desechos y está ubicado debajo de la caseta, de modo que las excretas caen directamente a él a través del orificio del bacinete o del piso.

Las primeras experiencias con este tipo de letrina no dieron el resultado esperado, debido a los malos olores producidos y especialmente a la presencia de moscas, por lo que los/as usuarios/as les dieron otros usos, tales como bodegas, depósitos de variados usos o simplemente eran abandonadas.

### 2. Letrina sin arrastre de agua con pozo ventilado:

Posteriormente se ideó una versión mejorada de la letrina inicial, dotándola de una tubería de ventilación para extraer los gases del pozo, eliminando de esta forma los malos olores en el interior de la caseta, así como la presencia de moscas en casi su totalidad.





Este tipo de letrina se debe usar en lugares en los que el abastecimiento de agua a las viviendas se lo hace desde una llave instalada en la casa o se debe transportarla desde un grifo público o desde fuentes naturales.

Se recomienda usar en terrenos de baja permeabilidad, en donde no es posible utilizar las letrinas con arrastre de agua.

Se observarán las siguientes recomendaciones generales para este tipo de instalaciones:

- Localizarlas en terrenos secos, libres de inundaciones.
- Respetar las distancias mínimas hacia las viviendas, pozos de abastecimiento, nivel freático.
- Ubicarlas adecuadamente respecto a fuentes de abastecimiento de agua

Utilizar siempre el tubo de ventilación. El diámetro del mismo puede variar entre 75 hasta 200 mm. Protegerá su parte superior con tela metálica para inducir la circulación del aire y procurará colocarlo en el lugar de mayor incidencia de los rayos solares. Se prolongará el tubo, por lo menos 30 centímetros sobre el punto más alto del techo de la letrina.

Si la profundidad del pozo es inferior a 4 metros, se puede estimar el volumen aplicando la expresión:

$$V = 1.33 \times C \times P \times N$$

**Siendo:**

**V:** Volumen del pozo de recepción de excretas, en metros cúbicos.

**C:** Contribución per cápita y por año. Expresada en m<sup>3</sup>/persona/año. Un valor usual es de 0.06 m<sup>3</sup>/persona /año.

**P:** Número de usuarios/as de la letrina.

**N:** Número de años de servicio de la letrina.

Si la profundidad es mayor a 4 metros, se aumentará 1 metro cúbico al volumen total. El objeto es crear un espacio adicional para el relleno final.

La sección transversal del pozo será similar a 1 metro cuadrado y su profundidad estará comprendida entre 3 y 8 metros.

En caso de vivienda permanente, el tamaño de pozo ideal será aquel con una vida útil entre 1 y 15 años; sin embargo, esta recomendación implica excavar volúmenes considerables, para lo que se debería realizar obras de sustentación de paredes con el consiguiente costo adicional, por lo que se adopta normalmente un período de diseño de cuatro años.

Así, para una familia de cinco integrantes, el volumen del pozo será:

$$V = 1.33 \times 0.06 \times 5 \times 4 = 1.596 \text{ litros}$$

Es decir un volumen de 2 metros cúbicos será suficiente.

#### Para tener en cuenta:

La contribución per cápita de excretas por día puede ser estimada en un litro (heces y orina), con un contenido de 100 gramos de sólidos secos.

Debido a la reducción de volumen por la digestión producida, se adopta el valor de contribución anual per cápita de 60 litros.

Algunos autores recomiendan que la sección del pozo sea de 0.80 x 0.80 metros porque proporciona mayor economía, tanto para el piso como para la caseta que fija un área mínima para acomodar a una persona satisfactoriamente. Por otro lado un pozo de menores dimensiones no permite que un operario pueda excavarlo.

En principio, el revestimiento de las paredes del pozo para dar estabilidad se hace necesario en terrenos inconsistentes, como son los arenosos y de aluvión. En las excavaciones estables, la práctica recomienda el revestimiento parcial, hecho en la parte superior del pozo, con una altura del orden de los cincuenta centímetros, destinado a evitar el desmoronamiento de las paredes, que podría ser causado por el peso del piso o de la caseta.



### **3. Letrina sin arrastre de agua con pozo ventilado y de doble cámara:**

En este tipo de letrina, las excretas son aisladas en una cámara en donde son sometidas a una descomposición anaerobia, durante un tiempo mayor al de sobrevivencia de los organismos patógenos. Luego de este proceso las excretas pueden ser empleadas como fertilizante de suelo sin mayor peligro para la salud. Se recomienda una vigilancia adecuada del uso de este material.

Se requiere la construcción de la doble cámara; pueden construirse adicionales puesto que cuando una de ellas está siendo usada, la otra mantiene en condiciones anaerobias los excrementos en fermentación.

Cuando una cámara en uso se llena, la otra será vaciada del material ya estabilizado, iniciando un nuevo ciclo de uso, la cámara llena debe ser cerrada con las facilidades creadas para este fin.

Cuando se emplee este tipo de letrinas, que deberán ser construidas cuando no es posible la utilización de otro tipo, por ejemplo, con arrastre o sin arrastre de agua de un solo pozo, es imprescindible dar la debida atención a la educación sanitaria de los/as usuarios/as de tal modo que aprendan el manejo del lodo acumulado cuando deba ser extraído de la cámara.

El tratamiento o aislamiento de la cámara llena durará entre ocho meses a un año.

Para el dimensionamiento del tamaño de los pozos de recepción-fermentación, se debe considerar los factores:

- Permeabilidad de las superficies internas de la cámara.
- Tiempo de fermentación.
- Número de usuarios/as.

### **4. Letrina con arrastre de agua:**

Consta esencialmente, al igual que en los otros tipos, de una caseta, cuyo objetivo obvio es brindar privacidad y protección contra la intemperie, un bacinete de sello hidráulico o un servicio higiénico de tanque alto o bajo, un pozo de acumulación y accesorios de interconexión del bacinete o taza y el pozo, tubería de ventilación.

Sobre los materiales usados, estos son muy variados y están en relación directa con la economía del usuario o del nivel de ayuda o inversión gubernamental o de la organización que lleve adelante el proyecto.

En cuanto a la tasa o bacinete se recomienda, por motivos de duración, estética y mantenimiento, utilizar las fabricadas en porcelana.

Como se señaló anteriormente, el nivel de servicio para implementar este tipo de solución corresponde a poblados con un rango entre 501 a 2.500 habitantes; sin embargo, esta recomendación debe ser detenidamente analizada y cotejada con las características propias de la localidad.

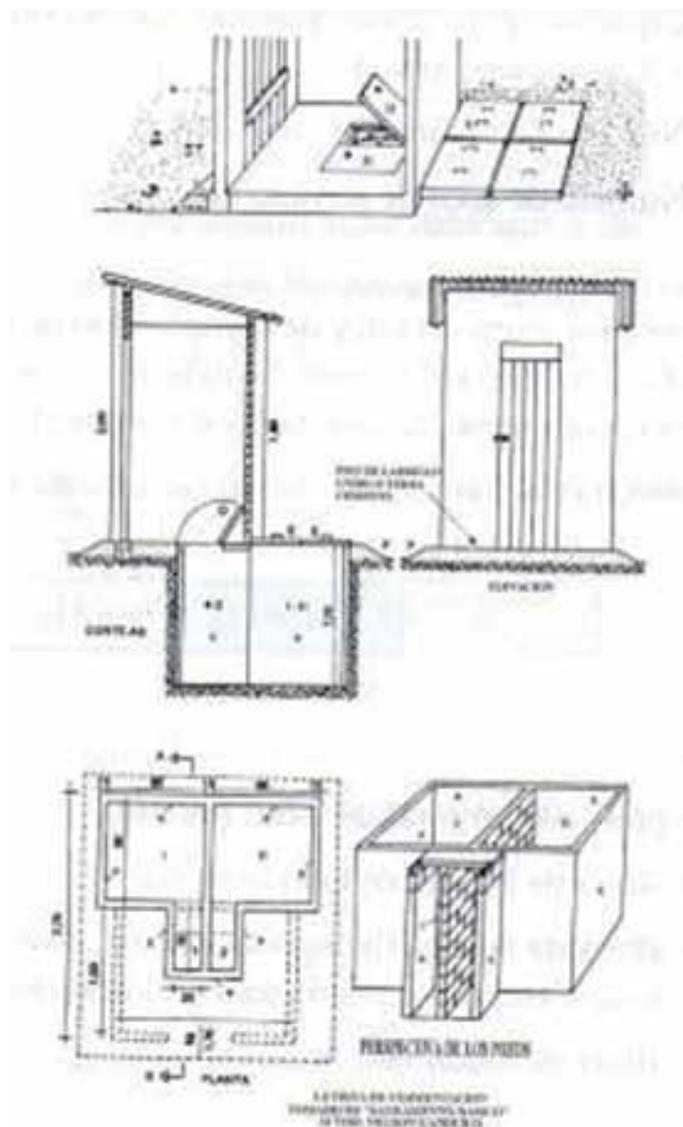
Criterios de diseño:

-Las condiciones generales y que hacen referencia a localización, mantenimiento y construcción son aplicables a este tipo de letrina.

-Se requiere de una cantidad mínima de agua para la limpieza de la tasa. En caso de ser vertida manualmente en el bacinete es de alrededor de 1 a 3 litros; y si es con tanque de bajo consumo esta cantidad está comprendida por entre 4 y 8 litros.

-La capacidad del pozo (mínimo) será de 400 litros/persona x año, esto depende del tipo de taza o bacinete empleada.

Se puede aplicar la misma fórmula anterior,



$$V = 1.33 \times C \times P \times N$$

V = Volumen del pozo, metros cúbicos.

C = Capacidad por persona por año. Metros cúbicos. Valor mínimo 0.4 m<sup>3</sup> por persona por año.

P = Número de usuarios/as.

N = Número de años de servicio esperado.

El pozo sirve para acumulación y descomposición de las excretas y desde allí se produce la infiltración hacia el terreno. Se debe prever una altura adicional sobre el nivel máximo que alcanzará la capa de lodo o sobre el nivel freático. La profundidad total del pozo se determina considerando la expresión:

$$H_t = H_l + H_a + H_s$$

En donde:

**H<sub>t</sub> = profundidad total del pozo (metros).**

**H<sub>l</sub> = altura de la capa de lodo (metros).**

**H<sub>a</sub> = altura de la capa de líquido sobre el nivel de lodo o sobre el nivel freático, si este se encuentra más alto (metros).**

**H<sub>s</sub> = altura de seguridad.**

Para determinar la altura de la capa de lodo, se considera el número de usuarios/as, el volumen per cápita anual de producción de lodo y el tiempo de servicio.

Con respecto al número de usuarios/as, en nuestro medio se consideran cinco miembros por familia, con una tasa de producción de lodo de 0.020 m<sup>3</sup>/hab x año.

El tiempo de utilización de la letrina debe ser fijado atendiendo dos parámetros, uno, la consideración relacionada con la caseta y, otro, de acuerdo a las condiciones del pozo. Es recomendable diseñar el pozo para un período de utilización de 10 años, naturalmente deben hacerse consideraciones sobre las condiciones locales.

Como sección transversal del pozo se recomienda que sean de 1 metro por lado y en caso de ser circulares, el diámetro será de 1.5 metros.

Para determinar la altura del líquido, la misma que se considera sobre la capa de lodo o sobre el nivel freático, se toma en cuenta el número de usuarios/as, la tasa per cápita de aportación del líquido y la capacidad de infiltración del suelo.

Se puede utilizar la expresión:

$$H_a = (N \times T_a) / (P \times T_i)$$

En la que:

- Ha = altura del líquido (metros)**
- N = número de usuarios/as (cinco, por lo general)**
- Ta = tasa de aporte del líquido litros/habitante x día**
- P = perímetro de la sección transversal del pozo (metros)**
- Ti = tasa de infiltración del suelo litros/m<sup>2</sup> x día**

Para determinar la tasa de aporte del líquido se usa la expresión:

$$Ta = n * V + ve$$

En donde:

**n = número de veces que cada usuario ocupa la letrina durante el día.**

**Se utiliza n = 3.**

**V = volumen de agua que arroja al bacinete luego de cada uso  
(variable desde 1 hasta 8 litros por uso).**

**Ve = volumen de orina y excretas aportadas por día y por persona.  
Un valor usual es de 1.5 litros.**

La tasa de infiltración es determinada para cada sitio mediante una prueba de campo que consiste en excavar un pozo con una profundidad similar a la que se empleará en el pozo de acumulación. La sección a emplearse será la menor posible y que permita una excavación sin mayor dificultad. Se recomienda limpiar el fondo de materiales que puedan impedir la infiltración, tales como material grasoso, escombros, etc.. Se coloca en el fondo arena gruesa o gravilla hasta obtener un espesor de 5 centímetros en el fondo, que servirá de filtro para el agua.

A continuación se vierte agua en el foso hasta una altura aproximada de 30 metros; en la mayoría de los suelos es necesario agregar agua para mantenerla en el hoyo durante dos horas por lo menos y de preferencia toda la noche. En suelos de gran capacidad absorbente no es necesaria esta etapa.

Veinticuatro horas después de haber colocado el agua se observará si permanece en el hoyo. Si tiene un tirante mayor de quince centímetros, la prueba indica que el terreno es inapropiado. Si la cantidad de agua es menor o el agua se redujo, agregue la suficiente hasta obtener un tirante de 15 centímetros sobre la grava, observando el tiempo que tarda esta agua para infiltrarse totalmente.

Cuando se tiene una caracterización adecuada de los suelos, pueden emplearse los valores señalados en la siguiente tabla:

TASAS DE INFILTRACIÓN SEGÚN EL TIPO DE SUELO	
TIPO DE SUELO	TASA DE INFILTRACIÓN (LITROS/M2/DÍA)
Suelos de buena permeabilidad - Arena	50
Limos arenosos, limos	30
Limos o arcillas porosas	20
Suelos de baja permeabilidad - Limos o arcillas compactas	10



### 5. Unidad Básica Sanitaria:

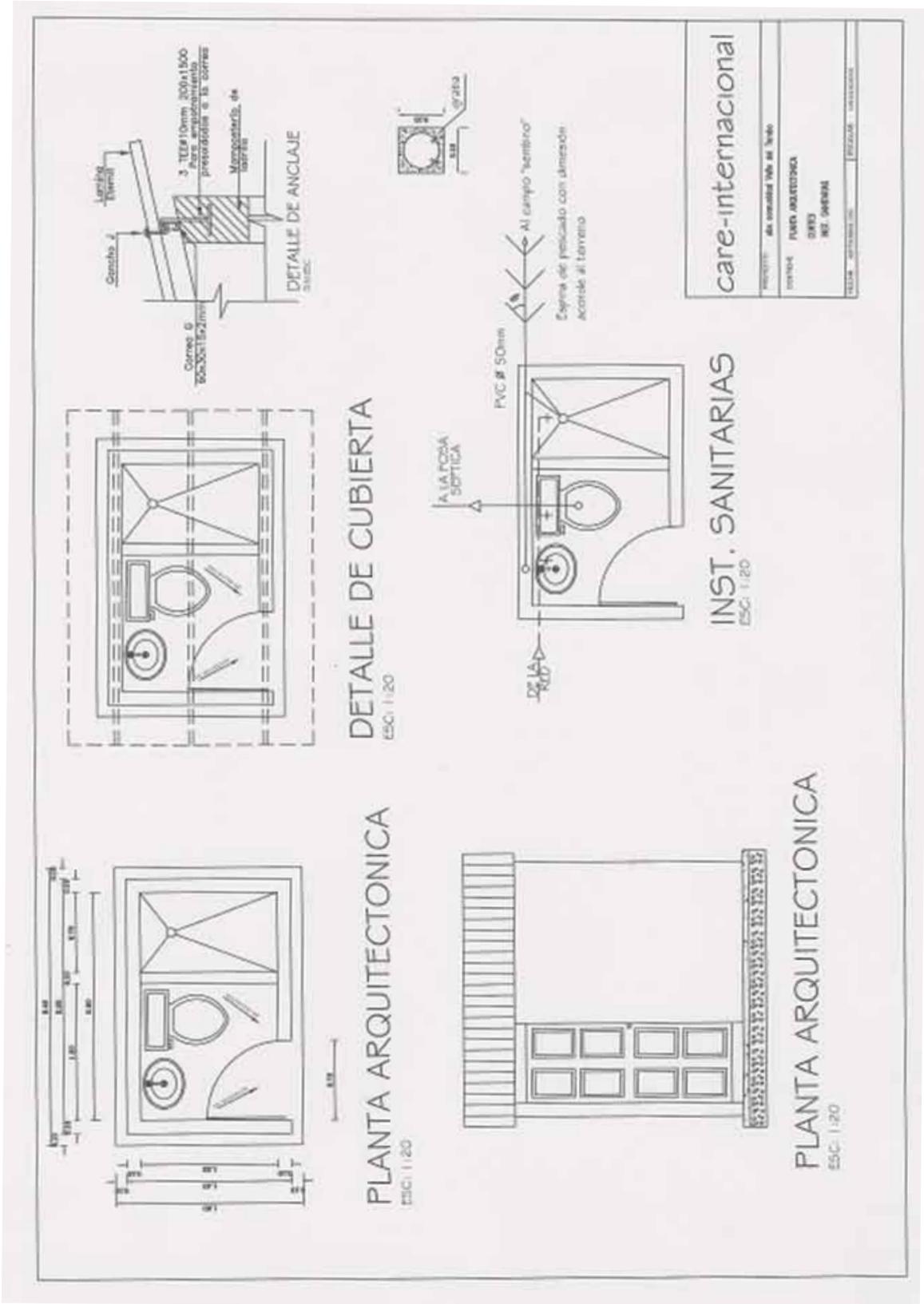
En la década de los años 90, se realizaron varias evaluaciones sobre el uso y mantenimiento de las letrinas en diferentes localidades de Latinoamérica y se encontraron resultados poco alentadores, en algunos casos no superaban el 30%. La razón fundamental es que no respondían a la demanda de las poblaciones y no llenaban las expectativas generadas por el contexto actual.

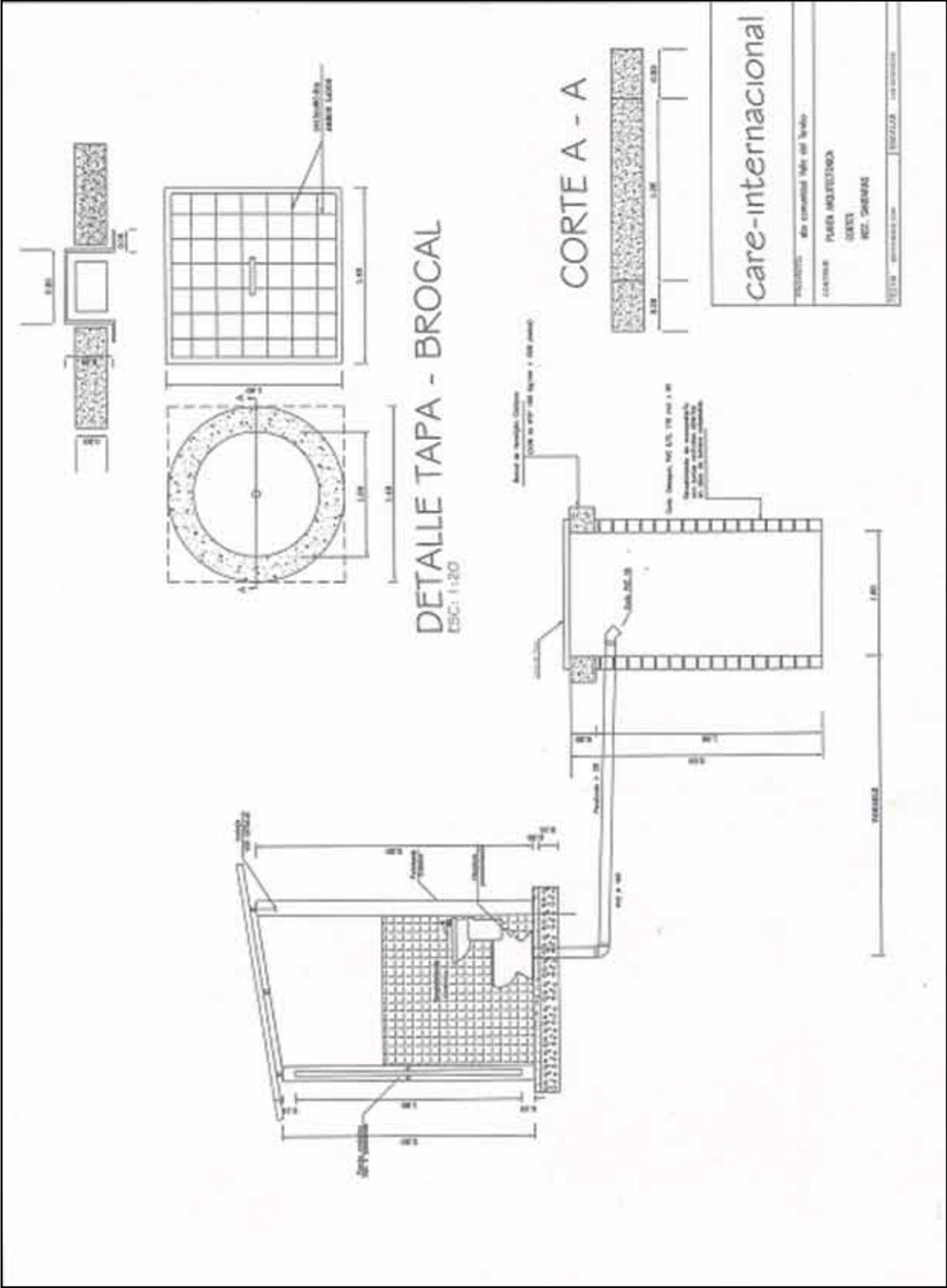
En estas condiciones, varias instituciones públicas y no gubernamentales realizaron esfuerzos para diseñar modelos que, aunque un poco más costosos, generaron mayor aceptación entre los usuarios y usuarios y sus niveles de uso y mantenimiento son superiores, garantizando con esto la SOSTENIBILIDAD requerida.

Es así que al momento se cuenta con el diseño de la Unidad Sanitaria Integral (USI), que considera un espacio físico más amplio, para instalar en su interior un inodoro o bacinete, un lavabo y una ducha. Puede utilizarse cualquier material para su construcción (ladrillo, bloque, adobe, caña, etc.), lo importante es generar un espacio interior más amplio y comfortable.

Hay varias experiencias en la región que permiten deducir, que los usuarios / as, están dispuestos a realizar mayores aportes familiares para acceder a este tipo de unidad y en una evaluación realizada en el año 2005 en Ecuador se identificó un nivel de uso y mantenimiento cercano al 98%.

Para el diseño del pozo séptico se pueden utilizar los mismos parámetros de diseño indicados en las secciones anteriores. Los diseños de la caseta y otros se presentan a continuación:





### 2.2.2 Sistemas Colectivos

Conocemos que los sistemas de eliminación de excretas, tales como letrinas, fosa sépticas, unidades sanitarias integrales y sistemas de alcantarillado sanitario, son una consecuencia del abastecimiento de agua y que, conforme se mejora este sistema, es necesario realizar ampliaciones, mejoras o cambios tecnológicos en la infraestructura, de modo que permitan una mayor facilidad y comodidad a los usuarios/as en lo referente a la eliminación de las aguas residuales y que elimine la posibilidad de contagio de enfermedades vía hídrica, se minimice o elimine la contaminación de las aguas subterráneas o superficiales y en general se mejore las condiciones del medio.

En la mayoría de los casos, previa a la mejoría en el sistema de recolección de aguas residuales, se han suscitado casos en que las condiciones de salubridad se han deteriorado. El problema se debió al aumento de la cantidad y calidad de agua potable y al incremento de la producción de aguas residuales, que llevaron a que se saturen los sistemas y se abandone su uso. Eso llevó también a que se retomaran prácticas anteriores que traen como consecuencia un decremento en las condiciones de salubridad debido a la contaminación por aguas residuales de las aguas subterráneas y superficiales, circulación de las aguas de desecho por cunetas y calles, etc.

Este estado de situación, a pesar de los esfuerzos gubernamentales, ha producido una cantidad elevada de muertes y situaciones epidémicas y de insalubridad. Aquí vale la pena recordar las cifras dadas por la Organización Mundial de la Salud, OMS, en el "Informe sobre la Salud en el Mundo, hace algunos años".

*"...las enfermedades diarreicas, en particular el cólera, la fiebre tifoidea y la disentería, las cuales son propagadas a través del agua o alimentos contaminados, acabaron con la vida de 3,1 millones de personas, la mayoría niños, en 1995. En este mismo período, la hepatitis B causó la muerte de más de 1,1 millones de personas y las verminosis intestinales cobraron al menos 135.000 vidas"... más del 80 %de las enfermedades son transmitidas por vía hídrica".*

Afortunadamente no se producen esta situación en todos los casos, y una siguiente etapa en el desarrollo de los pueblos es la adopción de mejores sistemas de eliminación de aguas residuales, tales como las redes de alcantarillado sanitario, sean las convencionales o las de pequeño diámetro o condominiales.

Debemos recordar los niveles de servicio sugeridos que señalan que para poblaciones con más de 2.500 habitantes se debe construir un sistema de alcantarillado sanitario, definido como:

Alcantarillado sanitario: Sistema de disposición de residuos líquidos, conformado por una red de colectores (normalmente tuberías), que recolectan las aguas servidas de

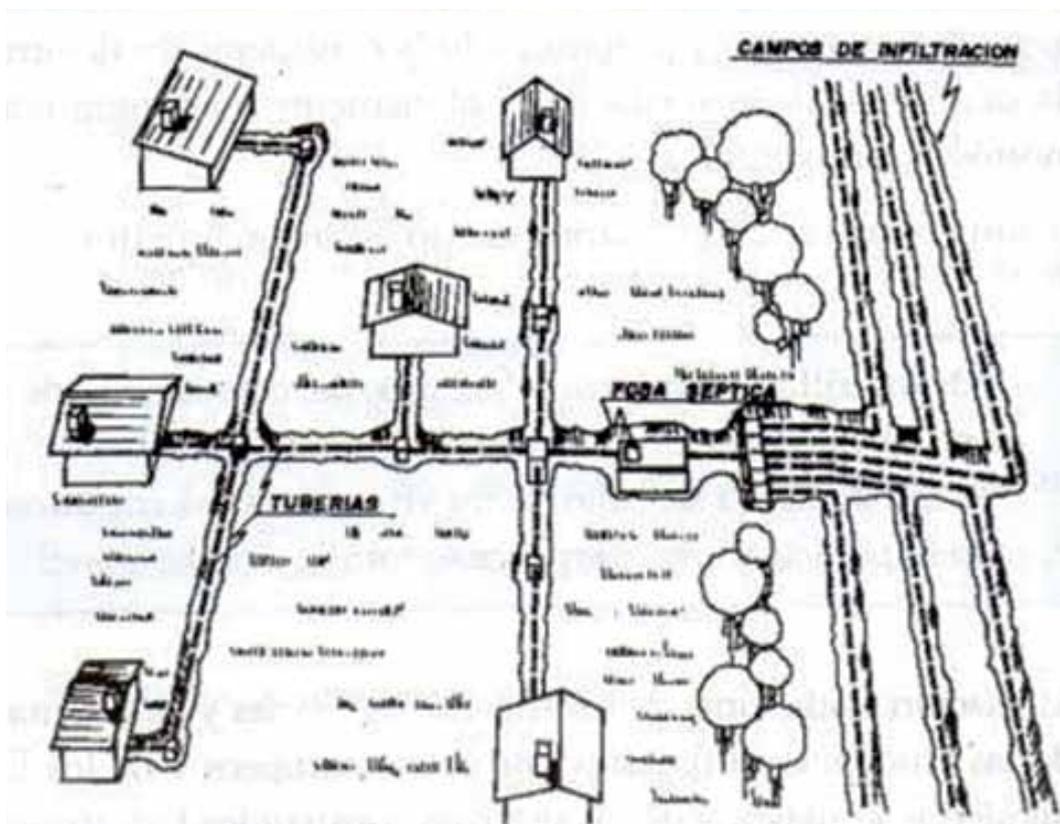
las viviendas y las conducen hasta un sistema de depuración y/o cuerpo receptor.

En este sentido, desde hace un tiempo atrás se viene escuchando con creciente frecuencia términos como: alternativo, simplificado, adecuado, apropiado, competitivo, etc., que cuando se relacionan con sistemas de agua potable, alcantarillado o tratamiento de aguas residuales, debemos interpretarlos como la búsqueda de tecnologías alternativas apropiadas de bajo costo y que sean aceptadas por las comunidades.

La búsqueda de otro tipo de tecnologías apropiadas para países en desarrollo (término que puede ser extenso y vago), no significa que deben ser desechados otros tipos de tecnologías de supuesto uso exclusivo en países desarrollados.

En la región, ha sido tradicional la construcción del sistema sanitario de alcantarillado, como una primera etapa dentro de la evolución y mejoramiento de la infraestructura sanitaria de una población.

A continuación, se reseñarán las principales consideraciones que se deben aplicar para el diseño y construcción de un sistema de alcantarillado sanitario.

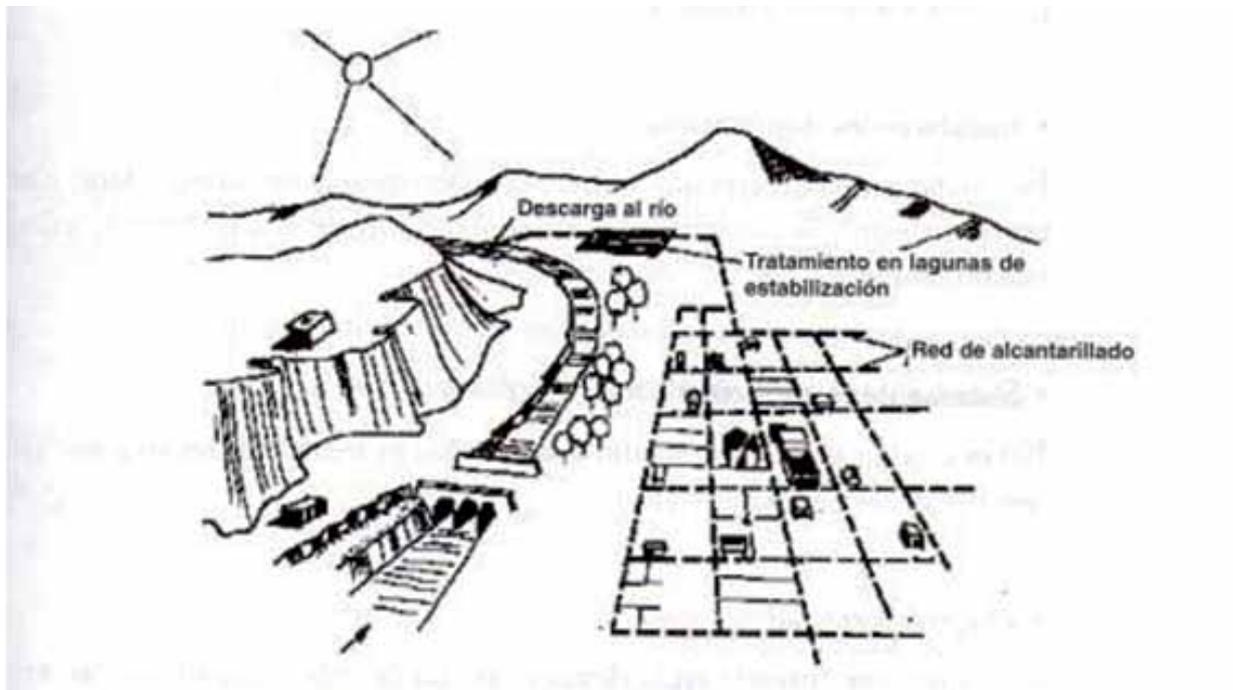


- **Sistemas convencionales de alcantarillado sanitario**

En la gráfica se indica una típica solución para un pequeño poblado, en el que se ha construido una red de alcantarillado sanitario, normalmente mediante la utilización de tuberías prefabricadas de hormigón y que son instaladas en una zanja. Se observan los pozos de revisión así como la fosa séptica y las tuberías que descargan en un campo de infiltración.

El efluente de la fosa séptica puede captarse mediante tuberías plásticas de menor diámetro y ser conducidas a la disposición final o a un tratamiento en un reactor anaerobio, por ejemplo.

En la siguiente gráfica se indica un sistema convencional de alcantarillado sanitario, en el cual los desechos se conducen a un sistema de lagunas de estabilización para



ser sometidos a su depuración y finalmente ser descargados en el río.

- Componentes de una red de alcantarillado

Instalaciones internas: formadas por las tuberías que sirven para recolectar las aguas servidas desde los distintos aparatos sanitarios, duchas, lavaderos y fregaderos.

Se utilizan con mucha frecuencia las tuberías de PVC propias para este fin, desembocando todas en un pozo de inspección, el mismo que se ubica en la parte exterior de la vivienda en la mayoría de los casos. Se presupone que el mantenimiento de estas tuberías es responsabilidad del/la usuario/a de la vivienda.

Sistemas de recolección: formados por tuberías, instaladas dentro de una zanja y a una profundidad mínima de 0.8 metros (normas SSA - Ecuador). Las pendientes se establecen de acuerdo a las condiciones topográficas del terreno y mediante condicionamientos hidráulicos.

En cada intersección es necesaria la instalación de pozos de revisión o de visita que permiten el acceso a las alcantarillas para su inspección o limpieza. Deben localizarse en todo cambio de dirección o diámetro y, como se mencionó, en la intersección de dos o más alcantarillas.

Se usan también los pozos de caída, que permiten la unión indirecta de dos tuberías a diferente nivel y se usan para disipar energía cuando los desniveles entre pozos de visita son elevados.

Instalaciones domiciliarias: formadas por la tubería que va desde el pozo de revisión domiciliario hasta la unión con el colector. Se construyen normalmente con tubería de hormigón en el sistema convencional.

Sistema de tratamiento: todo el proceso de depuración necesario, antes de realizar la descarga al cuerpo receptor.

Disposición final: generalmente consiste en la descarga de los desechos, tratados o no, en un cuerpo receptor tal como un río, quebrada, lago, estero, etc.

#### -Requerimientos de la red de alcantarillado

Topografía: se requiere un levantamiento taquimétrico, que permita un trazado adecuado de la red de alcantarillado. Las escalas a usarse son las recomendadas por las entidades rectoras en cada país. Se deben realizar las nivelaciones del perfil del lugar en los que se instalarán las tuberías.

Estimación de la población futura: de no existir estos datos que debieron ser empleados para el diseño del agua potable, se sugiere recurrir a los métodos recomendados en cada país o utilizar el rango señalado de acuerdo al tipo de población y al recuento de habitantes de la localidad. Se recomienda emplear una proyección de tipo aritmético, geométrico o utilizar el método de correlación.

Caudales de diseño: se considera el caudal de aguas residuales, el mismo que se obtiene de acuerdo a la dotación de agua potable, un aporte de aguas ilícitas y aguas de infiltración. El caudal de aguas residuales se determina utilizando la expresión:

$$Q_{as} = P \times D \times Ca \times K/86400$$

En donde:

**Q<sub>as</sub>:** Caudal de aguas residuales, expresado en litros/segundo.

**P:** Población de diseño, en número de habitantes

**D:** Dotación de agua potable, en litros/habitante x día

**Ca:** Coeficiente de aporte de agua residual, se considera un valor de 0.80

**K:** Coeficiente de mayoración, cuantificado mediante la fórmula:

$$K = 2.228/Q \text{ A } 0.073325$$

En esta última expresión, Q está dado en m<sup>3</sup>/seg. De acuerdo a la normativa, el caudal mínimo será de 2.2 litros/segundo.

El caudal de infiltración: Debe ser determinado mediante pruebas de campo y va a depender de las condiciones propias de la zona, del material empleado así como de la norma constructiva y los cuidados adoptados. Un valor comúnmente adoptado es de:

$$Q_i = 1 \text{ litro/segundo} \times \text{kilómetro de colector}$$

Existen algunas expresiones que permiten determinar un valor inicial de este vale, sin embargo es recomendable considerar las condiciones locales.

El caudal de aguas ilícitas, es un valor constante y se lo cuantifica mediante:

$$Q \text{ ilícitas} = 115 \text{ litros/habitante} \times \text{día}$$

Este valor es tomado de las normas de la empresa ETAPA-Cuenca.

El caudal total para el diseño de los colectores será:

$$Q_s = Q_{as} + Q_i + Q \text{ ilícitas}$$

Diseño hidráulico: Se puede utilizar cualquier expresión de hidráulica de conductos. En nuestro medio se emplea la ecuación de Manning y se consideran los siguientes parámetros para su aplicación:

- Coeficiente de rugosidad (n ) = 0.014
- Velocidad mínima = 0.60 metros/segundo
- Velocidad máxima = 3.50 metros/segundo
- Calado máximo/D = 75 %
- Diámetro mínimo = 200 mm.

Estos parámetros son tomados de la normativa de ETAPA – Cuenca, Ecuador.

Documento: Plan Maestros de Agua Potable y Alcantarillado.

#### **-Otras consideraciones:**

Las tuberías de alcantarillado deberán ubicarse en el lado opuesto de aquel en el que se encuentren las tuberías del sistema de agua potable.

Deberá localizarse por debajo de la red de agua potable, y a una profundidad que garantice su seguridad a las cargas exteriores y que permita descargar libremente conexiones domiciliarias.

Los tramos de colector deberán tener alineación recta y pendiente uniforme. La distancia máxima entre dos pozos de revisión depende del diámetro de la tubería que los conecta.

Las conexiones domiciliarias se realizarán con tubería de por lo menos 100 mm de diámetro y con pendiente mínima del 1%.

#### **-Alcantarillado sin arrastre de sólidos:**

Fue concebido originalmente en los Estados Unidos en 1974, con el objeto de resolver el problema de pequeñas poblaciones en donde el suelo no tenía la capacidad para recibir el efluente de las fosas sépticas.

Se puede considerar como una combinación de un sistema individual de eliminación a través de una fosa séptica y un sistema de recolección del efluente por medio de pequeñas tuberías que transportan esta agua que no contiene sólidos o los contiene en muy poca proporción. Se pueden señalar las siguientes ventajas de este sistema:

- No se requieren grandes cantidades de agua para propiciar el arrastre de sólidos, puesto que no existen.
- Se reducen los costos de excavación, puesto que no se precisan pendientes mínimas que permitan velocidades de auto limpieza.
- Se reduce el costo de materiales.
- Se reducen los requerimientos de tratamiento.

Como desventaja se puede señalar que se necesitan limpiezas continuas de los lodos retenidos en cada tanque interceptor (fosas sépticas).

#### **-Alcantarillado Condominial:**

Se debe considerar que cada manzana de la población corresponde a la proyección horizontal de un edificio e imaginar que la evacuación de las aguas residuales de manzana corresponde a la conexión domiciliar del edificio o condominio.

Se realizaron algunas innovaciones a los criterios convencionales, entre estos:

- Modificación del parámetro básico en el diseño hidráulico que es la velocidad mínima o de arrastre.
- Eliminación de la distancia máxima entre los pozos de revisión. Se acepta mayor distancia de tramos.
- Innovaciones en dispositivos para inspección y limpieza.

Entre las ventajas que ofrece este tipo de alcantarillado se anotan:

- Menor costo de excavación, de material de alcantarillado, de los pozos de registro de las conexiones domiciliarias.
- Facilidad de ejecución de conexiones domiciliarias. Mayor empleo de mano de obra poco calificada.
- Educación sanitaria y asistencia social para involucrar a la comunidad en los procesos de construcción, operación y mantenimiento.

Como desventajas se pueden mencionar:

- Exigencia de trabajos permanentes.
- Posibles conflictos debidos a derechos de paso, servidumbre.

### **2.2.3 Sistemas Sanitarios para Centros Escolares:**

En la presente unidad se darán algunos lineamientos para orientar la implementación y/o mejoramiento de las unidades de saneamiento a nivel escolar. Iniciaremos indicando que los factores básicos a considerar de inicio, son:

- Número de usuarios/as, aquí es importante conocer el número de hombres y mujeres que utilizarán los servicios.
- Usos que tendrá la unidad, por ejemplo: defecación, orina, baño, entre otros.
- Disponibilidad de agua.
- Método de disposición de excretas sugerido (Fosa séptica o cualquier otro sistema de disposición).
- Tipo de suelo

A continuación se presentan dos tablas que orientan sobre la capacidad de los servicios y el número de elementos necesarios por unidad en base a las siguientes consideraciones: 1.- igual número de mujeres y de hombres, 2.- utilización igual a una vez por alumno, 3.- tasa de producción de lodos igual al caso de los hogares, 4.-la cantidad de aporte de líquido en unidades con arrastre de agua es:  $T_a = 4.4$  litros/alumno /día.

<b>CAPACIDAD DE SERVICIOS</b>	
<u>UNIDAD SANITARIA</u>	<u># DE USUARIOS POR UNIDAD</u>
Lavamanos (Llave de agua)	40
Urinario	40
Unidad Sanitaria con arrastre de agua	12
Unidad Sanitaria sin arrastre de agua	20

<b>NÚMERO DE ELEMENTOS DE LAS BATERÍAS SANITARIAS</b>				
(se asume igual número de hombres y mujeres)				
<u># de alumnos-as de las escuelas</u>	<u># de unidades hombres.</u>	<u># de unidades mujeres</u>	<u># de urinarios</u>	<u># de grifos de agua</u>
Hasta 50	1	1	1	2
50 – 100	1	3	1	3
100 -150	2	5	1	4

CARE Ecuador, en el período 2000 – 2010, promovió la construcción participativa de nuevos modelos de saneamiento escolar, que cubran las aspiraciones de la población, que faciliten el uso de niños y niñas de acuerdo a su estatura, que garantice su privacidad para niños, entre otros.

A continuación algunas imágenes de las unidades mencionadas.



<b>TEMA: CICLO DE TRANSMISIÓN DE ENFERMEDADES POR EXCRETA</b>	
<b>Evento:</b>	Sesión Educativa
<b>Participantes:</b>	Hombres, Mujeres, niños, jóvenes miembros de la comunidad.
<b>Tiempo:</b>	2 horas
<b>Objetivos:</b>	<p>Lograr que las familias conozcan el ciclo de transmisión de enfermedades por excretas.</p> <p>Lograr que las familias conozcan las principales enfermedades que se producen por la falta de Unidades Sanitarias Integrales.</p> <p>Lograr que las familias conozcan algunas medidas preventivas para evitar este tipo de enfermedades.</p> <p>Lograr que las familias valoren la importancia de la construcción de una Unidad Sanitaria Integral.</p> <p>Lograr que las familias adquieran compromisos frente a medidas preventivas.</p>
<b>Procedimiento:</b>	<p>Dinámica de presentación. Los animales. En una funda colocar las tarjetas con los nombres de animalitos y hacer que cada participante escoja una tarjeta y luego buscará su pareja. Finalmente con el compañero/a presentará a su otro/a compañero/a y dirá:</p> <p>Tengo el honor de presentarles a María Ortega Y el otro dirá tengo el honor de presentarles a Sergio Jumbo y somos los “guau, guau” es decir imitarán lo que realiza el animalito que les toco. Esto deberán repetirlo hasta que terminen todos los participantes.</p> <p>Lluvia de ideas. Con el apoyo de las ideas de los participantes se realizará las preguntas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Qué entiende o que son las excretas “heces fecales”, se recogerá seis a diez conceptos o ideas.</li> <li>- Qué entiende por enfermedad.</li> </ul> <p>Trabajo de grupos. Se dividirá en dos subgrupos a través de numeración. Para el primer grupo se entregará en tarjetas los medios de contaminación y para el segundo las medidas preventivas. Cada grupo analizará lo que significa cada uno de los dibujos presentados en la tarjeta. Además el primer grupo deberá anotar en cinco tarjetas el nombre de enfermedades que se producen por esos medios de contaminación. Para el segundo grupo igual anotará en 5 tarjetas el nombre de: Enfermedades que previenen si toman medidas preventivas.</p>

	<p>Plenaria. Para ello cada grupo irá pegando en una cartulina grande cada tarjeta y explicando lo que analizaron en su grupo. Al finalizar pegarán en un costado el nombre de cinco enfermedades que ellos conocen y anotarán en sus tarjetas.</p> <p>Una vez que se ha analizado el trabajo, con el apoyo del grupo, se construirá el ciclo de transmisión de enfermedades, haciendo un movimiento de las tarjetas que se pegaron en el trabajo anterior.</p> <p>Refuerzo de contenidos. El facilitador recalcará el ciclo de transmisión de enfermedades por excretas y las enfermedades que se producen por no poseer una Unidad Sanitaria Integral.</p> <p>Recalcar algunas enfermedades como: Cisticercosis, Parasitosis, Diarreas etc. o enfermedades que los grupos manifestaron en el trabajo o se dan en la comunidad.</p> <p>No olvidar explicar las consecuencias en la salud de la familia al poseer estas enfermedades principalmente en los niños / as.</p> <p>Compromisos están relacionados con las medidas preventivas.</p> <p>Culminación. Se hace la entrega de folletos ilustrativos.</p>
<b>Resultados:</b>	Las familias de la comunidad reconocen el ciclo de transmisión de enfermedades por excretas, las principales enfermedades y las medidas
<b>Recursos:</b>	Cartulinas de diferentes colores para dibujar los medios de contaminación y las medidas preventivas.
<b>Responsables:</b>	Técnico/a social en Educación para la Salud.
<b>Recomendaciones:</b>	Preparar con anticipación el material para la sesión educativa. Asegurar la convocatoria para lograr la participación de toda la comunidad.

<b>Evento:</b>	Sesión Educativa
<b>Participantes:</b>	Hombres, Mujeres, Jóvenes y Niños de la comunidad.
<b>Tiempo:</b>	2 horas
<b>Objetivos:</b>	<p>Lograr que las familias conozcan a la Diarrea como una enfermedad de mucho riesgo.</p> <p>Lograr que las familias conozcan los principales síntomas de la Diarrea.</p> <p>Que las familias conozcan cómo preparar y administrar el suero oral y el suero casero.</p> <p>Que las familias conozcan las medidas preventivas para evitar la Diarrea.</p> <p>Lograr que las familias valoren la importancia de la construcción de una Unidad sanitaria Integral.</p>
<b>Procedimiento:</b>	<p>Dinámica de presentación en parejas. En tarjetas pequeñas de varios colores se colocarán la mitad de una palabra relacionada con las Diarreas, luego deberán buscar su pareja es decir completar las palabras y deberán conversar sobre lo que conocen respecto a esta palabra.</p> <p>Las palabras que se deben trabajar son: Diarrea, Deshidratación, Rehidratación, Inmodium, alimentación, agua, basura, moscas, Suero Oral, Suero Casero, Líquidos, Manzanilla, Síntomas, Centro de Salud, Parásitos, Cólera, Chancho.</p> <p>Finalmente luego cada pareja compartirá lo que han conversado referente a esta palabra y de los conceptos y conocimientos de los participantes.</p> <p>Trabajo de Grupos. Se dividirá en dos grupos y se trabajará en un pápeo grafo las siguientes preguntas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- ¿Qué es la diarrea?</li><li>- ¿Quiénes se enferman más por diarrea?</li><li>- ¿Por qué los niños/as se enferman por diarrea?</li><li>- ¿Cómo curamos a los niños cuando están con diarrea?</li></ul> <p>Plenaria. Cada grupo explicará su trabajo con ayuda del relator.</p> <p>Refuerzo de contenidos. El facilitador reforzará los conocimientos con el apoyo de un rotafolio.</p> <p>Deberá asegurarse que las familias conozcan:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Concepto, causas, signos y síntomas de la diarrea.</li><li>- Complicaciones de la diarrea, deshidratación signos y síntomas.</li><li>- Tratamiento y Complicaciones que genera la automedicación.</li><li>- Preparación y administración del suero oral y suero casero.</li></ul> <p>Demostración. Se explicará a la comunidad cómo se prepara el suero oral y luego una madre o padre de familia repetirá el procedimiento, en lo posible cada participante tomará suero oral para conocer su sabor e incentivar a la administración de este en los niños.</p>

	<p>Mensajes Claves.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La pérdida de líquidos en un niño puede producir la muerte. Por lo tanto, un niño que tiene Diarrea debe beber muchos líquidos.</li> <li>- Un niño con Diarrea necesita comida.</li> <li>- Mantener la Lactancia Materna.</li> <li>- Si la Diarrea es más grave que lo usual, si persiste por más de dos semanas, o si existe sangre en las heces, es necesario buscar ayuda médica urgente.</li> <li>- No deben usarse medicamentos para la Diarrea excepto bajo prescripción médica.</li> </ul> <p>Compromisos. Se los realizará la comunidad.</p>
<b>Resultados:</b>	Asegurar que las familias conozcan la preparación y administración del suero oral y suero casero como medida para rehidratar al niño.
<b>Recursos:</b>	Cartulinas de diferentes colores, pápelografos, cinta masking, sobre de suero oral, una botella, 1 litro de agua hervida, azúcar, sal, bicarbonato, una cucharita, una jarra con medida, un repostero transparente y folletos ilustrativos.
<b>Responsables:</b>	Técnico/ a Social en Educación para la Salud.
<b>Recomendaciones:</b>	Asegurar la convocatoria para evitar inasistencia de las familias No olvide de preparar con anticipación los materiales y sustancias para la demostración. Recuerde que si el nivel de analfabetismo es alto deberá utilizar otras técnicas.

<b>Evento:</b>	Sesión Educativa
<b>Participantes:</b>	Hombres, Mujeres, Jóvenes y Niños beneficiados o no del Proyecto.
<b>Tiempo:</b>	2 horas
<b>Objetivos:</b>	<p>Lograr que las familias conozcan la importancia de la construcción de la Unidad Sanitaria Integral.</p> <p>Que las familias conozcan los implementos básicos que debe tener una USI.</p> <p>Que las familias sepan normas de uso y mantenimiento adecuado de la USI.</p> <p>Lograr que las familias den uso y mantenimiento adecuado a las USI.</p>
<b>Procedimiento:</b>	<p>Dinámica de Ambientación. El Barco se Hunde.</p> <p>Los participantes forman un círculo y el facilitador se ubica en el centro, para decirles: Yo soy el capitán del barco, todos nos vamos a imaginar que estamos navegando en este barco, y qué en ese momento habrá una gran tormenta y el barco comenzará a hundirse y en ese momento yo les indicaré que sólo hay uno, dos o tres salvavidas y todos deberán reunirse en grupos de acuerdo al número que vaya mencionando, los que se quedan fuera del grupo se ahogarán y saldrán del juego. De igual forma se puede variar el juego agrupándolos sólo con mujeres o sólo con hombres.</p> <p>Esta dinámica ayudará a facilitar la integración del grupo y a proporcionar un ambiente de confianza para los participantes.</p> <p>Trabajo de Grupos. Se dividirá en dos grupos y se trabajará las siguientes preguntas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Qué es una Unidad Sanitaria Integral.</li> <li>- Qué beneficios nos brinda una USI para nuestra salud.</li> <li>- Por qué debemos mantener limpia la USI.</li> <li>- Qué actividades debemos cumplir para mantener limpia nuestra USI.</li> <li>- Qué implementos básicos debe tener nuestra USI.</li> </ul> <p>Plenaria. Cada grupo presentará su trabajo a través de su secretario.</p> <p>Refuerzo de contenidos. Se reforzará en los siguientes temas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recordar sobre el ciclo de transmisión de enfermedades por excretas.</li> <li>- La importancia de mantener limpia nuestra USI.</li> <li>- Consejos básicos de aseo y uso de la USI.</li> <li>- Implementos básicos de aseo que implementarse en cada USI.</li> <li>- La responsabilidad familiar en el aseo y mantenimiento de la USI.</li> <li>- La importancia de la construcción de un hoyo sanitario para enterrar los papeles generados en el baño.</li> </ul>

	<p>Compromisos. Se los realiza de acuerdo al refuerzo de contenidos, luego se llevarán a cabo visitas domiciliarias que permitirán ir sugiriendo algunas ideas a cada familia para mejorar.</p> <p>Clausura. Se la realiza con la entrega de folletos ilustrativos a los participantes.</p>
<b>Resultados:</b>	Las familias dan importancia a la construcción de la Unidad Sanitaria Integral con sus implementos básicos.
<b>Recursos:</b>	<p>Marcadores</p> <p>Papelógrafos</p> <p>Cinta Masking</p> <p>Cartulinas de varios colores</p> <p>Cartulinas grandes (pliegos)</p> <p>Pinturas</p> <p>Folletos ilustrativos</p>
<b>Responsables:</b>	Técnico/ca Social en Educación para la Salud.
<b>Recomendaciones:</b>	<p>Preparar con anticipación el material.</p> <p>Asegurar la convocatoria para evitar problemas de inasistencia.</p> <p>Partir siempre de las experiencias de la comunidad.</p>

<b>Evento:</b>	Sesión Educativa
<b>Participantes:</b>	Hombres, Mujeres, Jóvenes y Niños de la comunidad.
<b>Tiempo:</b>	2 horas
<b>Objetivos:</b>	<p>Lograr que las familias conozcan la importancia del aseo de la vivienda y sus beneficios para la salud individual y familiar.</p> <p>Que las familias reconozcan la importancia de una adecuada higiene personal como medida preventiva de las enfermedades.</p> <p>Sensibilizar sobre los buenos hábitos de higiene personal que aseguren su salud.</p>
<b>Procedimiento:</b>	<p>Se empezará realizando la siguiente dinámica.</p> <p>En el piso se dibujan varios círculos pequeños y se colocan en cada uno de ellos dibujos de objetos de aseo personal y de la vivienda. Por ejemplo cepillo, jabón, toalla, peinilla, escoba, pasta dental, espejo).</p> <p>Se pide seis voluntarios, 3 por cada grupo. Luego se les pedirá a cada uno de ellos que observen la ubicación de los dibujos, luego se retira los objetos y se le pedirá que en un minuto vuelva a colocarlos en los lugares correctos.</p> <p>Para el segundo grupo se realizará el mismo procedimiento pero con diferente ubicación de los objetos. El grupo ganador será el que tenga mayores aciertos.</p> <p>Trabajo Grupal. Se dividirá en dos grupos y se trabajará en las siguientes preguntas:</p> <p>El primer grupo trabajará lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Por qué es importante la higiene personal.</li> <li>- Qué enfermedades evitamos si llevamos a cabo una adecuada higiene de la personal.</li> <li>- Cuáles son las normas de higiene básicas que debemos cumplir todas las personas.</li> </ul> <p>El segundo grupo trabajará lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Por qué es importante una adecuada higiene de la vivienda.</li> <li>- Qué enfermedades evitamos si llevamos a cabo una adecuada higiene de la vivienda.</li> <li>- Qué actividades debemos cumplir para una adecuada higiene de la vivienda.</li> </ul> <p>Plenaria. Cada grupo presentará su trabajo a través de su secretario.</p> <p>Refuerzo de contenidos. Se reforzará en los siguientes temas:</p> <p><u>HIGIENE PERSONAL.</u></p> <p>El aseo es importante para prevenir muchas enfermedades. Bañarse todos los días porque sudamos y nos ensuciamos. Lavarnos las manos con agua y jabón antes de prepara, comer los alimentos y después de utilizar la Unidad Sanitaria Integral.</p>

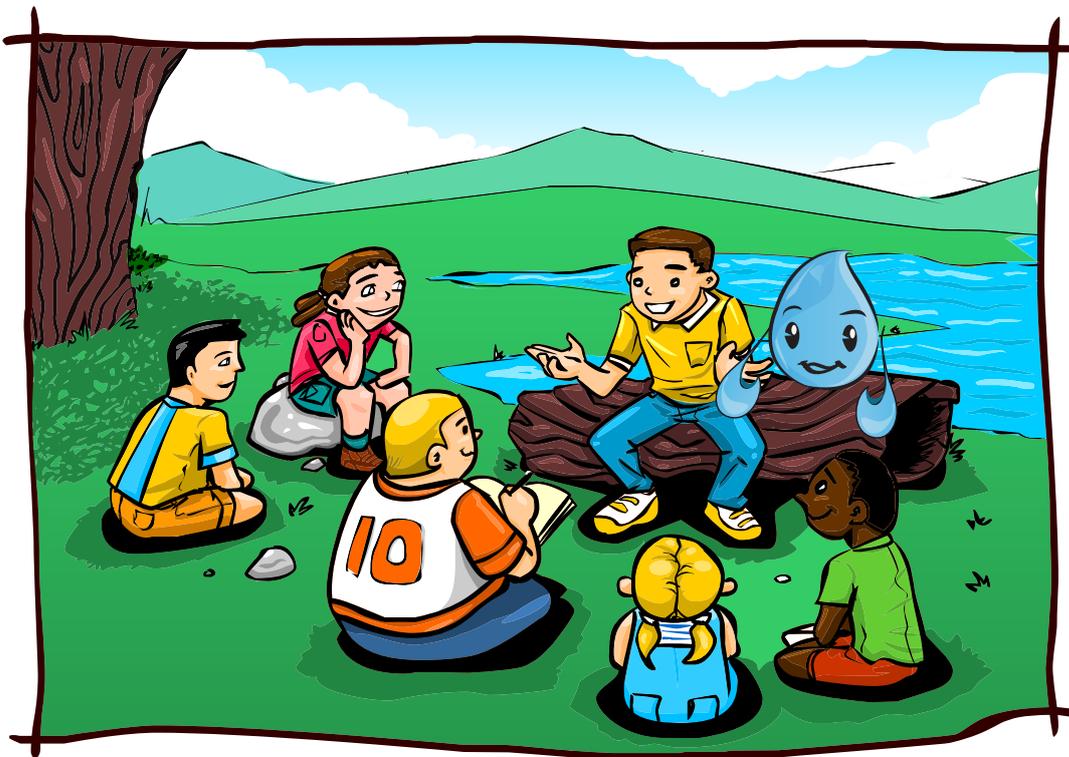
	<p>Mantener las uñas bien cortas y bien limpias. Cepillarnos los dientes después de cada comida para evitar las caries.</p> <p><u>HIGIENE DE LA VIVIENDA</u></p> <p>Importancia de la distribución adecuada de la vivienda. Aseo diario de la vivienda Insistir en la ubicación de los animales en un corral. Limpieza adecuada de la Unidad Sanitaria Integral.</p> <p>TRABAJO DE GRUPOS</p> <p>Se dividirá en dos grupos por numeración y se les pedirán que realicen un sociodrama tomando en cuenta las normas de higiene personal y el otro grupo las normas de higiene de la vivienda.</p> <p>Luego cada grupo presentará su sociodrama.</p>
<b>Resultados:</b>	Las familias se sensibilizan sobre los buenos hábitos de higiene familiar personal y de la vivienda que aseguren sus salud.
<b>Recursos:</b>	<p>Marcadores Papelógrafos Cinta Masking Cartulinas de varios colores Cartulinas grandes (pliegos) Pinturas</p>
<b>Responsables:</b>	Técnico/ca Social en Educación para la Salud.
<b>Recomendaciones:</b>	<p>Preparar con anticipación el material. Asegurar la convocatoria para evitar problemas de inasistencia. Partir siempre de las experiencias de la comunidad. Recordar que si el nivel de analfabetismo es alto deberá partir por sus propias vivencias.</p>

## IV. Recreando conocimientos

El facilitador/a divide a los participantes en dos grupos. Al primer grupo le solicita que dibuje una Unidad Sanitaria Integral y al segundo grupo una letrina.

Luego solicita que presenten los trabajos a cada grupo y que establezcan las ventajas y desventajas de cada una.

Finalmente el facilitador debe poner énfasis en la importancia de mantener la USI o letrina limpia y la importancia de su uso para la eliminación adecuada de las excretas.



## EN POCAS PALABRAS...

### UNIDAD 2

#### **Sistemas de Disposición de Excretas: Sistemas Individuales**

Las letrinas sanitarias y Unidades Sanitarias Integrales (USI), constituyen soluciones para el manejo y la disposición final de excretas, sobre todo en el sector rural, que podrían ser implementadas en determinada localidad dependiendo del nivel de demanda de la población, la condición económica, la disponibilidad de agua, el tipo de suelo, la existencia de materiales en la zona, las costumbres, entre otras.

De cualquier manera, al momento de seleccionar un tipo de solución, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- No contaminar la superficie del terreno
- No contaminar las aguas superficiales
- No contaminar las aguas de pozos, fuentes drenajes, galerías, etc.
- No permitir el acceso de moscos y otros animales a las excretas.
- No exhalar malos olores.
- Conservar la estética y el entorno local
- Deben ser de construcción, operación y mantenimiento sencillos.
- Los costos deben estar acorde a la economía local.

#### **Tipos de soluciones para el adecuado manejo y disposición final de las excretas:**

**Letrina sin arrastre de agua:** Esta letrina no dio el resultado esperado, debido a los malos olores producidos y especialmente a la presencia de moscas, por lo que los usuarios/as les dieron otros usos, tales como bodegas, depósitos de variados usos o simplemente eran abandonadas por lo que no se recomienda construirla.

**Letrina sin arrastre de agua con pozo ventilado:** Posteriormente se ideó una versión mejorada de la letrina inicial, dotándola de una tubería de ventilación para extraer los gases del pozo, eliminando de esta forma los malos olores en el interior de la caseta, así como la presencia de moscas casi en su totalidad. Se recomienda usar en terrenos de baja permeabilidad, en donde no es posible utilizar las letrinas con arrastre de agua.

**Letrina sin arrastre de agua con pozo ventilado y de doble cámara:** En este tipo de letrina, las excretas son aisladas en una cámara en donde son sometidas a una descomposición anaerobia, durante un tiempo mayor a la sobrevivencia de los organismos patógenos. Luego de este proceso las excretas pueden ser empleadas como fertilizante de suelo sin mayor peligro para la salud. Se requiere la construcción de la doble cámara ya que cuando una de ellas está siendo usada, la otra mantiene en condiciones anaerobias los excrementos en fermentación. El tratamiento o asilamiento de la cámara llena durará entre ocho meses a un año.

Para el dimensionamiento del tamaño de los pozos de recepción-fermentación se deben considerar los factores: permeabilidad de las superficies internas de la cámara, tiempo de fermentación, número de usuarios/as.

**Letrina con arrastre de agua:** Consta de un bacinete de sello hidráulico o un servicio higiénico de tanque alto o bajo, un pozo de acumulación y accesorios de interconexión del bacinete o taza y el pozo, tubería de ventilación. Es recomendable utilizar por motivos de duración las fabricadas en porcelana.

**Unidad Básica Sanitaria:** La Unidad Sanitaria Integral (USI) comprenden un espacio físico más amplio, para instalar en su interior un inodoro o bacinete, un lavabo y una ducha. Puede utilizarse cualquier material para su construcción (ladrillo, bloque, adobe, caña, etc.), lo importante es generar un espacio interior más amplio y confortable.

Para el diseño del pozo séptico, se pueden utilizar los mismos parámetros de diseño indicados en las secciones anteriores.

**Alcantarillado sanitario:** Sistema de disposición de residuos líquidos conformado por una red de colectores (normalmente tuberías), que recolectan las aguas servidas de las viviendas y las conducen hasta un sistema de depuración y/o cuerpo receptor.

Componentes de una red de alcantarillado:

- Instalaciones internas
- Sistemas de recolección
- Instalaciones domiciliarias
- Sistema de tratamiento
- Disposición Final

### **Alcantarillado sin arrastre de sólidos:**

#### Ventajas:

No se requieren grandes cantidades de agua para propiciar el arrastre de sólidos, puesto que no existen

- Se reducen los costos de excavación
- Se reduce el costo de materiales
- Se reducen los requerimientos de tratamiento

#### Desventaja:

Necesitan limpiezas continuas de lodos retenidos en cada tanque interceptor (fosas sépticas)

### **Alcantarillado condominial:**

#### Ventajas:

- Menor costo de excavación, de material de alcantarillado, de los pozos de registro de las conexiones domiciliarias
- Facilidad de ejecución de conexiones domiciliarias. Mayor empleo de mano de obra poca calificada
- Educación sanitaria y asistencia social para involucrar a la comunidad en los procesos de construcción, operación y mantenimiento.

#### Desventajas:

- Exigencia de trabajos permanentes
- Posibles conflictos debidos a derechos de paso, servidumbre

Sistemas sanitarios para centros escolares: Se deben considerar los siguientes factores básicos para la implementación y/o mejoramiento de las Unidades de Saneamiento Escolar.

- Número de usuarios, aquí es importante conocer el número de hombres y mujeres que utilizarán los servicios
- Usos que tendrá la unidad, por ejemplo: defecación, orina, baño, entre otros usos.
- Disponibilidad de agua.
- Método de disposición de excretas sugerido.
- Tipo de suelo

## VI. Aplicando conocimientos

En base en los conocimientos adquiridos en esta Unidad, le invitamos a responder las siguientes preguntas: Marque con una X si su respuesta es SÍ o NO y redacte un breve resumen a partir de la pregunta 3.

UNIDAD 2: SISTEMA DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS	SÍ	NO
1. ¿Considera que es necesario contar con un sistema adecuado para el manejo de las excretas?		
2. ¿Las excretas al aire libre constituyen un problema para la salud?		
3. ¿Qué aspectos se deben tomar en cuenta al momento de optar por una opción para el manejo de las excretas? ..... ..... .....		
4. Describa qué tipo de letrina utilizaría para su vivienda y por qué. ..... ..... ..... .....		
5. Describa qué componentes tiene una red de alcantarillado. ..... ..... ..... .....		
6. Describa qué consideraciones se deben tener en cuenta al momento de construir un sistema sanitario para un centro escolar. ..... ..... ..... .....		





# Unidad 3: Tratamiento y disposición final

## I. Introduciéndonos en el tema

### Resumen:

En esta unidad, se enfoca la problemática del tratamiento de las aguas residuales a nivel del país, mencionando las diversas tecnologías existentes para su purificación; se presentan los métodos de diseño para fosas sépticas, así como también los parámetros de diseño para filtros anaerobios. El dimensionamiento de campos de oxidación y campos de infiltración es estudiado, como complemento a la temática anterior.

Además, se presenta un estudio detallado en lo referente a las lagunas de estabilización, realizando diseños que podrían ser utilizados como punto de partida en la búsqueda de una solución en particular.

### Objetivo pedagógico:

Al terminar el curso, el/la estudiante estarán preparado/as para decidir sobre el tipo y grado de tratamiento para determinadas aguas residuales así como plantear los parámetros de diseño de las diversas unidades, de modo de lograr un adecuado tratamiento y disposición final de las aguas residuales.

El conocimiento teórico y práctico que se brindará al/la participante ayudará a formar criterios y orientar al/la participante, para que en cada situación que enfrente, pueda analizar y escoger, con basamentos científicos, profesionales y del saber popular, las soluciones económicas aplicables racionalmente y, aceptadas por la comunidad para eliminar los problemas causados por el inadecuado manejo que se da en nuestra región, a las aguas residuales.

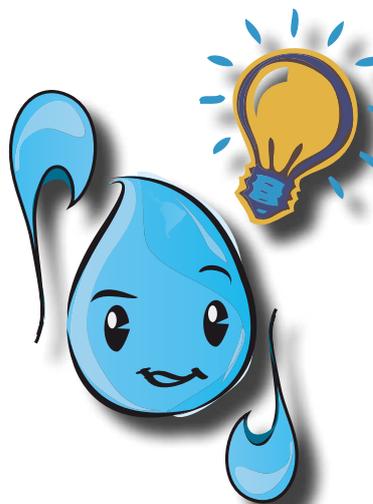
El factor ambiental será manejado satisfactoriamente por el/la participante, colaborando de esta forma con la búsqueda del bienestar de las comunidades y el desarrollo sustentable

## II. Desde la experiencia

### Prueba de entrada - Unidad 3

Marque X si su respuesta es SÍ o NO y redacte un breve resumen en las preguntas que lo solicitan.

UNIDAD 3: DISPONIBILIDAD Y USOS DEL RECURSO AGUA	SÍ	NO
¿En su comunidad existe un tratamiento para las aguas residuales?		
Si existe un tratamiento en su comunidad mencione cuál es.		
1. ¿Las aguas residuales tienen algún uso a nivel comunitario?		
.....		
.....		
.....		
2. ¿En dónde se realiza la disposición final de las aguas residuales producidas en su localidad?		
.....		
.....		
.....		
3. En su comunidad ¿qué tipo de unidad sanitaria utilizan para la disposición de excretas?		
.....		
.....		
.....		



# III. Conceptualizando

## 3.1 Introducción

Desde que el ser humano dejó su condición de nómada y se estableció en un determinado lugar ha desarrollado labores de agricultura, ganadería y otras actividades rudimentarias. Pero que con el pasar del tiempo esas actividades se fueron consolidando y perfeccionando, llegando a ser el sustento mismo de la existencia del ser humano. Sin embargo, conforme mejoraba la efectividad de sus actividades, perdía su capacidad de adaptación al cambiante medio, optando por apoyarse en una nascente tecnología que lo protegía de enemigos, cambios climáticos y le proporcionaba alimentación, volviéndose un dependiente de ella.

El establecimiento de estas comunidades se realizó siempre condicionado a la existencia de elementos tales como agua y alimentos esencialmente.

Las adaptaciones tecnológicas permitían mejorar las condiciones de vida y las poblaciones crecían a medida que la existencia de agua, alimentos y otros insumos estaban aseguradas. Sin embargo, el crecimiento de las poblaciones trajo consigo una serie de problemas, especialmente en lo relacionado con la producción de desechos tales como excretas, basuras, aguas residuales, partículas a la atmósfera.

Al principio es posible que la eliminación de los desechos no constituyera un problema mayor puesto que existían grandes áreas de terreno en donde depositarlos o descargarlos, sin causar mayores molestias ni a la naturaleza ni a otros seres humanos.

Al aumentar la población y por tanto la presión sobre los cursos naturales y al continuar descargando sus desechos, las fuentes de agua y de alimentos se vuelven cada vez más impuras tornándose inadecuadas para la vida.

A este creciente deterioro, causado por la materia desechada sobre las fuentes de energía, se conoce como contaminación del medio ambiente.

Una definición apropiada de contaminación ambiental podría ser:

“La degradación de la calidad ambiental resultante de las actividades que directa o indirectamente:

- Perjudiquen la salud, la seguridad y bienestar de la población.
- Creen condiciones adversas a las actividades sociales y económicas.
- Afecten desfavorablemente la biota.
- Afecten las condiciones estéticas o sanitarias del medio ambiente.
- Generen materiales o energía en desacuerdo con los patrones ambientales establecidos”.

Cuando se agravan estas condiciones de contaminación, surgen niveles de inquietud que llevan a las comunidades a establecer sistemas de defensa como los sistemas de control de la contaminación, sistemas de aprovechamiento de energía, sistemas de saneamiento, a legislar sobre el medio ambiente y a formular políticas de corte ecológico.

Estos sistemas se desarrollan en función de prioridades, establecidas a partir de las necesidades más apremiantes de la comunidad, tales como:

- Sistemas de abastecimiento de agua
- Sistemas de eliminación de excretas
- Sistemas de alcantarillado
- Sistemas de tratamiento de aguas residuales
- Sistemas de limpieza
- Sistemas de control de alimentos
- Sistemas de control de emisiones
- Sistemas de control ambiental. Áreas protegidas

Naturalmente que todos estos sistemas están orientados a preservar la salud y bienestar del ser humano y de sus comunidades, a la par de mantener la calidad en los recursos naturales así como sus expectativas futuras.

Sobre el tema de la presente unidad, nos interesan los sistemas de eliminación de excretas, de alcantarillado y de tratamiento de aguas residuales y naturalmente los de control ambiental.

Se han estudiado cuáles son las consecuencias de un mal manejo de las aguas residuales, siendo el principal la afección a la salud del ser humano y el deterioro ambiental, traducido este en la contaminación de recursos hídricos y de suelo.

Existen varias razones para implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales, como por ejemplo:

Razones higiénicas: el objetivo fundamental de los sistemas de control y barreras sanitarias es preservar la salud del ser humano, definida por la OMS como: "un estado de completo bienestar físico, social y mental, y no sólo la ausencia de enfermedades".

Para lograr este estado es menester realizar, entre otras actividades, un adecuado saneamiento del entorno y que consiste en "el control de todos los factores del medio físico del hombre que ejerzan o puedan ejercer efectos deletéreos sobre su bienestar físico, mental o social".

Como un refuerzo a lo expresado, vale la pena recordar que hasta el siglo XVII se producía un fenómeno muy peculiar en las grandes ciudades por el que la tasa

de mortalidad superaba a la tasa de natalidad. Esto se explica por dos causas: las condiciones de insalubridad y la alta concentración humana en las ciudades debidas principalmente a la migración desde el campo.

Para solucionar esta situación de insalubridad se inició la construcción de sistemas de abastecimiento de agua y luego sistemas de alcantarillado, notándose una rápida disminución de las tasas de mortalidad debida a la fiebre tifoidea y a otras enfermedades que se asocian con el agua. Como ejemplo, en Inglaterra, en el año de 1901 la tasa de mortalidad por tifoidea llegó a valores de hasta 100 defunciones por 100.000 habitantes, mientras que en el año de 1915, esta tasa disminuyó a 11,6 defunciones por cada 100.000 habitantes y en 1930 era tan sólo de 2.9 por 100.000 habitantes. Este decrecimiento se atribuye a la aplicación de otras medidas, sobre todo de tipo médico y económico, pero es importante señalar que otras enfermedades que no tienen relación con el agua no disminuyeron su tasa.

Razones económicas: se señala que, la contaminación es una “descarga en el agua que impone un costo exterior a los consumidores subsecuentes, o como una descarga que interfiere con el aprovechamiento óptimo de los recursos de agua”.

La agricultura, ganadería, industria, transporte, el progreso de las poblaciones ribereñas y, naturalmente, y en un plano primordial, la salud de los habitantes de país, están ligados a las aguas superficiales, por lo que se requiere mantenerlas lo suficientemente aptas para poder usarlas en las diversas formas que el desarrollo de la comunidad lo amerite.

Si las aguas están contaminadas, no se podrán realizar las diversas actividades económicas, tales como pesca, caza, usos industriales, para la salud, etc., sin incurrir en gastos adicionales, y con el agravante de que el cuerpo de agua contaminado representa un peligro para la vida acuática que es proporcional al grado de contaminación imperante, y que puede llegar a la destrucción total del biota y por tanto del potencial económico que representa este recursos. Igual consideración puede hacerse para la agricultura.

Se puede colegir que las consecuencias generadas por la descarga de aguas residuales sin tratar, bien sea en un cuerpo receptor acuático o en el terreno, están atentando en contra de los derechos de los propietarios ribereños o del terreno, quienes se quedarían sin la posibilidad de realizar actividades productivas o estas se verían reducidas.

Razones estéticas: las descargas de aguas residuales no tratadas, pueden ocasionar cambios en las características físicas y químicas de los cuerpos receptores, llegando a presentar un mal aspecto físico, cambios en su color natural, desprendimiento de malos olores, presencia de material flotante, destrucción de lugares de recreo, etc., lo que implica molestias para las poblaciones vecinas.

Razones sociales y ambientales: es indudable que una descarga incontrolada de desechos líquidos o sólidos producirá un impacto negativo sobre los componentes sociales y ambientales

### 3.2 Disposición en el agua y en el suelo

La descarga de las aguas residuales debe ser hecha en forma tal que no cause ningún tipo de problema, ni social, ni ecológico, ni económico.

Una descarga sin control puede disminuir o anular la posibilidad de uso de las masas hídricas o de las tierras en las que se vierten las aguas residuales.

Se mencionó que estas descargas pueden dañar sensiblemente la fauna acuática y modificar sus condiciones sanitarias, alterar las condiciones físicas, químicas o bacteriológicas, al punto de limitar su empleo como fuente de abastecimiento, explotación o recreación en el caso de masas hídricas, o de su uso agrícola, en el caso de terrenos.

Existen dos medios de disposición de las aguas servidas:

Disposición en las masas de agua, que comprende:

- Disposición en masas móviles: ríos, riachuelos, quebradas, etc.
- Disposición en masas más o menos estacionarias: lagos, lagunas, embalse y en el océano.

Disposición en el suelo, que a su vez puede ser:

- Disposición en la superficie del suelo: irrigación y escorrentía superficial
- Disposición en el subsuelo.

Todas estas disposiciones deben seguir determinadas regulaciones que tienen que ver con algunos factores relacionados, a su vez, con aspectos ecológicos, sociales y económicos.

Previo a la descarga de una agua residual, es necesario determinar el sitio más adecuado para este fin y conocer las condiciones actuales de la masa receptora y su probable vocación o uso futuro, su régimen hidráulico, sus características físicas, químicas y bacteriológicas, que nos permitan evaluar su capacidad de recepción y por tanto el grado de tratamiento que deberíamos dar al agua residual, previa su descarga.

Además de analizar las características propias del cuerpo receptor, es necesario el conocimiento de la normativa y legislación locales, que normalmente indican cuáles deben ser las características mínimas que debe cumplir el agua residual previa descarga.

Por lo tanto, previo a la descarga se debe tener una clara definición de lo siguiente:

Características de las aguas residuales: conforme lo estudiado en la unidad 1, se debe determinar su caudal y variación y, adicionalmente, la composición física, química y biológica.

Características del receptor: el régimen hidráulico y las condiciones sanitarias imperantes en el sitio de la posible descarga y aguas debajo de la misma. Análisis tales como oxígeno disuelto, temperatura, variaciones de caudal, velocidades, durante períodos que sean representativos de todas las fluctuaciones que podrían presentarse y focalizar la atención en los valores mínimos, para determinar con suficiente seguridad la capacidad de asimilación de la masa receptora en condiciones críticas.

El uso actual y futuro de la masa receptora debe ser analizado en profundidad.

La evaluación de estas características nos permitirá fijar el grado o intensidad de tratamiento necesario para preservar las condiciones del cuerpo receptor acorde a la normativa y a su expectativa de uso.

Las masas receptoras tienen una determinada capacidad de asimilación de los desechos vertidos en ellas, asimilación que se produce por varios factores. Así, la disminución del contenido orgánico se debe a la acción de organismos que la utilizan como fuente de nutrientes, y además existen procesos de sedimentación que acumulan los sólidos mayores y estos son así mismo degradados en condiciones aeróbicas o anaerobias por microorganismos.

Esta capacidad de asimilación y auto-purificación es una tarea fundamental en el campo del tratamiento de aguas residuales, y debe ser considerada como un recurso a ser aprovechado como tal. Siempre se ha planteado la pregunta de hasta qué punto debe aprovecharse esta particularidad y qué porcentaje de los elementos contaminantes deben ser retirados mediante plantas depuradoras y cuándo debe dejársela a la naturaleza.

Las técnicas actuales de planificación y las metodologías que nos permiten plantear modelos matemáticos de simulación y así determinar el comportamiento de los cuerpos receptores y su forma de reaccionar ante la presencia de contaminantes, nos ayudan, en gran medida a determinar el grado de tratamiento requerido. Adicionalmente, están las leyes y normas de los distintos países que deben ser revisadas y, dentro de lo posible cumplidas.

El analizar el cuerpo receptor, tener una caracterización adecuada de las aguas residuales y combinar estos conocimientos considerando las condiciones críticas, nos llevará a un dimensionamiento adecuado del tratamiento necesario para lograr un mejor aprovechamiento de los cuerpos receptores para todos los usos posibles, sin menoscabo de su calidad.

Conocemos los diversos daños que pueden causar las aguas residuales en múltiples aspectos, por lo que es preciso evaluar el valor económico y la incidencia social de los mismos, así como el costo requerido para el control de la calidad del agua de acuerdo a las normativas nacionales y en los diversos usos actuales o futuros, “sea que estén involucrados beneficios y daños resultantes a usos del agua, o a valores relacionados con el recurso que interesa preservar”.

Según Walter Castanigno, del Centro de Estudios Panamericano de Ingeniería Sanitaria, CEPIS, no se debe buscar eliminar o reducir indiscriminadamente las fuentes de contaminación, sino conseguir la minimización de la suma de los daños más costos de control

### **3.3 Clasificación de los métodos de tratamiento de aguas residuales**

Una vez que se hayan establecido los objetivos del tratamiento para un determinado proyecto, de acuerdo a las características de las aguas residuales, del cuerpo receptor, de la legislación existente y las consideraciones de costos de construcción, operación y mantenimiento de la planta, el grado de tratamiento puede ser determinado mediante la comparación del grado de contaminación de las aguas residuales crudas y las características que deberían tener posteriormente para no exceder la restricciones que pesan sobre el cuerpo receptor.

Se deben desarrollar algunas alternativas de posibles arreglos que nos permitan cumplir la normativa y proceder a seleccionar la masa conveniente de ellas.

El tratamiento de las aguas residuales es clasificado normalmente en:

Tratamiento preliminar o pre- tratamiento, cuyo objetivo es, por una parte proteger las instalaciones y su funcionamiento; y por otra, eliminar o reducir, las condiciones indeseables relacionadas con la apariencia estética de las plantas. En esta etapa, se busca eliminar arenas, gravas, trapos, papeles, plásticos y otros materiales flotantes similares.

Tratamiento primario, que consiste en la remoción de materia sedimentable, para suavizar la fluctuación de la calidad del agua, igualar los picos, neutralizar las descargas ácidas o alcalinas, agregar nutrientes y preparar los desechos para tratamientos secundarios.

Tratamiento secundario, procesos químicos y biológicos son usados para la remoción de orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos, reducción de la concentración de compuestos del nitrógeno, y uniformización de las cargas orgánicas para otros tratamientos subsecuentes. Frecuentemente la desinfección es incluida en la definición de un tratamiento secundario convencional.

Tratamiento terciario, llamado también “avanzado”, se basa en combinaciones adicionales de procesos y operaciones unitarias para remover otros constituyentes, tales como nitrógeno y fósforo, que son compuestos tóxicos que no han sido reducidos significativamente durante el tratamiento secundario.

El tratamiento en el suelo, ahora más comúnmente llamado “sistemas naturales”, combina mecanismos de tratamiento físico, químico-biológico, y produce agua con una calidad similar o mejor que la de un tratamiento terciario o avanzado.

### **Procesos complementarios**

Tratamiento de los lodos: tiene por objeto reducir el contenido de agua de los lodos provenientes de los procesos señalados. Se incluyen sólidos flotantes, lodos químicos y excesos de materiales biológicos.

Disposición de los lodos: una vez tratados y espesados se transportan a lugares en donde puedan enterrarse o incinerarse.

Disposición de los líquidos tratados: los efluentes de las plantas de tratamiento pueden disponerse en alguna de las formas:

- En cuerpos receptores de agua, tales como ríos, lagos, embalses o en el mar.
- Por riego superficial en la tierra.
- Por inyección en pozos profundos.

## **3.4 Tratamientos domiciliarios y colectivos**

En el sector rural, la dispersión de viviendas es muy alta, por lo que las soluciones para abastecimiento de agua potable y eliminación de excretas y de aguas residuales es compleja y requiere de altas inversiones para su solución si se adopta el criterio de construir sistemas comunitarios.

Debido a su tamaño, las comunidades pequeñas, enfrentan una serie de problemas que hacen que la construcción y operación de sistemas comunitarios de tratamiento de las aguas residuales sean difíciles de resolver. Se señalan como los principales problemas:

- El alto costo per cápita.
- Recursos económicos limitados y de difícil consecución.
- Presupuestos para operación y mantenimiento limitados.
- Carencia de personal idóneo para el manejo adecuado del sistema.
- Ingresos por conceptos de operación reducidos o nulos.
- Dificultad para cumplir las restricciones legales en las descargas.

Una alternativa lógica es la de buscar soluciones individuales, especialmente para viviendas aisladas, sobre todo en lo relacionado con el adecuado manejo de las aguas residuales.

Esta sección tratará sobre los diferentes sistemas o arreglos que pueden darse para pequeñas comunidades (de menos de 1.000 habitantes), en las que los flujos de aguas residuales son en extremo pequeños, considerando tanto soluciones individuales como para la pequeña comunidad en su conjunto.

Se presentarán las soluciones tradicionales de fosas sépticas para uso individual y colectivo, así como el tanque Imhoff y filtros anaerobios como soluciones idóneas.

Las alternativas que se pueden adoptar para la disposición final de los efluentes serán analizadas en la presente unidad, de manera que el lector tenga a su disposición datos y parámetros que le permitan realizar este tipo de diseños sin dificultad.

### **3.4.1 Tanque o Fosa Séptica:**

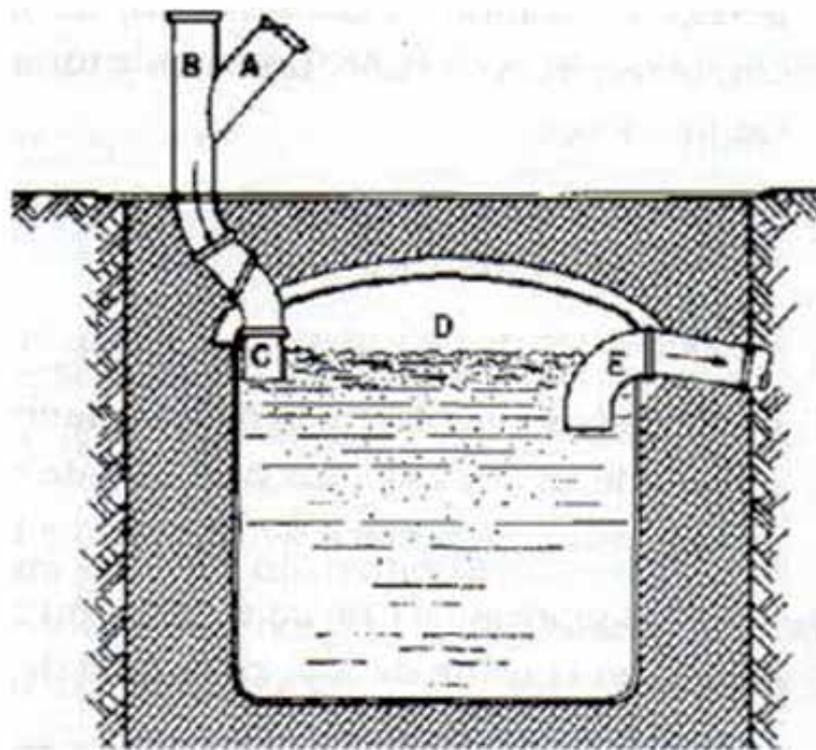
El tanque séptico convencional es un dispositivo útil y sanitariamente satisfactorio para el pretratamiento de excretas procedentes de viviendas, pequeños grupos habitacionales, establecimientos e instituciones. Sin embargo, los costos del conjunto tanque séptico / sistema de tratamiento de su efluente hacen que este método tenga escasa aplicabilidad en el medio rural.

Se puede comentar que la apreciación final expresada en la definición no es muy real y debe propenderse a la masificación de este sistema, como una medida de control de enfermedades de origen hídrico y como un eficaz medio para controlar la calidad de los cuerpos receptores.

A continuación, algunos de los principales puntos indicados en las normas brasileñas:

- Sólo es admisible el uso de las fosas sépticas para las edificaciones que dispongan de abastecimiento de agua.
- Se dirigen a las fosas sépticas todos los desechos domésticos originados en la cocina, lavanderías domiciliarias, duchas, lavatorios, servicios higiénicos, bidés, tinas de baño, urinarios y sumideros de pisos de compartimentos interiores.
- Los desechos de cocina pueden pasar por trampas de grasas antes de ser enviados a las fosas sépticas.
- No deben ser descargadas aguas lluvias en las fosas sépticas.

- Los desechos que presentaren condiciones perjudiciales al buen funcionamiento de las fosas sépticas o de elevado índice de contaminación son objeto de estudio especial a ser sometido a la autoridad competente.
- Ningún manantial destinado al abastecimiento domiciliario debe correr peligro de contaminación.
- No sean perjudicadas las condiciones propias de la vida en las aguas receptoras.
- No sean perjudicadas las condiciones para el baño en las playas y otros locales de recreo y de deporte.
- No haya peligro de contaminación de aguas localizadas o que atraviesen núcleos de población o de aquellas utilizadas para criar rebaños y en la horticultura.
- No se presenten olores desagradables, presencia de insectos y otros inconvenientes.
- No exista contaminación del suelo capaz de afectar directa o indirectamente a personas o animales.



Las investigaciones realizadas al respecto señalan como inventor de las fosas sépticas al francés Jean Louis Mouras, que en Vesoul, Francia en 1860, construyó un tanque de mampostería hermético en el cual eran recolectados los desechos de una cocina y las aguas lluvias de una pequeña habitación.

Posteriormente, en colaboración con el Abad Moigne, autoridad científica de la época, J. L. Mouras realizó una serie de experiencias y, sobre la base de los resultados obtenidos, registró la patente del modelo probado el 2 de septiembre de 1881.

Han sido empleadas ampliamente en Europa y fueron adoptadas en USA a partir de 1883, cuando Edward S. Philbrick, de Boston, proyectó un modelo con compartimentos. En 1895, la patente fue cedida a Inglaterra, que pasó a utilizarla como proceso de tratamiento de aguas residuales.

Para aumentar la eficiencia del tratamiento de los desechos en las fosas sépticas, fueron desarrollados, en algunos países, modelos especiales. En Inglaterra, en 1903 aparecen los tanques TRAVIS, comúnmente conocidos como tanques hidrolíticos, desde los cuales se llegaría a los tanques Imhoff, debido a los estudios que realizó el Dr. Karl Imhoff en la cuenca del río Emscher en Alemania.

Concepto: la fosa séptica es un dispositivo de tratamiento de aguas residuales, destinada a recibir la contribución de uno o más domicilios y con la capacidad de dar a los desechos un grado de tratamiento compatible con su simplicidad y costo. Como todos los sistemas de tratamiento debe cumplir con lo expresado en la normativa, y también debe impedir la contaminación de aguas subterráneas.

Definición: las fosas sépticas son cámaras convenientemente construidas en un sitio o prefabricadas, y sirven para retener los desechos domésticos y/o industriales, por un tiempo establecido, de modo que permitan la sedimentación de los sólidos y retención de material graso contenido en los desechos, transformándolos, bioquímicamente, en sustancias y compuestos más simples y estables.

Funcionamiento: el funcionamiento de la fosa séptica puede ser considerado en las siguientes fases:

- **Retención:** en el interior de la fosa séptica, el desecho se reparte horizontalmente y con pequeña velocidad, permaneciendo en ella cierto tiempo, conocido como tiempo de retención o detención y que es racionalmente establecido. Puede variar de 12 a 24 horas, dependiendo de la contribución de los afluentes, señalados en el siguiente cuadro:

<b>PERÍODO DE RETENCIÓN</b>		
<u>Contribución</u> <u>litros/día</u>	<u>Horas</u>	<u>Días</u>
Hasta 6.000	24	1
6.000 a 7.000	21	0,875
7.000 a 8.000	19	0,79
8.000 a 9.000	18	0,75
9.000 a 10.000	17	0,71
10.000 a 11.000	16	0,67
11.000 a 12.000	15	0,625
12.000 a 13.000	14	0,585
13.000 a 14.000	13	0,54
Sobre 14.000	12	0,5

- **Sedimentación:** la pequeña velocidad de escurrimiento permite que entre el 60% - 70% de los sólidos en suspensión contenidos en las aguas residuales, se sedimenten por acción de la gravedad, formando una sustancia semi líquida denominada lodo. Parte de sólidos que no se sedimentan y que están formados por sustancias menos densas, tales como grasas, aceites y otros materiales mezclados con gases, es retenida en la superficie del líquido, en el interior de la fosa séptica, y se denominan espumas.

- **Digestión:** el material orgánico retenido en el fondo del tanque y el material flotante son sometidos a una descomposición facultativa y anaerobia y es convertido en compuestos más estables como dióxido de carbono ( $CO_2$ ), metano ( $CH_4$ ), y ácido sulfhídrico ( $SH_2$ ).

A pesar de que se produce ácido sulfhídrico en los tanques sépticos, los olores no son usualmente un problema puesto que este ácido se combina con metales contenidos en el lodo acumulado para formar sulfitos metálicos insolubles.

Al quedar las aguas en reposo, se efectúa, como se señaló, la sedimentación de los sólidos y se produce la formación de la espuma o llamada también nata.

Conforme los procesos de estabilización de la materia orgánica son desarrollados por los microorganismos facultativos y anaerobios, el carácter altamente ofensivo de las aguas residuales tiende a disminuir, el agua intermedia entre la espuma y el lodo se va convirtiendo en un líquido clarificado.

Como se sabe, la descomposición anaerobia es bastante lenta, se concretiza de mejor forma en los sólidos orgánicos que permanecen en el fondo de la fosa por mucho tiempo y que integran el lodo y la espuma.

La estabilización del lodo que se realiza en el interior de la fosa se completará si es que el lodo permanece por un tiempo mínimo equivalente al período de digestión, el mismo que varía con la temperatura, así: para 10°C, el tiempo es de 76 días y para 32°C, aproximadamente de 25 días.

Por esta razón se fija el período de limpieza de la fosa por lo menos en un año, debiendo recordar que no todo el lodo removido estará estabilizado.

Este factor se debe tomar en cuenta al implementar el manejo de los lodos que son retirados de la fosa.

Como se mencionó, el lodo y la espuma, bajo la acción de las bacterias se transforman parcial y gradualmente en líquidos y gases (amoníaco, ácido sulfhídrico, gas carbónico, metano), que terminan por desprenderse a la atmósfera. La mayor parte de estos gases resulta de la digestión del lodo.

A pesar de que el volumen del material sólido depositado en el fondo del tanque es reducido continuamente debido a la acción bacteriana, existe siempre una acumulación neta de sólidos en el tanque. Una parte del material del fondo del tanque es arrastrado hacia la superficie por los gases de descomposición, y se acumula en el fondo de la capa de espuma, aumentando su espesor. Debido a este fenómeno y al de sedimentación, unas partículas descienden mientras que otras ascienden, retardando su movimiento.

Se llama cortocircuito a este entrecocar de las partículas y que tiene como efecto que una parte del desecho permanezca muy poco tiempo dentro de la cámara y por tanto no pueda ser biodegradado. Para evitar este fenómeno se han adoptado dispositivos de entrada y salida. Estos son siempre abiertos, permitiendo que los gases de la fosa escapen por ellos.

Durante la digestión, los organismos patógenos que existen en el lodo son en gran parte destruidos.

Diseño: de acuerdo a la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental del Ecuador, para el dimensionamiento de un tanque séptico convencional, se deben utilizar los criterios siguientes:

- Período neto de retención: entre 1 y 3 días. Para tanques sépticos individuales se usará un período mínimo de 1 día, para tanques colectivos 1.5 días.

- Debe proveerse espacio suficiente para la acumulación de fangos a fin de que la extracción de los mismos tenga lugar cada 1 a 3 años. Esto representa aproximadamente 2/3 del volumen total del tanque.
- Debe localizarse donde no pueda ocasionar contaminación a pozos o manantiales de agua, siendo la distancia mínima requerida de 15 metros.
- La distancia mínima del tanque séptico a la vivienda será de 2.5 metros. Este tipo de tanques no podrá ser construido en terrenos pantanosos o inundables.
- Cuando el tanque séptico sirva a grupos de casas, su volumen se determinará en base de las siguientes consideraciones:

Si Q varía de 2.8 a 5.7 m<sup>3</sup>/día, el volumen deberá proveer un período neto de detención de 1.5 días.

Si Q varía de 5.7 a 57 m<sup>3</sup>/día, el volumen se determinará por medio de la ecuación.

$$V = 4,26 + 64,8Q$$

En donde:

V = Volumen del líquido en el tanque.

Q = Caudal lts/seg.

-No se construirán tanques sépticos convencionales para caudales mayores a 57 m<sup>3</sup>/día (0.66 litros/segundo).

-Se preferirán los tanques sépticos de doble compartimento.

- Todo tanque séptico irá equipado con estructuras de entrada, para la intercomunicación entre compartimentos, y de salida, tales que se garantice el flujo normal y continuo a través del tanque. También deberá proveerse un tubo de ventilación de gases tóxicos, para impedir su acumulación dentro del tanque.

- La profundidad del líquido es de 1 a 2 metros y la relación largo-ancho está comprendida entre 2 y 4.

Volumen: el cálculo se basa en la siguiente fórmula:

$$V = V1 + V2 + V3$$

Donde:

**V1 = volumen del período de detención del afluente.  $V1 = N \cdot C \cdot T$**

**V2 = Volumen del período de almacenamiento de lodos.  $V2 = R \cdot N \cdot Lf \cdot Ta$**

**V3 = Volumen correspondiente al lodo en digestión.  $V3 = R \cdot N \cdot Lf \cdot Td$**

Siendo:

**N = número de contribuyentes**

**C = contribución de aguas residuales por persona y por día**

**T = período de retención en días**

**Ta = período de almacenamiento de lodos en días**

**Td = período de digestión en días**

**Lf = contribución de lodo en litros por persona**

Proyecto de una fosa séptica: como ejemplo ilustrativo se propone dimensionar una fosa séptica de un solo compartimento y de forma prismática rectangular.

Los datos para el ejemplo son:

-Número de personas a servir: 100 (Es un asentamiento urbano marginal)

-Contribución de aguas residuales: 150 litros/persona x día

-Contribución de lodos frescos: 1 litro/persona x día

-Coeficientes de reducción:

• Para lodo digerido  $R1 = 0.25$

• Para lodo en digestión  $R2 = 0.50$

-Período de retención del líquido: 1 día

-Período de almacenamiento del lodo:  $Ta = 300$  días

-Período para digestión:  $Td = 50$  días

Se tendrá sucesivamente:

• Volumen para satisfacer el período de retención de las aguas residuales:

$$V1 = N \cdot C \cdot T$$

$$V1 = 100 \times 150 \times 1 = 15000 \text{ litros}$$

• Volumen para satisfacer el período de almacenamiento de lodos

$$V2 = R1 \cdot N \cdot Lf \cdot Ta$$

$$V2 = 0.25 \times 100 \times 1 \times 300 = 7500 \text{ litros}$$

• Volumen correspondiente al lodo en digestión

$$V3 = R2 \cdot N \cdot Lf \cdot Td$$

$$V3 = 0.5 \times 100 \times 1 \times 50 = 2500 \text{ litros}$$



- El volumen útil de la fosa será:

$$V = V1 + V2 + V3$$

$$V = 15000 + 7500 + 2500 = 25000 \text{ litros}$$

En lo que respecta al dimensionamiento de la fosa, se tendrá:

La condición del diseño es que la forma sea rectangular prismática.

Para realizar estos dimensionamientos, siempre es menester asumir una o dos medidas básicas, tomadas desde las normas o de la experiencia local o personal para el ejemplo se tendrá:

Profundidad  $h = 2$  metros. Asumida

$$\text{Área de la fosa} = \text{Volumen total}/\text{profundidad}$$

$$\text{Área de la fosa} = 25 \text{ metros cúbicos}/2.00 = 12.5 \text{ m}^2$$

Longitud de la fosa. Es necesario asumir otra medida, por ejemplo el ancho  $b = 3$  m

Se tendrá:

$$L = \text{Área}/\text{ancho}$$

$$L = 12.5/3 = 6.25 \text{ metros}$$

Al comprobar las relaciones dimensionales largo a ancho, estas se cumplen.

$$2 < 6.25/2 < 4$$

Los detalles constructivos se pueden tomar de los diferentes esquemas manejados en cada región.

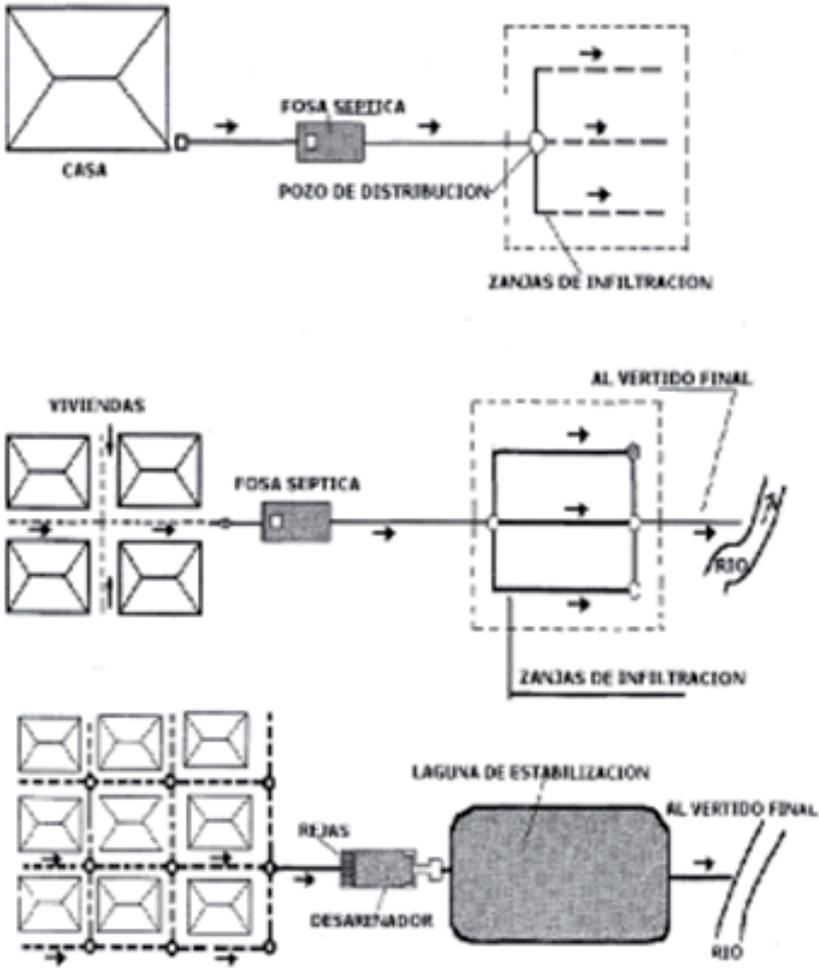
Ubicación de la fosa séptica: en general cumplirá con todas las exigencias que se establecieron para las letrinas y como norma general deberá ser ubicada de tal modo que no ponga en peligro la salud de las personas ni pueda causar contaminación en el suelo o en el agua. Se deberá prever que existan las facilidades para poder dar al efluente el tratamiento respectivo, ya sea mediante zanjas de filtración o mediante la utilización de un filtro anaerobio, etapa que es previa a la descarga al cuerpo receptor, a no ser que este tenga las características necesarias que le permitan absorber sin problemas el efluente de la fosa.

Formas constructivas: Lo usual ha sido construirlas en mampostería de piedra o de ladrillo y también utilizando hormigón armado y normalmente fundido in situ. En la actualidad se está empleando con mayor frecuencia formas prefabricadas, sea que estén hechas en hormigón o en fibra de vidrio.

También, se ha empleado con mucho éxito, la construcción de la fosa mediante la utilización de tubos de cemento prefabricado de 0.80 m de diámetro por 1.20 m. de longitud. Las extremidades son selladas con tabiques de ladrillos.

**3.4.2 Pozo de absorción prismático:**

El gráfico siguiente muestra la disposición de los elementos para evacuación y tratamiento de las aguas residuales de un domicilio. Estos elementos corresponden a las instalaciones internas de la vivienda, tubería de conducción desde la misma hasta la fosa séptica, luego el pozo de distribución y desde allí el transporte del agua residual hacia el sistema elegido, que podría ser: pozo de absorción, zanja de absorción, sistema de filtración para posteriormente, si es el caso, proceder a su vertido final.



Fuente: Agustín Rengel B, Galo Durazno O.

### 3.4.3 Zanjas de Infiltración:

Están formadas por zanjas en las que se han colocado tuberías perforadas y a junta abierta a una profundidad preestablecida, creando las facilidades necesarias para producir la infiltración del efluente de la fosa séptica y que el mismo sea estabilizado antes de alcanzar el manto de aguas subterráneas y las pueda contaminar.

En el fondo de las zanjas se coloca un lecho de grava, cuyo espesor es de por lo menos 10 centímetros y cubrirá totalmente a las tuberías hasta una altura de 5 centímetros sobre la clava de las mismas.

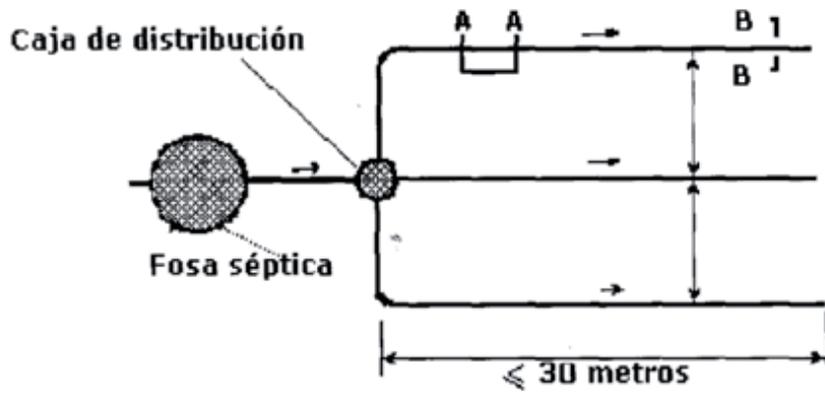
Cuando las condiciones del terreno son idóneas, así como la operación y su construcción adecuadas, el resultado obtenido es muy bueno, constituyendo este sistema un método sencillo en su operación y mantenimiento a más de resultar económico para su construcción.

Al igual que los pozos de absorción, estas zanjas se colmaban, debiendo procederse a su abandono y a la construcción de otra batería.

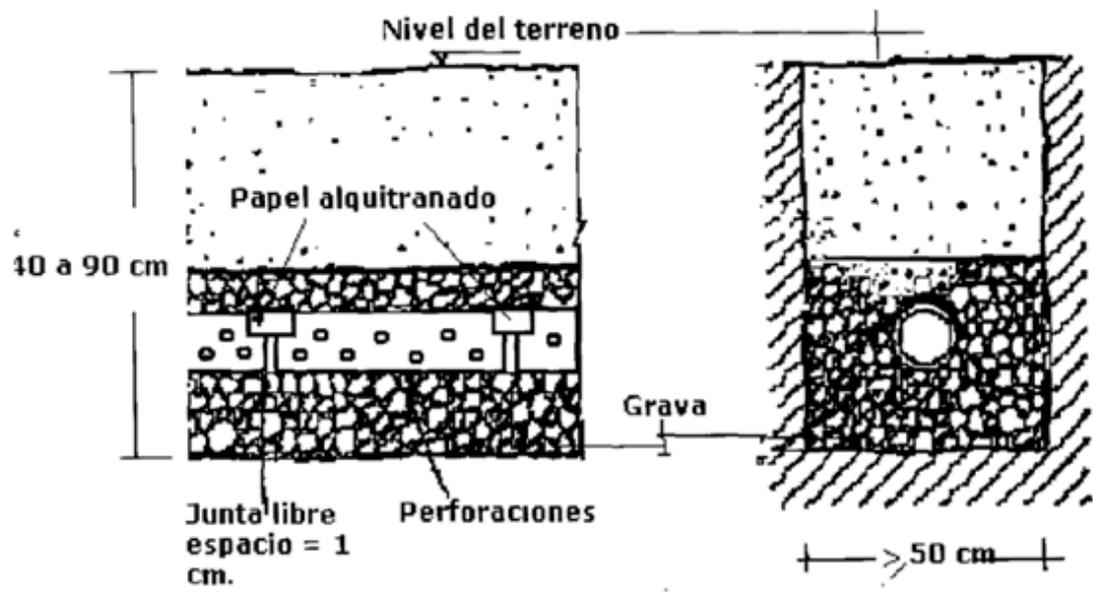
Recomendaciones:

- Por lo menos deben ser construidas dos zanjas.
- La longitud máxima recomendada de cada zanja es de 30 metros.
- La separación mínima entre zanjas es de 1 metro.
- Gradiente máxima de la tubería de 0.5 %.
- Ancho de la zanja, entre 45 a 75 centímetros.
- Para soluciones domiciliarias se adopta entre 7 a 10 metros de zanja por persona.
- Para soluciones colectivas de 1 a 4 metros de zanja por persona.
- Diámetro mínimo de la tubería: 15 centímetros (algunos autores recomiendan 10 cm.).
- El área de absorción se considera la longitud de la zanja multiplicada por el ancho de la misma. Esto depende de las características del suelo. Se adjunta un cuadro que facilita este cálculo.

Si el tiempo de infiltración es superior a los 60 minutos, no es recomendable la construcción de las zanjas. El esquema típico es el siguiente:



PLANTA



CORTE A - A

CORTE B - B

### 3.4.4 Zanja de Filtración:

Este sistema consiste en dos canalizaciones superpuestas, existiendo entre ellas una capa de arena que sirve como lecho de filtración. La tubería superior es de distribución, mientras que la inferior es de recolección y conduce el agua filtrada a su disposición final, usualmente a una corriente superficial.

Este sistema es empleado en lugares en los que las características del terreno no permiten una infiltración satisfactoria o las normas de control sobre calidad de aguas subterráneas no permiten la descarga, en ellas, de aguas residuales, o existe algún impedimento sanitario o ambiental.

Las partes de este sistema, como se indicó, tienen una función específica, así:

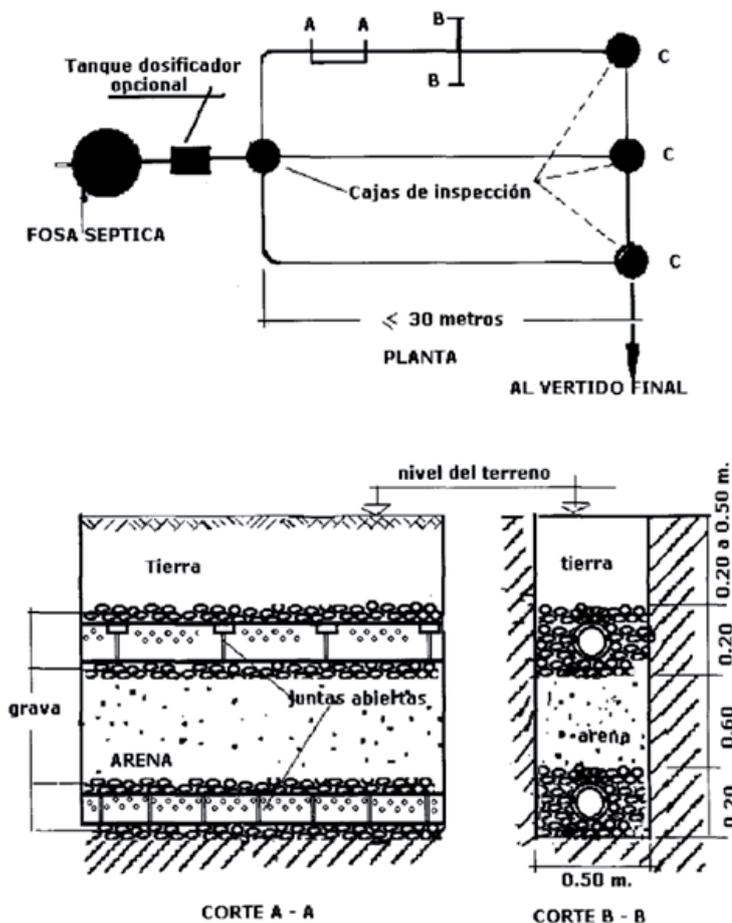
- Cajas de distribución, hacia las cuales llega el efluente de la fosa séptica y es repartido a diferentes cajas de inspección, dependiendo de las necesidades del sistema particular.
- Cajas de inspección, desde las que parten tuberías tipo drenaje. Estas tuberías que ocupan las zanjas, tienen una extensión mínima de 30 metros y una gradiente del 0.5 al 1 %. Algunos autores recomiendan gradientes mínimas de 0.3 %, especialmente para las tuberías inferiores.
- Tuberías superiores, que partiendo desde las cajas de inspección, distribuyen el desecho sobre la capa de arena, funcionando como un sistema de irrigación sub - superficial.
- Capa de arena, que tiene como objetivo filtrar el líquido. Cuando existen terrenos arenosos, y las normas lo permiten, se puede prescindir de esta capa puesto que el suelo arenoso lo reemplaza ventajosamente. En ese caso deben adicionarse en este sistema dos o tres líneas de tuberías colectoras y naturalmente ser ubicadas a mayor profundidad que las de distribución.
- Canalización inferior, que funciona como un sistema de drenaje de fondo y sirve para recolectar el agua filtrada.
- Pozos de inspección-recolectores, a donde llega el agua filtrada y que es recolectada por la tubería inferior o por los drenajes. Desde aquí el agua es llevada a su vertido final.

Recomendaciones:

- El distanciamiento entre zanjas debe de ser de 1 metro.
- La extensión de las zanjas debe ser de 6 metros por persona como mínimo

y en ningún caso deben haber menos de dos zanjas para cada fosa séptica.

- La capa de arena filtrante debe ser gruesa y limpia. Tamaño efectivo entre 0.25 a 0.50 y un coeficiente de uniformidad mayor a 4.
- Las capas de piedra con las que se “envuelve” a las tuberías, deben estar formadas por grava cuyos diámetros variarán entre 4 a 12 mm.
- El ancho de las zanjas en el fondo tendrá entre 0.75 a 1.50 metros.
- El espesor de la capa de arena será de por lo menos de 0.60 metros.
- Las gradientes de las tuberías entre 0.5 a 1.0 %. (también entre 0.3 a 1.0 %)
- Sobre la grava que cubre la tubería de distribución (drenaje superficial), se debe rellenar con tierra hasta tapar totalmente la zanja.
- Un esquema de las zanjas de filtración es como sigue.



### ZANJA DE FILTRACION

Fuente: Saneamiento básico.

### 3.4.5 Filtros de Arena:

Su uso está restringido al tratamiento de efluentes de pequeñas localidades de instalaciones privadas que requieran un tratamiento de sus aguas residuales de alto grado.

Esta práctica fue inicialmente empleada en la India, con tecnología inglesa y consistía en excavaciones a las que se proveía de un desfogue y se rellenaban de arena sin clasificar; cuando el lecho se colmaba, el filtro era abandonado se construía otro.

Este sistema se justifica solamente en el caso de que existan exigencias normativas estrictas y luego de un estudio económico, puesto que su construcción así como operación y mantenimiento son costosos.

Se clasifican en dos tipos:

**Filtros sub-superficiales:** son similares a las zanjas de filtración. Un esquema de esta unidad se incluye a continuación:

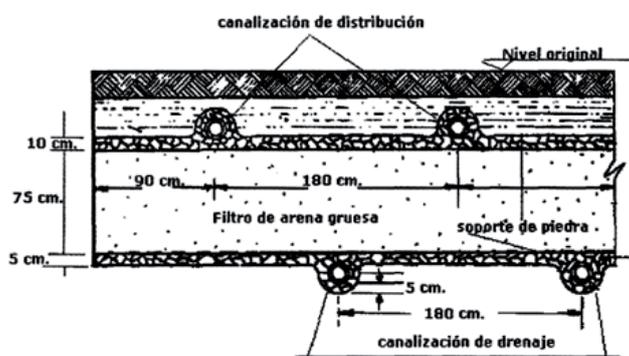
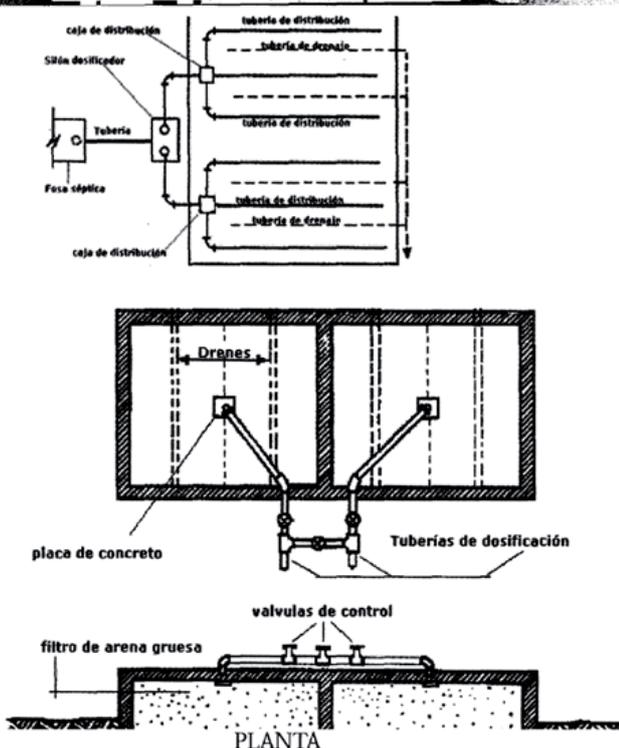


FIGURA 18



PLANTA FILTRO SUB-SUPERFICIAL DE ARENA

Fuente: C. Arruda.

**Filtros superficiales:** estas unidades se emplean cuando las condiciones del suelo no permiten el uso de sistemas de infiltración.

Los materiales empleados son normalmente el hormigón o mampostería, y se construyen generalmente dos unidades. Esto se debe a su intermitencia, que permite una operación más adecuada en lo referente a una aireación en los intersticios de la arena y al metabolismo bacteriano.



**SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

- FOSA SÉPTICA
- FILTRO ANAEROBIO

### 3.5 Lagunas de estabilización

Son recomendadas para países en desarrollo y fundamentalmente en el área rural, pues, el sistema de depuración adoptado debe ser de tecnología simple, de manera que pueda ser operado por la comunidad. Debe darse especial importancia a la eficiencia de remoción de microorganismos patógenos, sin necesidad de recurrir a utilización de agentes químicos.

Sin embargo, se identifican algunas limitaciones como:

- Limitados recursos financieros.
- Insuficiente preparación del personal.
- Reducidas o nulas recaudaciones.
- Insuficiente capacidad administrativa.

Por lo tanto el sistema de tratamiento estará diseñado tomando en cuenta todos los aspectos mencionados y deberá ser de fácil y bajo costo de operación, que no contemple equipo especial o importado, que pueda ser operado y mantenido al mínimo costo y con personal con reducidos conocimientos técnicos, que presente facilidad y seguridad en el manejo de los lodos y del efluente que requiera un mínimo número de parámetros para su evaluación, etc.

El método se limitará a reducir la carga orgánica y microorganismos.

Es un sistema de tratamiento biológico, y se está convirtiendo en sistema de mucha utilidad para el tratamiento de aguas residuales en el sector rural. Allí, el costo y la disponibilidad de terreno no es mayor problema y se puede conseguir personal que, con un entrenamiento básico, opere eficientemente las lagunas.

Son especialmente útiles en la remoción de patógenos y parásitos, dos de los factores que afectan en alto grado a nuestra región; pueden también omitirse tratamientos previos que aumentarían los costos operativos.

Históricamente, se supone que las lagunas de estabilización son fruto de la casualidad y que, a partir de la Segunda Guerra Mundial, su estudio fue sistematizándose hasta llegar a los conocimientos actuales que permiten diseños y resultados óptimos. Algunos aspectos conceptuales y operativos a considerar son:

- Se entiende por lagunas de estabilización a estanques construidos de tierra, de profundidad reducida ( $< 5$  m), diseñados para el tratamiento de aguas residuales, por medio de la interacción de la biomasa, la materia orgánica del desecho y otros procesos naturales. La finalidad de este proceso es entregar un efluente de características múltiples establecidas.
- El tratamiento por lagunas de estabilización es aplicable para casos en los

cuales la biomasa de algas y los nutrientes que se descargan en el efluente, puedan ser asimilados sin problema por el cuerpo receptor. El uso de este tipo de tratamiento es recomendado especialmente en los casos en los cuales se requiera un alto grado de remoción de organismos patógenos. Para los casos en los que el efluente descargue a un lago o embalse, estos procesos generalmente no son recomendables, debiendo evaluarse cuidadosamente la eutrofización del cuerpo receptor antes de su consideración como alternativa.

- Para el tratamiento de aguas residuales y desechos industriales se considerarán únicamente los sistemas de lagunas que tengan unidades anaeróbicas, airadas, facultativas y de maduración, en las combinaciones y el número de unidades que se detallan en las normas.
- No se considerarán como alternativa de tratamiento las lagunas de alta producción de biomasa (conocidas también como lagunas aeróbicas o fotosintéticas), debido a que su finalidad es la de maximizar la producción de algas y no la de tratar el desecho líquido.
- Antes de proceder al diseño definitivo de un sistema de lagunas de estabilización se deberá conocer con claridad el propósito para el cual servirá la planta de tratamiento, habiéndose determinado el grado de tratamiento. Para instalaciones pequeñas se efectuará como mínimo una modelación bacteriana del cuerpo receptor y para el diseño de lagunas previo a la reutilización, se podrán adoptar directamente los criterios de calidad del efluente, de acuerdo al tipo de reutilización.
- Para lagunas airadas se deberán determinar los criterios de diseño a través de un estudio de tratabilidad, etc.
- Si bien las lagunas de estabilización han sido utilizadas en todas partes del mundo, existen algunos vacíos principalmente en el conocimiento de la remoción de materia orgánica (interacción entre desecho, biomasa, y submodelos hidráulicos), etc

## 3.6 Tratamientos naturales

### 3.6.1 Sistemas de Carga Baja:

Consisten en la aplicación del agua residual pre-tratada sobre un terreno que tenga vegetación, con lo que se consigue dos objetivos:

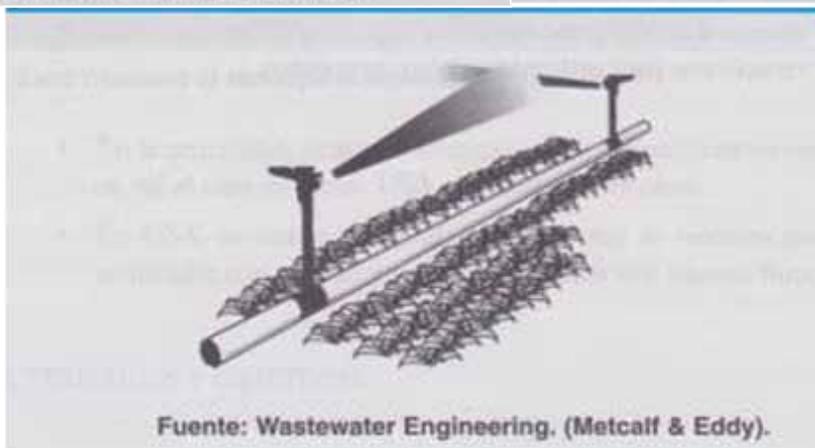
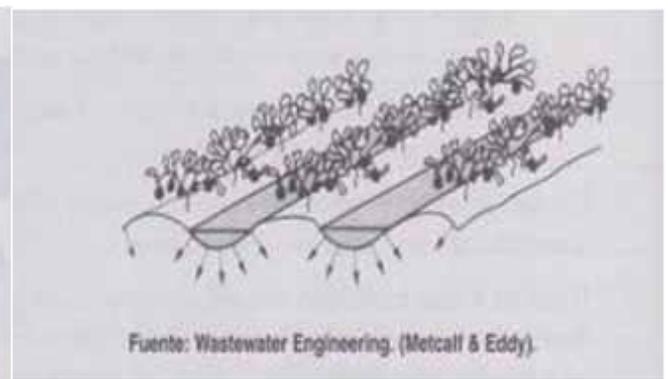
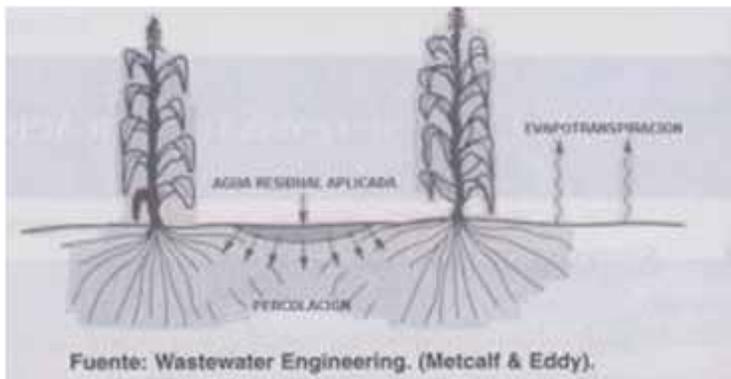
- Tratamiento del agua residual mediante los procesos físicos, químicos y biológicos que se van a producir al poner en contacto las aguas residuales con el terreno en el que existen las condiciones necesarias para estos fenómenos.
- Crecimiento de la vegetación existente mediante el aprovechamiento de los nutrientes presentes en el agua residual.

El tratamiento se dará mediante procesos naturales, llevados adelante por medio de la vegetación, el suelo y en general por el ecosistema.

El agua que se aplica puede llegar a la atmósfera por procesos de evapo-transpiración y llegar al subsuelo por percolación. Normalmente existirá un sobrante de agua que fluirá por la superficie, debiendo ser recogida y aplicada nuevamente al sistema.

Una parte del tratamiento del agua se hará conforme esta se infiltre en el terreno y alcanzará en algún momento los depósitos de agua subterránea, desde donde puede recuperarse para utilizarla en otros propósitos. Un esquema de este sistema es el siguiente:

En la secuencia de gráficas, la primera imagen muestra los fenómenos que se producen al aplicar el agua residual (percolación y evapotranspiración); la segunda muestra el sistema de distribución del líquido mediante el uso de canales, y la tercera, un método alternativo que es la aplicación por aspersión.



Existen dos tipos:

- 1.- Cuando el principal objetivo es la purificación del agua residual y la carga hidráulica está controlada por la permeabilidad del terreno o por la cantidad de constituyentes; y,
- 2.- Cuando su finalidad es la reutilización del agua residual, con el objetivo de producir cosechas o regar espacios verdes.

Las lluvias y el tiempo frío presentan dificultades para la aplicación de este sistema, siendo necesario disponer de una instalación de almacenamiento del agua, si se emplea para riego de cultivos, se tendrán las mismas limitaciones que para cualquier sistema de riego.

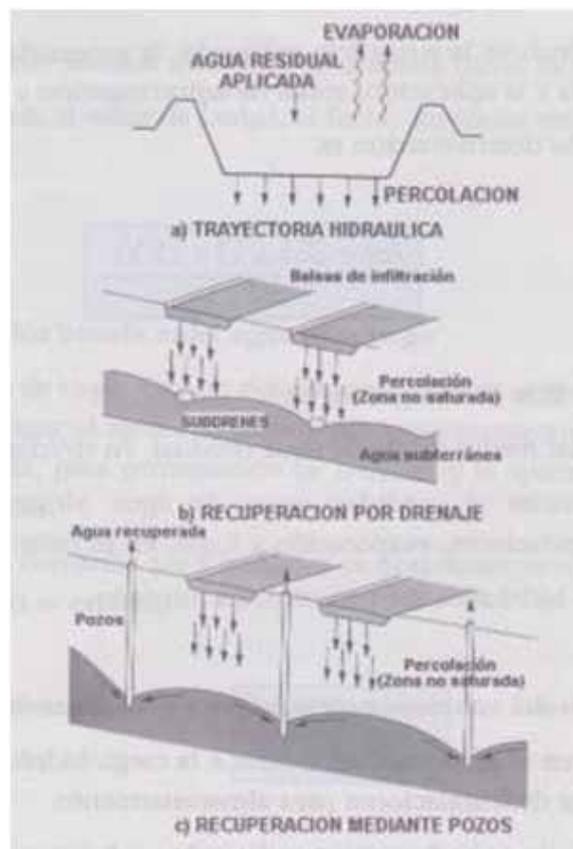
### 3.6.2 Sistemas de infiltración rápida

Consiste en la aplicación del agua residual pre-tratada en las llamadas balsas de infiltración, para que desde aquí se produzca su infiltración al subsuelo y en este trayecto se realice su purificación.

Esta agua infiltrada alcanzará en algún momento los depósitos subterráneos y desde allí puede ser recuperada mediante sistemas de drenaje o de bombeo para ser usada en otros fines. Los objetivos del sistema de infiltración rápida son:

- Tratamiento del agua residual, seguido de recarga de acuíferos para aumentar su potencial o impedir intrusión salina a los acuíferos.
- Tratamiento del agua seguido por recuperación de la misma mediante sistemas de drenaje o sistemas de bombeo.
- Tratamiento del agua, seguido por circulación subterránea y descarga a aguas superficiales.

Un esquema de este sistema es el siguiente:



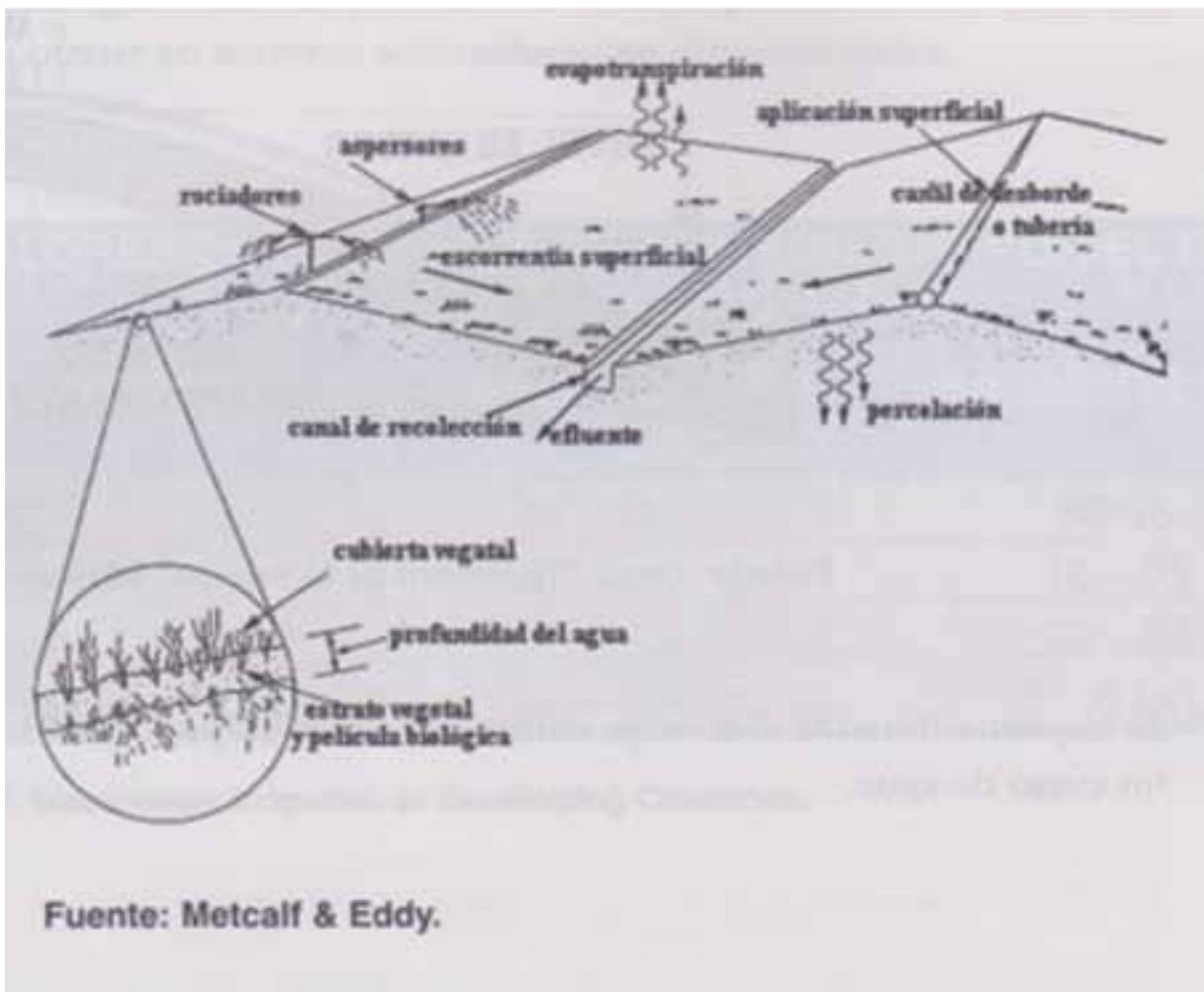
### 3.6.3 Sistemas de Riego Superficial:

En este tipo de sistema, el agua residual se distribuye en la parte superior de un terreno, generalmente mediante un canal vertedero de rebose o mediante un sistema de aspersión.

El objetivo es generar una pequeña película de líquido de modo que a medida que se escurre por la superficie del terreno, se produzcan los fenómenos de depuración en condiciones aerobias. La infiltración, que de hecho se producirá es un fenómeno secundario en este caso.

Este sistema ha sido empleado con cierta ventaja para riego de zonas arboladas y, en general, siempre se usa en terrenos con vegetación.

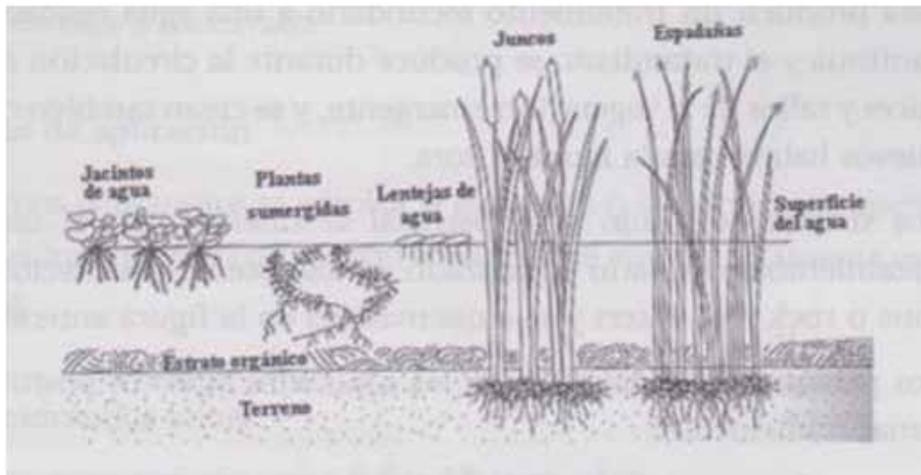
Un esquema de este sistema es el siguiente



### 3.6.4 Terrenos pantanosos naturales y artificiales:

Son terrenos inundados con poca profundidad de agua y con vegetación emergente o flotante que proporciona soporte a la formación de películas biológicas, facilita la filtración y absorción de los constituyentes del agua residual, controla el crecimiento de algas y permite la transferencia de oxígeno.

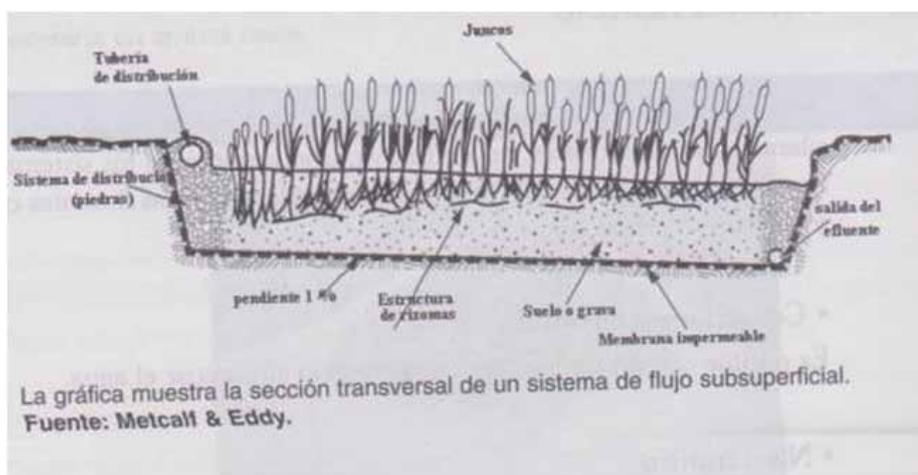
Se han empleado pantanos naturales y artificiales, los primeros se los considera como cuerpos receptores y están sometidos a todas las regulaciones que existen para las descargas en estos cuerpos y las descargas de aguas residuales pueden comprometer la naturaleza del ecosistema.



Los terrenos pantanosos artificiales presentan las mismas ventajas que los naturales y adicionalmente se debe señalar que no están sujetos a la normativa de los cuerpos receptores.

Se han desarrollado dos tipos de sistemas de terrenos pantanosos artificiales:

- Sistemas de flujo libre
- Sistemas de flujo subsuperficial



Los sistemas de flujo libre están formados por piscinas o canales paralelos, con suelo impermeable, vegetación emergente y niveles de agua poco profundos; se emplean para producir un tratamiento secundario a una agua residual pre-tratada de forma continua y el tratamiento se produce durante la circulación del agua a través de las raíces y tallos de la vegetación emergente. Se crean también con el objetivo de crear nuevos hábitats para la fauna y flora.

Los sistemas de flujo sub-superficial se diseñan con el objeto de proporcionar tratamiento secundario y avanzado. Estos sistemas han recibido el nombre de rootzone o rock reedfilters y se esquematizan en la figura anterior.

Los pantanos artificiales tienen los siguientes aspectos positivos con relación a sistemas tradicionales:

- Su costo es entre 75 al 90 % menor que el de una planta convencional.
- Usan muy poca o ninguna energía.
- Requieren un mínimo de mano de obra.
- Producen un pequeño volumen de productos finales que deben disponerse.

Entre los aspectos negativos se puede señalar:

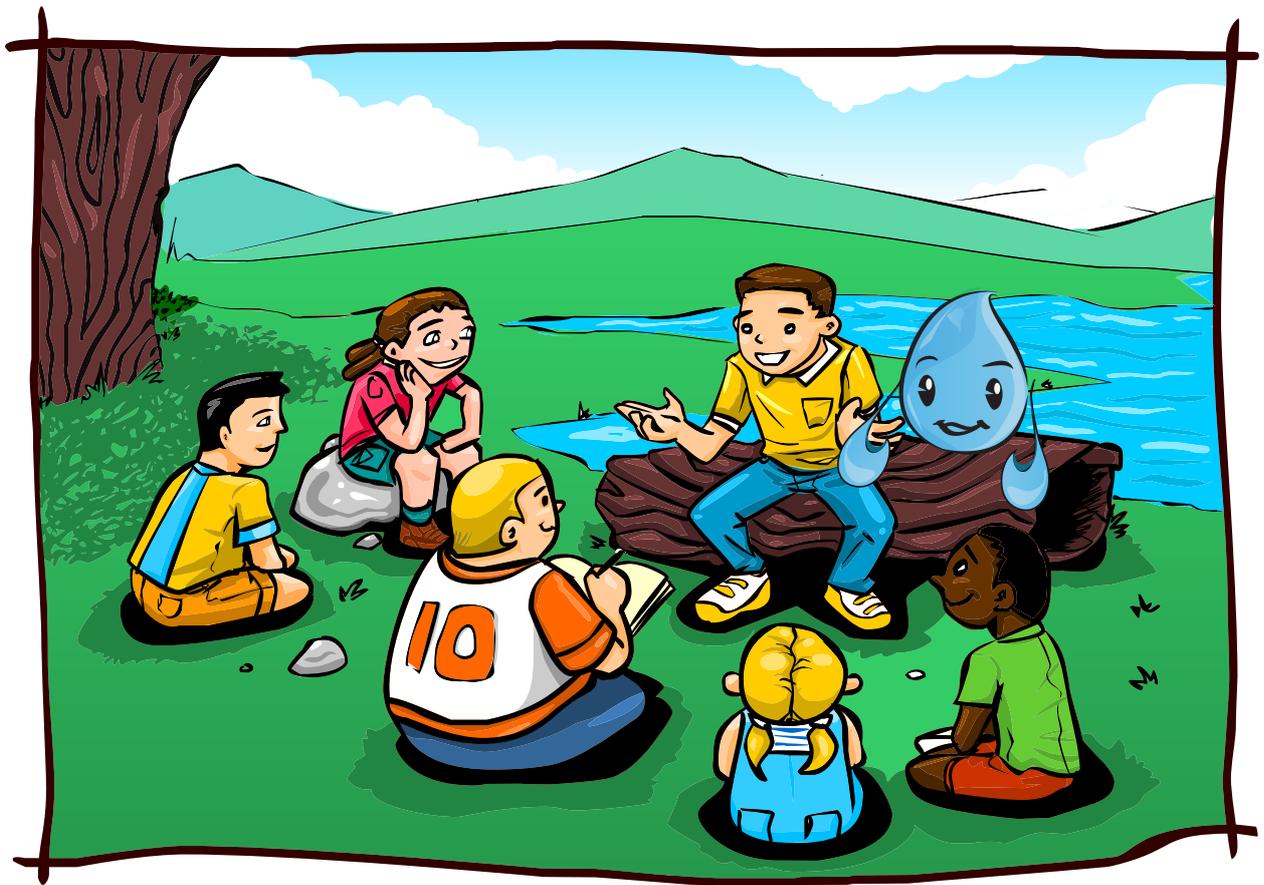
- Requieren más área que una planta tradicional, pero de esta área se puede obtener cosechas.
- Se requiere un tiempo mayor para que estén en funcionamiento pleno.
- Constituyen un "sistema vivo" y por tanto necesita ser manejado como tal.

## IV. Recreando conocimientos

El facilitador/a pide a los/as participantes que conformen 2 grupos:

- Al primer grupo le solicita que dibuje en un papelote un sistema de infiltración rápida;
  - Al segundo grupo le solicita que dibuje una fosa séptica.
- Cada dibujo debe contener los diferentes componentes.

Posteriormente, cada grupo presenta sus dibujos y se fortalecen los componentes de cada una de los dibujos realizados.



## EN POCAS PALABRAS...

### UNIDAD 3

Razones para implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales:

**Razones Higiénicas:** Preservar la salud del ser humano definida por la OMS como: "Un estado de completo bienestar físico, social y mental, y no sólo la ausencia de enfermedades".

**Razones Económicas:** Si las aguas están contaminadas, no se podrán realizar las diversas actividades económicas, tales como pesca, caza usos industriales para la salud, etc. Las consecuencias generadas por la descarga de aguas residuales sin tratar atentan los derechos de los propietarios de terrenos, quienes quedarían sin la posibilidad de realizar actividades productivas o estas se verían reducidas.

**Razones Estéticas:** La descarga de aguas residuales no tratadas ocasiona cambios en las características físicas y químicas de los cuerpos receptores, lo que implica molestias para las poblaciones.

**Razones sociales y ambientales:** La descarga incontrolada de desechos líquidos o sólidos producirá un impacto negativo en los componentes sociales y ambientales.

**Disposición en el agua y en el Suelo:** La descarga de las aguas residuales debe ser hecha de forma tal que no cause ningún tipo de problema, social, ecológico y económico.

Medios de disposición de las aguas servidas:

Disposición en las masas de agua, que comprende:

- Disposición en masas móviles: ríos, riachuelos, quebradas, etc
- Disposición en masas más o menos estacionarias: lagos, lagunas, embalse y en el océano.

Disposición en el suelo, que a su vez puede ser:

- Disposición en la superficie del suelo: irrigación y escorrentía superficial
- Disposición en el subsuelo.

Previa la descarga se debe tener en consideración lo siguiente:

**Características de las aguas residuales:** Se debe determinar su caudal y variación y, adicionalmente, la composición física, química y biológica.

**Características del receptor:** El régimen hidráulico y las condiciones sanitarias imperantes en el sitio de la descarga y sus aguas debajo de la misma.

**Clasificación de los métodos de tratamiento de aguas residuales:**

**Tratamiento preliminar o pre-tratamiento:** Consiste por una parte en proteger las instalaciones y su funcionamiento; y por otra, eliminar y reducir, las condiciones indeseables relacionadas con la apariencia estética de las plantas.

**Tratamiento primario:** Consiste en la remoción de materia sedimentable, para suavizar la fluctuación de la calidad del agua, igualar los picos, neutralizar las descargas ácidas o alcalinas, agregar nutrientes y preparar los desechos para tratamientos secundarios.

**Tratamiento secundario:** Son procesos químicos y biológicos usados para la remoción de orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos.

**Tratamiento terciario, llamado también avanzado,** se emplean combinaciones adicionales de procesos y operaciones unitarias para remover otros constituyentes, tales como nitrógeno y fósforo, compuestos tóxicos que no han sido reducidos significativamente por el tratamiento secundario.

**Tratamientos domiciliarios y colectivos:**

**Tanque o Fosa Séptica:**

El tanque séptico convencional es un dispositivo útil y sanitariamente satisfactorio para el pre-tratamiento de excretas procedente de viviendas, pequeños grupos habitacionales, establecimientos e instituciones. Sin embargo, los costos del conjunto tanque séptico-sistema de tratamiento de su efluente hacen que este método tenga escasa aplicabilidad en el medio rural.

**Fosa Séptica:**

**Concepto:** es un dispositivo de tratamiento de aguas residuales, destinado a recibir la contribución de uno o más domicilios y con la capacidad de dar a los desechos un grado de tratamiento compatible con su simplicidad y costo.

**Definición:** Son cámaras convenientemente construidas en sitio o prefabricadas, y sirven para retener los desechos domésticos y/o industriales, por un tiempo establecido.

**Funcionamiento:** puede ser considerado en las siguientes fases:

- Retención
- Sedimentación
- Digestión

**Ubicación de la fosa séptica:** Deben ser ubicadas de modo que no pongan en peligro la salud de las personas ni puedan contaminar el suelo y el agua.

**Formas constructivas:** El material usual para construirlas es en mampostería de piedra o de ladrillo y también en hormigón armado; actualmente se usan otros materiales como prefabricados en hormigón o fibra de vidrio. También se ha empleado para la construcción de la fosa la utilización de tubos de cemento prefabricado,.

**Recomendaciones para las Zanjas de Infiltración:**

- Por lo menos deben ser construidas dos zanjas.
- La longitud máxima recomendada de cada zanja es de 30 metros.
- La separación mínima entre zanjas es de 1.00 metro.
- Gradiente máxima de la tubería de 0.5%.
- Ancho de la zanja, entre 45 a 75 centímetros.
- Para soluciones domiciliarias se adopta entre 7 a 10 metros de zanja por persona.
- Para soluciones colectivas de 1 a 4 metros de zanja por persona.
- Diámetro mínimo de la tubería: 15 centímetros (algunos autores recomiendan 10 cm.).
- El área de absorción se considera la longitud de la zanja multiplicada por el ancho de la misma. Esto depende de las características del suelo. Se adjunta un cuadro que facilita este cálculo.

### Lagunas de Estabilización:

Son recomendadas para países en desarrollo y fundamentalmente en el área rural. Sin embargo se identifican algunas limitaciones como:

- limitados recursos financieros
- Insuficiente preparación del personal
- Reducidas o nulas recaudaciones
- Insuficiente capacidad administrativa

Por lo tanto el sistema de tratamiento estará diseñado tomando en cuenta todos los aspectos mencionados y deberá ser de fácil y bajo costo de operación.

Antes de proceder al diseño definitivo de un sistema de lagunas de estabilización, se deberá conocer con claridad el propósito para el cual servirá la planta de tratamiento.

### Tratamientos Naturales:

**Sistemas de Carga Baja:** Consisten en la aplicación del agua residual pre tratada sobre un terreno que tenga vegetación, con lo que se consiguen dos objetivos:

- Tratamiento del agua residual mediante los procesos físicos, químicos y biológicos que se van a producir al poner en contacto las aguas residuales con el terreno en el que existen las condiciones necesarias para estos fenómenos.
- Crecimiento de la vegetación existente mediante el aprovechamiento de los nutrientes presentes en el agua residual.

El tratamiento se dará mediante procesos naturales, llevados adelante por medio de la vegetación, el suelo y en general por el ecosistema.

**Sistemas de Infiltración Rápida:** Consiste en la aplicación del agua residual pre tratada en las llamadas balsas de infiltración, para que desde aquí se produzca su infiltración al subsuelo y en este trayecto se realice su purificación. Esta agua infiltrada alcanzará en algún momento los depósitos

subterráneos y desde allí puede ser recuperada mediante sistemas de drenaje o de bombeo para ser usada en otros fines.

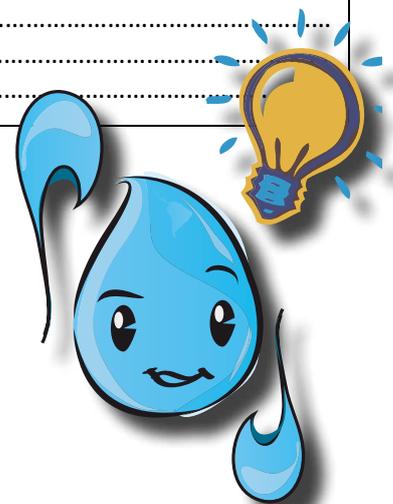
**Sistemas de Riego Superficial:** En este tipo de sistema, el agua residual se distribuye en la parte superior de un terreno, generalmente mediante un canal vertedero de rebose o mediante un sistema de aspersión.

**Terrenos pantanosos naturales y artificiales:** Son terrenos inundados con poca profundidad de agua y con vegetación emergente o flotante que proporciona soporte a la formación de películas biológicas, facilita la filtración y adsorción de los constituyentes del agua residual, controla el crecimiento de algas y permite la transferencia de oxígeno.

## VI. Aplicando conocimientos

En la base de los conocimientos adquiridos en esta unidad, le invitamos a responder las siguientes preguntas: Marque X si su respuesta es SÍ o NO y redacte un breve resumen a partir de la pregunta 3.

UNIDAD 3: DISPONIBILIDAD Y USO DEL RECURSO AGUA	SÍ	NO
1. ¿Considera importante disponer de un tratamiento para las aguas residuales?		
2. ¿Las aguas residuales que no son tratadas causan alguna afección?		
3. ¿Cuáles son las razones para implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales? ..... ..... ..... ..... .....		
4. ¿Qué medios de disposición conoce para las aguas residuales? ..... ..... ..... .....		
5. Enumere los métodos de tratamiento para las aguas residuales. ..... ..... ..... .....		
6. Mencione los tratamientos naturales para el tratamiento de las aguas residuales. ..... ..... .....		





# Unidad 4: Saneamiento ecológico

## I. Introduciéndonos en el tema

### Resumen:

Esta unidad pretende compartir experiencias de muchas partes del mundo relacionadas con las prácticas eco-san (saneamiento ecológico). Al descubrir principios comunes subyacentes, esta unidad proporciona un nuevo marco conceptual, útil para muchas iniciativas sanitarias, ahora diseminadas.

En esta unidad se describe cómo proceder con estos sistemas y qué considerar en el proceso de desarrollo y realización del enfoque eco-san.

El concepto eco-san es particularmente importante en ciudades donde el agua, el espacio y los recursos económicos son escasos. Pero, no debería considerarse como una solución emergente sólo para los más pobres: las propuestas eco-san están dirigidas a un amplio espectro de niveles socio-económicos.

### Objetivo pedagógico:

Relacionar el aparato sanitario con el saneamiento. Se considera como sistema. Explora críticamente las ventajas y desventajas de diversas tecnologías sanitarias, bajo condiciones físicas y culturales distintas.

Esta unidad está dirigida a todos aquellos que comparten el deseo de explorar nuevas maneras de abordar los problemas de saneamiento:

- Autoridades que quieran proporcionar servicios urbanos y rurales de alta calidad, pero tienen presupuestos limitados como para responder a la creciente demanda de servicios.

- Movimientos de base y líderes de la comunidad en busca del mejoramiento de las condiciones de vida a través de la organización local, la preocupación en materia de medio ambiente y un gobierno más democrático.
- Instituciones internacionales que apoyan iniciativas bien fundamentadas tanto en términos ambientales como financieros.
- Estudiosos, ingenieros y pasantes que quieran probar o desarrollar aún más el concepto de saneamiento ecológico.

## II. Desde la experiencia

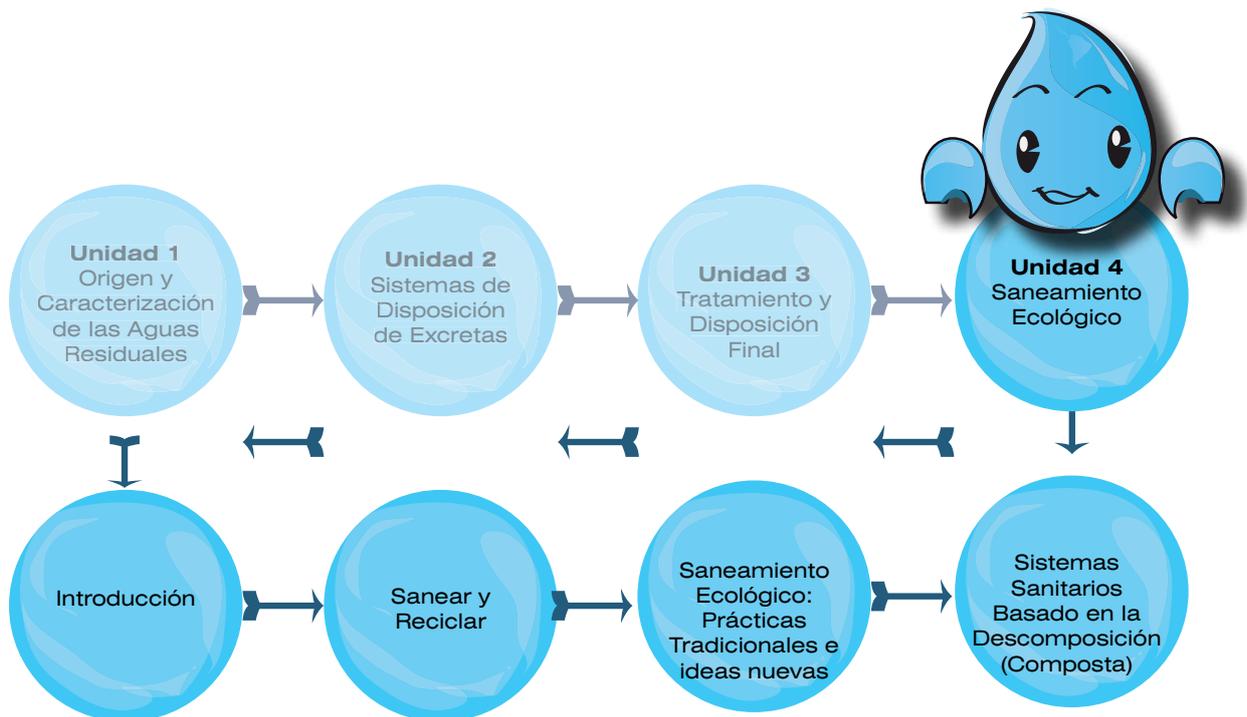
### Prueba de entrada - Unidad 4



Marque X si su respuesta es SÍ o NO y redacte un breve resumen en las preguntas 3,4 y 5.

UNIDAD 4: SANEAMIENTO ECOLÓGICO	SÍ	NO
1. ¿Conoce que es un baño ecológico seco?		
2. ¿Sabe usted, si en el baño ecológico se separan la orina y heces?		
3. ¿En su comunidad reutilizan las excretas en el campo? ..... ..... .....		
4. ¿En su comunidad conoce los usos que puede tener la orina? ..... ..... .....		
5. ¿Cree usted que en su comunidad tendrá aceptación el baño ecológico seco? ..... ..... .....		

# Mapa de la Unidad



# III. Conceptualizando

## 4.1. Introducción



Las tecnologías de saneamiento más comunes hoy en día son la letrina convencional y el inodoro de desagüe. Los sistemas convencionales de aguas negras han demostrado ser inadecuados para resolver las necesidades sanitarias de los países en desarrollo. Estos sistemas son tan caros que su adquisición es materialmente imposible para aquellos que no pertenecen a las clases medias acomodadas, a quienes usualmente se les proporcionan estos servicios.

Actualmente, 90% de las aguas negras urbanas de los países en vías de desarrollo se descarga sin tratamiento alguno, contaminando ríos, lagos y costas. Las letrinas convencionales también tienen ciertas desventajas, especialmente si se encuentran en áreas densamente pobladas, donde se corre el riesgo de contaminar los mantos acuíferos.

En los próximos 20 años, se espera que dos mil millones de individuos vivan en pueblos y ciudades, especialmente en los países en vías de desarrollo, que demandarán un saneamiento seguro. Además, muchos de los pueblos en rápida expansión se localizan en áreas áridas y semiáridas, donde la escasez reduce severamente el volumen accesible de agua.

Ante la situación de inseguridad alimentaria, el decremento de fertilidad de suelos y el encarecimiento de fertilizantes industrializados en los mercados mundiales, existe la necesidad de utilizar los nutrientes localizados en la orina humana —rica en nitrógeno y fosfatos—, para su uso en la agricultura; esto incrementa la producción y reduce la necesidad de fertilizantes. Es obvio que este enorme reto nos conduce a reconsiderar el asunto, otorgar mayor importancia al saneamiento y desarrollar nuevos enfoques, técnicas y métodos.

Esta unidad presenta al “saneamiento ecológico” como alternativa al saneamiento convencional. Se basa en un enfoque ecológico que considera a la orina y las heces como un valioso recurso que debe ser reciclado. Muestra además que el saneamiento ecológico ya se practica. Actualmente hay cientos de miles de sanitarios secos y de composta alrededor del mundo, por lo general, en áreas rurales pequeñas comunidades. Lo que necesitamos ahora es desarrollar las aplicaciones del concepto de saneamiento ecológico a gran escala en áreas urbanas, tanto en los países desarrollados como en los llamados en vías de desarrollo.



## El reto:

En muchas ciudades, pueblos y áreas rurales del mundo actual, la gente vive y cría a sus hijos en ambientes altamente contaminados. Las áreas urbanas y suburbanas de los países en desarrollo son los hábitats más contaminados y con mayor incidencia de enfermedades en el mundo. Mucha de esta contaminación, que deriva en promedios muy altos de enfermedad, desnutrición y muerte, se debe a la falta de sanitarios y servicios adecuados de saneamiento. Esta carencia de servicios sanitarios adecuados es el resultado de factores diversos como: fuentes de financiamiento deficientes, agua insuficiente, falta de espacio, condiciones adversas del suelo y capacidad institucional limitada. En la medida que crezcan las ciudades y la población se incremente, la situación empeorará y la necesidad de sistemas sanitarios seguros, sustentables y accesibles será aun más crítica.

Las prácticas de saneamiento que actualmente se promueven son de dos tipos: “flujo y descarga” y “caída y depósito”. En los últimos cien años se ha considerado al flujo y descarga como la tecnología ideal, especialmente para las áreas urbanas. Muchos municipios en los países en desarrollo han tratado de adquirir este modelo. Para aquellos que no pueden acceder al sistema de flujo y descarga, la alternativa usual es el sistema de caída y depósito que, generalmente, consiste de una letrina convencional donde se deposita excreta humana por tiempo indeterminado. Generalmente, a este sistema se le considera como una solución temporal inferior, comparada con el sistema de flujo y descarga.

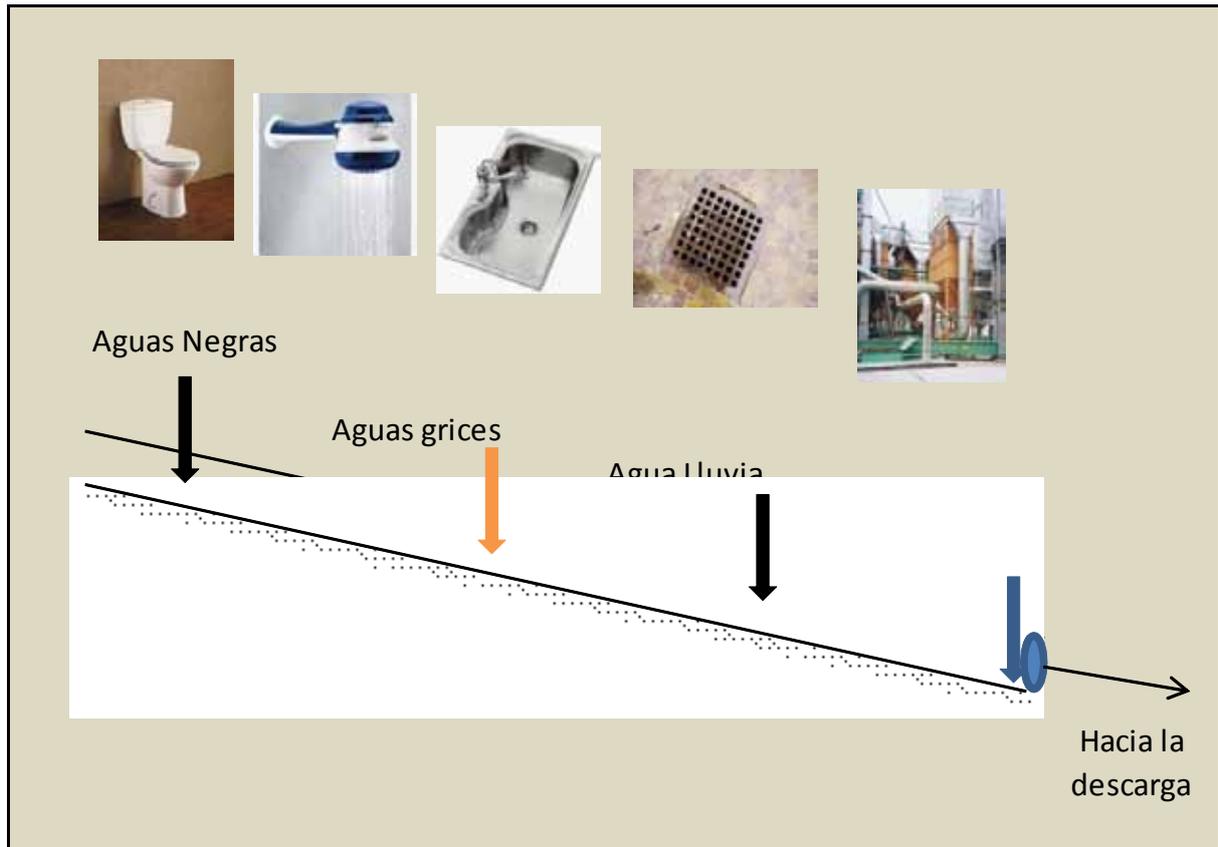
La tecnología de flujo y descarga se puede operar aceptablemente y alcanzar un nivel razonable de destrucción de agentes patógenos (en adelante simplemente patógenos). La descarga de aguas negras proveniente de sistemas de drenaje convencional es el mayor causante de contaminación del agua en todo el planeta, lo que contribuye a una mayor saturación de partículas en el agua, el florecimiento de algas tóxicas, por ejemplo, la marea roja, y el alejamiento del turismo en algunas áreas turísticas costeras. Si bien estos sistemas son aceptables para la gran mayoría de la gente, no son sencillos en absoluto y requieren de capacidades tanto institucionales como técnicas.

## Flujo y descarga

Una persona puede descargar, en un año, 15.000 litros de agua pura, unos 400-500 litros de orina y unos 50 litros de heces. Usando un sistema de cañería, se agregan unos 15.000-30.000 litros persona/año de las llamadas aguas “grises” o “jabonosas”, provenientes del baño, la cocina y la lavadora. Con frecuencia, por medio de las cañerías urbanas, a este flujo se añaden las corrientes de agua pluvial (de calles y techos), y el agua altamente contaminada proveniente de la industria (Figura 2).

Figura 2. En un sistema de flujo y descarga, una cantidad relativamente pequeña de material peligroso —heces humanas— puede contaminar

FIGURA 2



una gran cantidad de agua. En muchos casos las aguas negras se vierten sin tratamiento alguno en las aguas superficiales.

De este modo, en cada etapa del proceso de flujo y descarga el problema se magnifica: el elemento realmente peligroso, los 50 litros de heces, está libre para contaminar no solamente la orina, relativamente inofensiva, sino además la gran cantidad de agua pura usada para drenar, más una cantidad similar o mayor de agua jabonosa.

El crecimiento urbano se ubica, casi siempre, en asentamientos irregulares donde los municipios no desean o no pueden proveer de servicios como agua corriente, alcantarillado, drenaje y recolección de basura. El tratamiento efectivo de aguas negras es tan caro que raras veces se realiza, especialmente en las áreas urbanas en crecimiento de los países en desarrollo. En consecuencia, los habitantes de bajos ingresos usan alguna variante del sistema de caída y depósito que responda a sus necesidades.

Si bien las tecnologías de caída y depósito pueden evitar la contaminación en ciertos casos, en las áreas urbanas no son adecuados ya que requieren de espacio para las cámaras de tratamiento, además deben sujetarse a la condición del suelo y los mantos freáticos, ya que pueden crear inestabilidad en los cimientos cercanos y provocar olores.

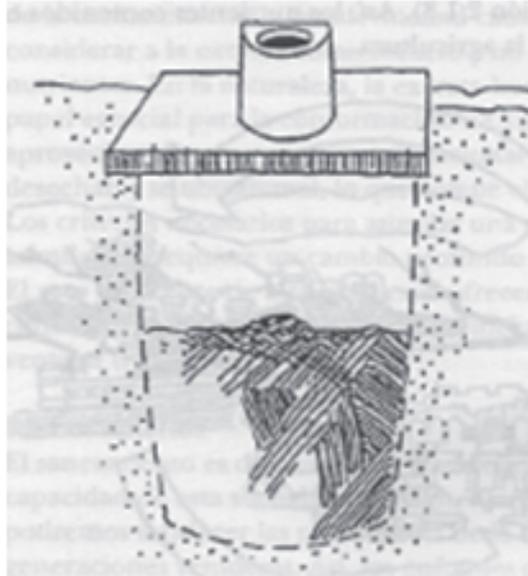


Figura 3. Los sistemas de caída y depósito pueden ser muy simples y relativamente baratos, pero tiene muchas desventajas. Con frecuencia estos sistemas no pueden usarse en absoluto en áreas muy pobladas, en suelos rocosos, donde los mantos freáticos son casi superficiales y en áreas que se inundan periódicamente.

### Caída y depósito

El sistema de saneamiento más común en el mundo, las letrinas convencionales, está basado en el depósito y almacenaje indefinido de excreta humana. Llamamos a este sistema caída y depósito.

Este sistema requiere de acceso al suelo, un espacio abierto de tamaño razonable, suelo que pueda ser cavado, un nivel profundo de los mantos acuíferos y de un sitio que nunca sufrirá inundaciones. No requiere de agua para crear flujos, la tecnología es simple y cualquier material (papel, objetos sólidos o agua) puede ser usado para la limpieza anal. Las desventajas son: contaminación de aguas y mantos acuíferos, malos olores, proliferación de moscas, saturación del depósito, desestabilización de cimientos cercanos y el riesgo de inundación en temporales intensos. Aunque una letrina sencilla puede ser construida a muy bajo costo, una versión mejorada, como la letrina ventilada mejorada (VIP), tiene costos mayores.

Además, se ha comprobado que los nutrientes y los patógenos que se filtran los inodoros, letrinas convencionales y fosas sépticas, causan la contaminación de los mantos freáticos y aguas superficiales cercanas, en todo el mundo. Líderes y comunidades enfrentan actualmente dos opciones: expandir los sistemas de saneamiento existentes, con todas sus limitaciones y debilidades, buscar soluciones enteramente nuevas. Los enfoques actuales de saneamiento no son del todo viables y accesibles para la gran mayoría de la gente, ni ofrecen una solución orientada hacia una sociedad sustentable.

## La visión:

El enfoque de saneamiento que exploramos en esta unidad se basa en tres aspectos fundamentales: convertir la excreta humana en material seguro; prevenir la contaminación en vez de controlarla después de contaminar, y usar en la agricultura los productos seguros de excreta humana saneada. Este enfoque puede llamarse “sanear y reciclar”.

Este enfoque, al que también llamamos “saneamiento ecológico” o eco-san es un sistema cíclico cerrado (ver figura 4). Considera a la excreta humana como un recurso. La excreta se trata en el lugar donde se produce para después, si es necesario, procesarla en otros sitios hasta que se convierta en un material seguro, libre de patógenos. Así, los nutrientes contenidos en la excreta se reciclan para usarse en la agricultura.



Figura 4. El saneamiento ecológico imita a la naturaleza al devolver la orina humana saneada y las heces al suelo. En vez de contaminar el medio ambiente, la orina humana y las heces se usan para mejorar la estructura de suelos, a la vez que los proveen de nutrientes.

La excreta humana debe ser saneada antes de su recuperación y uso, lo cual representa un aspecto toral. Usualmente, la orina es estéril y la mayor parte del valor fertilizante de la excreta humana está en la orina. En este libro consideramos tres modos de recuperar los recursos de la orina: desviación, separación y la combinación de ambas.

La desviación consiste en la conducción de la orina separada de las heces, nunca mezclándolas. Cuando la orina y las heces ya están mezcladas, se realiza la separación. En el proceso combinado la orina y las heces están revueltas, así se procesan y su valor como recurso se utiliza estando mezcladas.

Las heces humanas son las causantes de la mayoría de las enfermedades diseminadas por la excreta humana, por lo que se requiere de un método para sanearlas. En esta unidad se ofrecen dos maneras de aplicarlo: deshidratación y descomposición.

La deshidratación o secado de heces es más fácil si no están mezcladas con orina o agua. Cuando las heces se descomponen, los diversos seres vivos en ellas mueren y se separan en partes más pequeñas. Es hasta este momento que las heces pueden recuperarse y reciclarse con toda seguridad.

Las características fundamentales del saneamiento ecológico son: la prevención de la contaminación y las enfermedades causadas por la excreta humana; el considerar a la excreta como recurso y no desperdicio, y la recuperación de nutrientes. En la naturaleza, la excreta humana y la de otros animales juega un papel esencial para la conformación de suelos sanos y nutritivos que se aprovechan. En un enfoque convencional de saneamiento, estos nutrientes se desechan y se ubican mal, lo que rompe el ciclo natural.

Los criterios necesarios para asimilar una nueva visión son simples pero esta asimilación requiere un cambio profundo de nuestra definición de saneamiento.

### Los criterios

El saneamiento es determinante para lograr tanto la equidad social, como la capacidad de esta sociedad para sustentarse. Si no logramos superar el reto, no podremos satisfacer las necesidades de la sociedad actual sin afectar el futuro generaciones venideras. Así, los enfoques de saneamiento deben estar concebidos a partir de la idea de recurso, más que en la de desperdicio.

De modo similar no puede hablarse de equidad en tanto la mitad de la población mundial carece de infraestructura sanitaria básica.

Un sistema sanitario que contribuya a alcanzar el objetivo de una sociedad con equidad y sustentable, deberá lograr o al menos estar en camino de lograr los criterios siguientes:

- **Prevención de enfermedades:** Un sistema sanitario debe ser apropiado para destruir o aislar patógenos.
- **Accesibilidad:** Un sistema sanitario debe ser accesible para los pueblos más pobres del mundo.
- **Protección ambiental:** Un sistema sanitario debe prevenir la contaminación regresar nutrientes a los suelos y conservar las valiosas fuentes de agua.
- **Aceptable:** Un sistema sanitario debe ser estéticamente inofensivo y respetuoso de los valores culturales y sociales.
- **Simple:** Un sistema sanitario debe ser lo suficientemente sencillo y de fácil mantenimiento, considerando los límites de la capacidad técnica local, el marco institucional y los recursos económicos.

La realización de una visión de saneamiento ecológico y la aplicación de estos criterios requiere de la comprensión del saneamiento como sistema. También es importante que los elementos del sistema se consideren como un conjunto, sin aislarlos al diseñarlo y hacerlo funcionar. Los elementos principales de este sistema son: naturaleza, sociedad, proceso y aparato (ver la fig. 5).

Las variables más importantes del elemento naturaleza son: clima (humedad temperatura), agua (nivel de acceso, cantidad, niveles de mantos freáticos) suelos (estabilidad, permeabilidad y dureza).

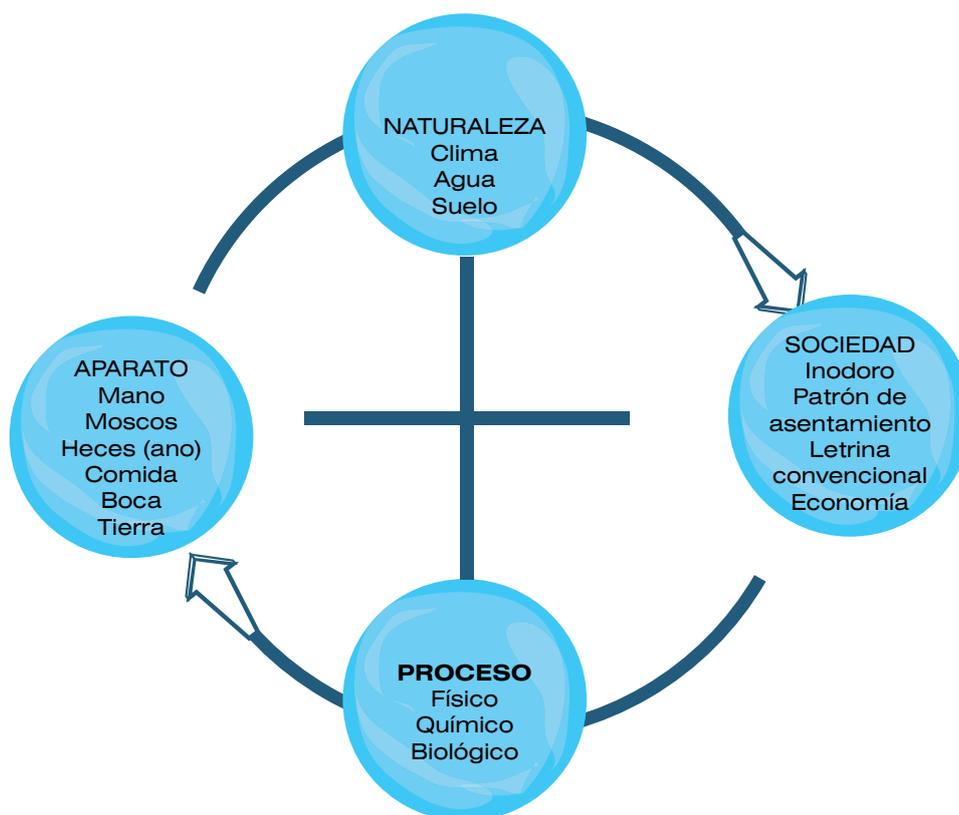


Figura 5: El saneamiento es un sistema cuyos elementos principales son la naturaleza, la sociedad, el proceso y el aparato. Estos deben considerarse como un todo.

- El elemento sociedad: implica patrón de asentamiento (concentrado/ disperso, crecimiento bajo/alto), actitudes (coprofobia/coprofilia), hábitos (los que se lavan o los que se limpian con papel), creencias y tabúes relacionados con la excreta humana, así como el nivel económico de la comunidad en cuestión.
- Por proceso: nos referimos a los procesos físicos, químicos y biológicos que hacen de la excreta humana un producto inofensivo, no peligroso y útil. En este libro se tratan dos procesos: deshidratación y descomposición.

- Por aparato: nos referimos al instrumento y estructuras construidas específicamente para la excreción de heces y orina: los muebles de baño. Mucha literatura especializada se enfoca en el aparato, sin relacionarlo con los otros componentes del sistema sanitario.

Los principios subyacentes del sistema eco-san no son novedosos. Desde hace cientos de años, en culturas diferentes se han utilizado sistemas sanitarios basados en principios ecológicos. Los sistemas eco-san aún se practican ampliamente en el este y sudeste asiáticos. En los países de occidente se abandonó esta opción en la medida en que el sistema de flujo y descarga se convirtió en una norma; sin embargo, recientemente se ha reavivado el interés por el saneamiento ecológico.

El utilizar los criterios antes definidos y desarrollar y aplicar un enfoque sistémico al saneamiento, requiere un cambio en nuestro modo de pensar.

Tenemos que olvidar el enfoque basado en el desecho para considerar el de o descarga y rendado. Al hacerlo, también aseguraremos nuestro recurso básico de agua limpia.

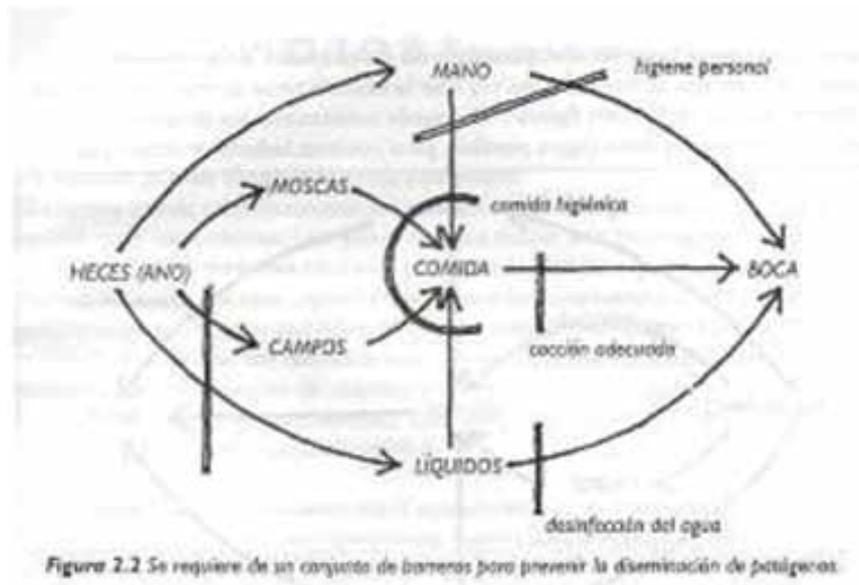
## 4.2 Sanear y reciclar

### Sanear: ¿Cómo destruir agentes patógenos?

El criterio inicial y fundamental del saneamiento ecológico (y de muchos de los enfoques de saneamiento) es que el sistema forme una barrera en contra de la difusión de enfermedades causadas por agentes dañinos (patógenos) en la excreta humana. En esta unidad trataremos las relaciones entre saneamiento y enfermedad y los varios métodos de destrucción de patógenos. Hemos llegado a la conclusión de que los métodos secos, especialmente los basados en la deshidratación, parecen matar de manera más efectiva a los patógenos, cuando se les compara con los métodos comunes. Esto se aplica especialmente a los patógenos con períodos de vida más prolongados.

Una vez que la excreta abandona el cuerpo y antes de que los patógenos tengan acceso a un medio ambiente de gran escala hay varias opciones para prevenir su diseminación. El enfoque tradicional es “halarle la palanca al inodoro” y apartar la excreta (flujo y descarga) o bien depositarla en una cámara profunda (caída y depósito), como se describe en una de las unidades de este texto.

Estos métodos para disponer de nuestra materia fecal nos hacen creer que hemos evitado la contaminación del ambiente, pero es una creencia falsa pues el contenido de una cámara profunda puede filtrarse a los mantos friáticos, o inundarse en temporales severos de lluvia.



En el sistema de flujo y descarga, las aguas negras pueden ser tratadas adecuadamente, lo que garantiza que son seguras antes de devolverlas al medio ambiente, sin embargo, en la gran mayoría de los casos, se descarga sin tratamiento alguno o bien se trata sólo cierto volumen. En cualquiera de los métodos, el problema de contaminación sólo se disemina, río abajo.

Otra manera de romper este ciclo es tratar a la gente enferma. Por ejemplo, a un niño con diarrea se le proporciona un suero de rehidratación oral o un antibiótico. Normalmente, la enfermedad se cura o desaparece por sí sola. Sin embargo, la persona portadora de una infección defecará patógenos en el medio ambiente hasta que el tratamiento surta efecto, y en el caso de algunas enfermedades la persona los seguirá defecando incluso cuando hayan desaparecido (si desaparecen) los síntomas del padecimiento. La creciente resistencia a los fármacos que desarrollan algunas enfermedades infecciosas hace pensar, con mayor razón, en la necesidad de prevenir más que tratar.

Romper el círculo vicioso de infección y re-infección exige tomar medidas preventivas justo donde inicia el problema. En primer lugar, tenemos que conservar a los patógenos fuera del medio ambiente. La gente excreta patógenos por períodos que van, de días o semanas hasta meses. En algunas comunidades una buena parte de la población excreta patógenos distintos en un mismo período. Tenemos que desarrollar una manera de eliminar los patógenos excretados o prevenir su acceso al medio ambiente. La respuesta puede ser mantener a los patógenos aislados, con seguridad, o eliminarlos rápidamente. Aunque en realidad necesitamos de la combinación de ambas: aislamiento y destrucción.

### ¿Cómo mueren los agentes patógenos?

Un buen número de patógenos y parásitos son excretados en las heces (algunos miles e incluso millones cada vez). Sin embargo, después de que son excretados al

ambiente, casi todos, eventualmente, mueren o se hacen inofensivos. Pero algunos de estos organismos se conservan vivos por más tiempo y son capaces de causar una enfermedad.

El tiempo que toma morir a los organismos del mismo tipo, se conoce como de mortandad. Esta tasa es distinta para cada tipo de organismo. Las dos excepciones son la salmonella que pueden incluso incrementar su número fuera del cuerpo, y los huevecillos de las lombrices parásito. Si bien los huevecillos de las lombrices no se reproducen, requieren más tiempo para morir que otros patógenos. Ciertas características ambientales (ver tabla 1) pueden acelerar o retrasar el proceso de muerte de los patógenos, dependiendo del nivel o grado de la condición.

Las condiciones consideradas como determinantes en la tasa de mortandad son: temperatura, humedad, nutrientes, otros organismos, luz sol pH. Cada condición varía de modo natural (por ejemplo, tiempo de secas y temporal) o de modo artificial (por ejemplo, la adición de limo). Esto significa que se puede incrementar o reducir el tiempo que le toma a un patógeno a partir de su tasa promedio de mortandad. En general, en condiciones naturales, a mayor número de patógenos, la tasa de mortandad se incrementa. Cada una de las condiciones ambientales mencionadas en la tabla 1 tiene promedios que favorecen la sobrevivencia de los patógenos.

**Tabla 2. 1. Condiciones ambientales que estimulan la muerte de patógenos<sup>(4)</sup>**

Factores Ambientales	Cómo
Temperatura	Incremento de temperatura
Humedad	Decremento de humedad
Nutrientes	Decremento de nutrientes
Luz solar	Incremento de luz solar
pH	Incremento en pH

En la medida que los humanos cambiamos estas condiciones, o la naturaleza, las tasas de mortandad se ven alteradas de modo correspondiente. Por ejemplo, si la temperatura se incrementa, los patógenos morirán más rápido. En efecto, 99% de coliformes fecales (bacterias usuales en heces) morirán, aproximadamente en dos semana en el verano (época de calor) y en tres semanas durante el invierno (época de frío). Una temperatura cercana a los 60°C tendrá como consecuencia la muerte casi instantánea de todos los patógenos excretados con las heces. Una temperatura que se mantenga en un rango de 50-60°C, tendrá como consecuencia el no crecimiento de las bacterias y la muerte, 30 en minutos o menos de casi todos los patógenos. Estas temperaturas pueden alcanzarse usando métodos diversos, como el compostaje de alta temperatura. Al cambiar más de un factor a la vez, la tasa de mortandad se incrementa. Por ejemplo, el decremento de la humedad y el incremento de la temperatura pueden trabajar juntos para producir una muerte más rápida de patógenos, que si sólo se altera uno de estos factores.

El cambio en las condiciones ambientales afectan a todos los patógenos, sin embargo, éstos tienen una tasa de mortalidad diferente cuando se sujetan a los procesos de aislamiento y tratamiento.

Las bacterias, los virus y los protozoarios tardan en morir varios meses, a veces menos (ver tabla 2). Los huevecillos de las lombrices sobreviven varios meses y los de la especie *Ascaris* pueden permanecer vivos por años. De todos los métodos usados para la destrucción de patógenos, el compostaje de alta temperatura es el mejor modo de destruir rápidamente la mayor parte de patógenos. En realidad es muy difícil alcanzar las condiciones óptimas en tanto que algunas partes del montón de composta no alcanzan la temperatura adecuada. Esto quiere decir que algunos patógenos pueden sobrevivir. Los estanques estabilizadores de desperdicio son muy efectivos para destruir protozoarios y lombrices, pero las bacterias y virus pueden permanecer vivos y estar presentes en el producto final.

*Tabla 2.2. Períodos de sobrevivencia, en días, en condiciones distintas de aislamiento/tratamiento*

Condición	Bacteria	Virus	Protozoarios* 10	Helmintos**
Tierra	400	175	no se sabe	varios meses no
cultivos	50	60		se sabe

Generalmente, se asume que si se elimina a los patógenos más resistentes a la destrucción, entonces, también se destruye a todos los demás. Dos patógenos muy diseminados y resistentes a la destrucción son: *Ascaris lumbricoides*, la típica lombriz redonda y el *Cryptosporidium parvum*, un tipo de parásito protozoario, que causa la diarrea. Las lumbricoides se encuentran en todo el mundo. Se calcula que cerca de 20% de la población mundial puede estar infectada. La existencia de Parvum es más difícil de calcular, si bien puede encontrarse en las heces de poblaciones en más de 50 países del mundo. Los dos tipos de patógenos infectan a los niños, más que a los adultos; ambas infecciones pueden causar desnutrición y si la infección es muy severa, la muerte.

Los quistes de *Cryptosporidium parvum* (forma en que se excreta a estos protozoarios) son muy resistentes a la destrucción; pueden sobrevivir incluso a ciertas condiciones ambientales extremas, más que los *Ascaris*, como el congelamiento, altas temperaturas y el tratamiento con cloro y ozono en el agua. Sin embargo, la deshidratación destruye a los Parvum. Pruebas de laboratorio demuestran que 97% de los quistes mueren después de 2 horas de secado al aire a temperatura ambiente y después de 4 horas de secado al aire todos los quistes mueren.

Los períodos de vida de los huevecillos de *Ascaris* pueden ser prolongados, aunque su tasa de mortandad varía considerablemente, dependiendo de ciertas condiciones. En suelos, este promedio disminuye por sequedad y luz solar. Existen reportes donde se señala que en suelos arenosos y soleados, los huevecillos de *Ascaris* mueren en dos semanas, y que, en suelos húmedos, fríos y sombreados pueden sobrevivir años. Después de varias semanas, 95% de huevecillos de *Ascaris* mantienen su potencial infeccioso en suelos limosos, arcillosos y humus; además pueden sobrevivir más tiempo si permanecen bajo una capa delgada de tierra, que si se encuentran en la superficie.

Existen diversos estudios sobre la sobrevivencia de los huevecillos de *Ascaris* bajo sistemas de tratamiento distintos. Los métodos más efectivos para destruirlos están basados en el calor y la sequedad. El depósito y la deshidratación en la cámara de tratamiento de ese tipo de letrina, seguidas por más deshidratación, redujeron el número de huevecillos a cero después de seis meses adicionales de secado al sol.

### **Destrucción de agentes patógenos por etapas**

Los métodos secos para procesar heces y destruir patógenos son más efectivos que los métodos húmedos (flujo y descarga). La combinación de baja humedad bajo nivel de nutrientes/materia orgánica y un pH elevado es propicia para una destrucción rápida. El método más efectivo para la destrucción de patógenos es, al parecer, la deshidratación.

Los métodos húmedos como el de flujo y descarga son particularmente inadecuados para destruir patógenos. El agua residual es un ambiente ideal para la sobrevivencia de patógenos ya que es equivalente, en muchos aspectos, a los intestinos. En primer lugar, es rica en materia orgánica y nutrientes, también, húmeda y anaeróbica. La diferencia aquí es la temperatura. Las plantas de tratamiento, incluidas las de aguas residuales, operan por lo general muy por abajo de los 37°C. El uso de esta agua no sólo incrementa el período de vida de los patógenos, sino los promedios de enfermedades en la población cuando se utiliza en cosechas o se descarga en vertientes naturales antes de un tratamiento efectivo.

En teoría, es fácil la destrucción de patógenos, pero en realidad requiere de una atención esmerada a lo largo de etapas diversas. Recomendamos un proceso de cuatro etapas para convertir la excreta en un material seguro, tanto para su manejo como su reciclaje:

1. Mantener bajo el volumen de material peligroso, al desviar la orina, sin agregar agua.
2. Prever la dispersión de material que contenga patógenos, al almacenarlo adecuadamente, hasta que su manejo sea seguro.

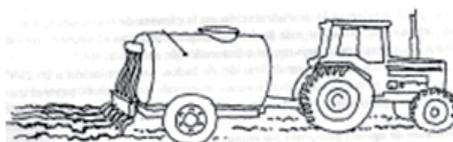
3. Reducir el volumen y el peso del material infeccioso, usando sistemas de deshidratación y/o descomposición para facilitar el almacenaje, el transporte y el tratamiento subsecuente.

4. Sanear y eliminar las posibilidades infecciosas de los patógenos, esta etapa requiere de tres tratamientos: primero en el lugar donde se originan (deshidratación/descomposición, almacenaje); segundo, fuera del lugar donde se generan (posterior deshidratación, composta de alta temperatura, cambio del pH agregando limo); y, de ser necesario, un tercer tratamiento a través de la incineración.

### Reciclaje: ¿cómo regresar nutrientes al suelo?

El saneamiento ecológico considera que la excreta humana es un recurso a ser reciclado en vez de un desperdicio para desecharse. El uso de excreta humana como fertilizante para cultivos es usual en muchas regiones del planeta. Los chinos, por ejemplo, realizan composta de excreta animal y humana desde hace miles de años y en Japón se introdujo esta práctica de reciclado de excreta y orina humanas desde el siglo XII. En Suecia, donde la desviación de orina ya es práctica, los agricultores recolectan la orina almacenada en tanques subterráneos por una cuota, y la aplican a sus cultivos con maquinaria. La idea concreta de que la excreta es desperdicio sin utilidad alguna es un malentendido de nuestra época; esta idea es la base conceptual de los problemas de contaminación que resultan de los enfoques convencionales de saneamiento, especialmente el de flujo y descarga. En la naturaleza no existe desperdicio: todos los residuos de los seres vivos son materia prima para otros. El reciclado de la excreta humana y la orina (el regresarlos al suelo) sirve para conservar un ciclo natural de materiales generadores de vida que ha sido alterado por nuestras prácticas sanitarias actuales. Es más: entre más local sea el proceso mayor será su eficiencia energética.

Figura 5: En proyectos de investigación y desarrollo que se llevan a cabo en Suecia, la orina humana se almacena en tanques locales. Después, los agricultores la recolectan periódicamente y se aplica en la tierra de cultivo con equipo mecanizado.



Hay muchas razones para reciclar los nutrientes de la excreta. El reciclaje previene la contaminación directa que causa la descarga de aguas negras en las fuentes acuíferas y el ecosistema. Un beneficio secundario es que se regresan los nutrientes al suelo y las plantas, reduciéndose con ello la necesidad de fertilizantes industriales. También se restauran los organismos benéficos que protegen a las plantas y, además, en cualquier lugar donde viva gente habrá materia nutritiva disponible.

Los nutrientes recuperados de la excreta humana pueden usarse para mejorar la producción en horticultura y agricultura en jardines caseros y granjas, en áreas urbanas y rurales. En las zonas urbanas hay bastante población que depende de los alimentos que ella misma cosecha, e incluso, cuando no sea el caso (y donde no

resulte práctico transportar la excreta recuperada a los campos agrícolas), puede usarse para restaurar ecológicamente las tierras no cultivables, para crear parques y espacios verdes.

Para reciclar el excremento humano se han desarrollado diversas letrinas composteras en varios países. No obstante que mucho del valor nutritivo se pierde durante el proceso de compostaje, el producto final, el humus, conserva su valor como valioso acondicionador de suelos.

### **4.3. Saneamiento ecológico: prácticas tradicionales e ideas nuevas.**

El objetivo de esta unidad es mostrar el funcionamiento práctico del concepto eco-san y sus posibilidades de adaptación, además de presentar varios ejemplos de prácticas tradicionales y modernas. En efecto, cada ejemplo tiene potencial para prevenir enfermedades, proteger el medio ambiente y conservar el agua. La diversidad de sistemas eco-san permite elegir uno que vaya de acuerdo con las creencias de una comunidad haciéndolo culturalmente aceptable. Los costos son relativos: algunos de los sistemas descritos son sofisticados y caros mientras que otros son más simples y baratos. Siempre hay una relación entre costo y operación: a menor costo, mayor manipulación y cuidado del sistema sanitario; con soluciones más costosas se reduce la manipulación y el cuidado. Organizamos los ejemplos de acuerdo al proceso que utilizan para eliminar patógenos: deshidratación o descomposición. Es importante hacer la distinción entre el proceso en sí y la taza de sanitario o aparato. Algunas tazas de sanitario como las que aquí se ilustran, pueden operar por deshidratación o descomposición. El proceso lo determina la materia prima.

#### **Sistemas sanitarios basados en la deshidratación**

Algo queda deshidratado si se elimina toda el agua que contenga. En un sanitario seco se deshidrata el contenido que cae en la cámara de tratamiento, esto se logra con calor, ventilación y la adición de material secante. Hay que reducir la humedad del contenido a menos de 25% tan pronto como sea posible, ya que con este nivel se acelera la eliminación de patógenos, no hay malos olores ni producción de moscas.

El uso de una taza de sanitario diseñada especialmente (sea una losa para acucillarse o una taza de pedestal), que desvíe la orina y la almacene en un recipiente aparte, facilita la deshidratación de las heces. Como ya se dijo con anterioridad, la orina contiene la mayor parte de nutrientes y generalmente está limpia de patógenos, por lo que puede utilizarse directamente como fertilizante, es decir, sin más procesamiento. En general, resulta más difícil deshidratar excremento mezclado con orina, aunque en climas extremadamente secos la deshidratación se facilita.

- **El baño ecológico seco como unidad básica de la gestión ECOSAN**

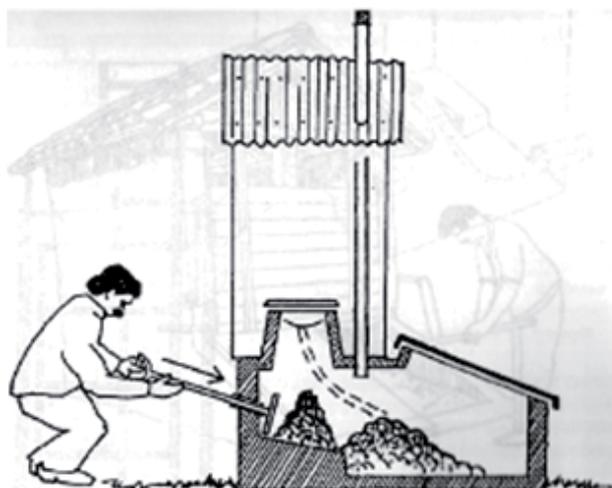
El Baño Ecológico Seco (BES) es un módulo higiénico que está instalado dentro de la vivienda, con tecnología de saneamiento ecológico en sus accesorios, separa los residuos y no usa agua para la evacuación.

- **Accesorios básicos para la instalación del baño ecológico seco:**

- **El eco-inodoro.-** Es un inodoro especialmente diseñado para separar la excreta de la orina. Existen diversos modelos, como se muestra en las siguientes figuras:



- **Las cámaras de secado:** son cubículos para el almacenamiento de la excreta y del material secante utilizada; su volumen de 400 litros aproximadamente, lo que permite un tiempo promedio de almacenamiento de un año. Se puede también almacenar a través de un contenedor, el cual debe removerse continuamente para facilitar la recolección.



- El contenedor: es un recipiente móvil, –que se usa en un baño ecológico seco con una sola cámara–, y está elaborado para recibir la excreta, la cal y la tierra. Se recomienda que el material sea impermeable para que no permita el ingreso de los líquidos

### ¿Cómo se diseña el baño ecológico seco?:

En el diseño de un BES se toma en cuenta una serie de criterios básicos que pueden calificarse de la siguiente manera:

- Criterio de fácil funcionalidad: El BES deberá permitir una rápida y fácil evacuación de los residuos de la cámara de almacenamiento hacia una zona de servicio en la vivienda. Es importante que dichos residuos puedan evacuarse sin atravesar los ambientes internos de la vivienda, para lo cual, se usa un ducto de evacuación hacia un contenedor, que debe ubicarse en el primer nivel de la vivienda, y centralizar allí todos los residuos.
- Criterio de orientación: Es importante ubicar la zona de servicio hacia la parte más soleada de la vivienda, con el objetivo de recibir el calentamiento solar en la cámara. Ello permitirá el calentamiento de las excretas y su rápido proceso de secado.
- Criterio de adaptación al terreno y al nivel de edificación: Si se trata de terrenos en pendiente, el diseño puede aprovecharla diferencia de cotas entre el ingreso al BES y la evacuación de los residuos. En lo posible debe existir una diferencia de cotas de 0.80 m. Una alternativa es usar el descanso de la escalera para hacer ingreso al BES.
- Criterio de participación del usuario: La elección del modelo del BES tiene que estar sujeta a la directa participación de la población. La elección del tipo de eco-inodoro es también opcional y la deciden los usuarios.

### Uso del ecoinodoro

- Para el correcto funcionamiento del eco-inodoro, se debe evitar el ingreso de líquidos a las cámaras, pues la descomposición de la excreta se produce en ambiente aeróbico.
- El proceso de descomposición de las excretas es acelerado por la adición, después de cada uso del eco-inodoro, de una cantidad de mezcla secante.
- La mezcla secante a ser usada en los eco-inodoros es preparada a partir de tierra fina tamizada y seca, mezclada con cal viva (CaO) o ceniza.
- Se recomienda una proporción de  $\frac{3}{4}$  de tierra fina por  $\frac{1}{4}$  de cal para la mezcla, aunque esta proporción puede variar de acuerdo a los usuarios.

- Luego de su preparación, la mezcla secante debe empaquetarse en sacos y almacenarse en ambientes secos hasta el momento de su uso.
- Para el uso del eco-inodoro, se debe ubicar dentro del baño un depósito que contenga la mezcla secante. Por ejemplo, se llena un recipiente con cal y se mezcla con tierra colocada en cuatro recipientes del mismo tamaño. La mezcla se coloca en un depósito en el baño.
- Luego de cada uso del eco-inodoro, se debe aplicar la mezcla secante en cantidad suficiente para cubrir la deposición. Una cantidad equivalente a una taza (200 grs.) de mezcla secante por uso ha demostrado ser suficiente en eco-inodoros instalados.
- Cada 30 días, utilizando una vara, se debe remover y nivelar los excrementos dentro de la cámara. Después debe cubrirse la parte removida con mezcla secante.
- No se debe introducir el papel higiénico ni otros restos orgánicos en la cámara en uso ni en la de reposo.
- El eco-inodoro debe estar siempre tapado cuando no se use, para limitar la emanación de olores desagradables y la proliferación de insectos en el residuo

### **Modalidad de uso de los baños ecológicos secos.**

El eco-inodoro se instala y se coloca sobre dos cámaras composteras contiguas, (de 300 a 500 litros de capacidad cada una) de uso alterno; de tal manera que cuando se llena la primera cámara, debe moverse el eco-inodoro para poder usarse la segunda. Una vez llenada la segunda cámara, el contenido de la primera ya se habrá desecado y convertido en un residuo inocuo con aspecto de tierra seca y sin olor. Es recomendable un tiempo de maduración no menor de 6 meses de reposo en las cámaras.

### **Limpieza del ecoinodoro**

- Preparar una solución de hipoclorito de sodio, disuelta en agua en una proporción de 1/6 de agua, que se debe aplicar una vez por semana.
- Hacer un hisopo con un palo envuelto en un trapo o una esponja.
- Humedecer el hisopo (sin empapararlo) en la solución y frotar la superficie interior del eco-inodoro.
- Secar la superficie lavada con un paño limpio y seco. Es importante evitar que la solución ingrese a la cámara.

## Limpieza del urinario

- Al igual que en el caso de la taza, se debe preparar un hisopo con un trapo, mojarlo en una solución de desinfectante y frotar la superficie del urinario.
- Luego debe enjuagarse el urinario con agua.
- Repetir esta operación una vez por semana para evitar la formación de sarro en su interior.

## Material secante

El material secante es una mezcla de tierra con cal (CaO) o ceniza, en una relación de 3 a 1 para el primer caso ó de 3 a 2 se usa ceniza, su función es la de absorber la humedad de la excreta, la misma que en condiciones normales tiene un 75% de humedad; la cal deshidrata la excreta, eleva la temperatura y destruye los agentes patógenos; a mayor tiempo de contacto de la excreta con este compuesto, más efectiva será la destrucción de éstos.

El funcionamiento adecuado de los baños ecológicos secos, requiere la disposición de las excretas sólidas en cámaras cerradas con flujo de aire, para permitir la descomposición aeróbica de la materia orgánica; así como la proliferación de bacterias aerobias (nitrificantes, heterótrofas, etc.) y poder reducir la presencia de bacterias anaerobias patógenas. Para acelerar el proceso de descomposición y estimular el incremento de bacterias aerobias, se debe aplicar una mezcla secante inorgánica sobre las excretas cada vez que los eco-inodoros sean usados. La mezcla secante incluye tierra de chacra tamizada y cal (CaO). La proporción recomendada de excretas y de mezcla secante dentro de los eco-inodoros es de 1 a 1. Cabe mencionar que la excreta humana puede contener aproximadamente 80 litros de agua, la cual es evaporada durante el proceso de maduración, cuyo resultado puede presentar un alto contenido de inertes y bajo contenido orgánico en el residuo final.

## Autogestión comunitaria del sistema

Una vez concluido el proyecto y de acuerdo a lo establecido con los usuarios, el mantenimiento del sistema pasa a ser responsabilidad de la comunidad, dicho mantenimiento comprende la realización de tareas, como: la de la recolección de la excreta seca tratada, que se realiza después de que la segunda cámara está llena, lo que significa un promedio de 1.5 años por cámara; el tratamiento de los atrapa grasas, que debe hacer cada 15 días; la limpieza de los biofiltros cada 6 meses y el mantenimiento y limpieza de las redes externas colectoras cada 6 meses.

## 4.5. Sistemas sanitarios basados en la descomposición (composta)

La composta es un proceso biológico sujeto a condiciones controladas en el que las bacterias, los gusanos y otro tipo de organismos descomponen las sustancias orgánicas para producir humus; un medio rico y estable donde las raíces se consolidan fácilmente. En un sanitario compostero se deposita la excreta humana y otros materiales orgánicos —pedazos de verduras, paja, turba, aserrín y cascaras de coco en una cámara de tratamiento donde los microorganismos del suelo se encargan de descomponer los sólidos, como sucede finalmente en un ambiente natural con todos los materiales orgánicos.

Para lograr condiciones óptimas para la composta, se debe controlar la temperatura, la circulación de aire y otros factores. El humus que se produce en el proceso es un excelente acondicionador de suelos, libre de patógenos humanos, pero esto depende de lograr las condiciones adecuadas y que el material se almacene durante el tiempo necesario en el digestor. De producirse mal olor, puede extraerse por medio de sistema de ventilación que lo lleve hacia y por encima del techo. En un sanitario de composta se tratan de alcanzar las condiciones óptimas para la descomposición biológica. Esto quiere decir que, para mantener las condiciones aeróbicas, tiene que circular suficiente oxígeno en el material acumulado; la cámara de composta debe tener de 50 a 60% de humedad, debe alcanzarse una relación carbón-nitrógeno de 15:1 a 30:1, y la temperatura debe estar por encima de 15°C.

Una gran diversidad de organismos contribuye a la descomposición de las heces y otros materiales en el sanitario de composta. Varían en tamaño, pues van desde virus, bacterias, hongos y algas hasta gusanos e insectos. Todos ellos juegan un papel importante para mezclar, airear y descomponer el contenido del material apilado en la cámara de tratamiento: su actividad es positiva y hay que mantenerle. Incluso se pueden colocar lombrices de tierra en el sanitario: si el medio les favorece, se multiplican, hacen orificios en el material de composta y consumen olores y materia orgánica, transformándolos en suelo orgánico enriquecido.

En general, consideramos que los sistemas de composta podrían beneficiarse con la desviación de orina, sin embargo, la mayoría de ejemplos de sanitario de composta no lo hace. Para la creación de condiciones favorables a la composta, usualmente se siguen diversas estrategias para la separación de la orina de las heces y otros materiales, después de que éstas se han mezclado en la cámara de tratamiento. Debido a que la orina se contamina con patógenos después de estar en contacto con las heces, resulta problemático utilizarla como fertilizante directo, por lo que debe recibir un manejo distinto. Algunos sistemas de composta dejan que el líquido separado se filtre al suelo, mientras que otros optan por la evaporación. No obstante que se pierde mucho del nitrógeno de la orina en los sistemas de composta, el humus, o composta resultante, retiene otros nutrientes y es un acondicionador de suelo muy valioso.

## Lombrices de tierra

Siempre se ha visto bien la idea de utilizar lombrices de tierra para producir composta éstas deben formar parte importante de la ecología de la composta de excreta humana. No obstante, durante quince años las lombrices de tierra se resistieron a vivir en la composta, pues era evidente que las condiciones no las favorecían. Así que se incrementó la humedad utilizando agua y las nuevas condiciones de humedad sí fueron favorables pues se reprodujeron de manera asombrosa. En tres meses se pueden reproducir en miles.

## ¿Cómo garantizar que funcione el saneamiento ecológico?

Los sistemas de saneamiento ecológico descritos no son conocidos ampliamente, ni entendidos de modo cabal. No pueden utilizarse sin una comprensión absoluta de su funcionamiento y de sus problemas potenciales. Tienen varias características poco familiares, como la taza desviadora de orina y las losas para acucillarse, que por sí mismas nos cuestionan sobre el grado de aceptación cultural. Además, requieren de una mayor promoción, apoyo, educación y capacitación que las letrinas convencionales, los VIP (letrina ventilada mejorada) y los inodoros.

Se ha aprendido mucho de los sistemas de saneamiento ecológico a partir de las unidades que hasta el momento se usan en todo el mundo.

Quizás el aspecto más desconocido del saneamiento ecológico es que requiere del manejo, a nivel casero, de los productos. En diversas partes del mundo ya se han manifestado voces que nos advierten sobre la aceptación cultural y sanitaria de este manejo. Si bien en algunas culturas se acepta el manejo de excreta humana (culturas coprofílicas), otras lo consideran aberrante y ritualmente contaminante (culturas coprofóbicas). La mayor parte de las culturas están, quizá, entre estos dos extremos y la experiencia nos muestra que si los sistemas eco-san son bien llevados, la gente, por sí misma, se libera de prejuicios. De todos modos no debemos presuponer la reacción de ciertas culturas, sino hacer pruebas prudentes y calibrar la reacción.

Un segundo aspecto cultural que es causa de discusión, es si las tazas se usarán apropiadamente en culturas donde el lavado anal es regla y mandamiento tradicional y religioso. Se asume que en estas culturas se requeriría siempre que los/as usuarios/as se laven sobre la taza, y que esta agua agregada alterarían el delicado proceso que se lleva a cabo adentro de la cámara. Esta preocupación puede superarse, de nuevo, a través de un mayor conocimiento acerca de dónde se usan estos sistemas.

Los escépticos claman con frecuencia que los sistemas eco-san son inferiores como alternativa: olerán, se mosquearán y además no son compatibles con los parámetros de la vida moderna. En muchas culturas el sanitario se ubica lejos, fuera de la casa, atrás del jardín, cerca del chiquero, tiene un mal acabado, de color oscuro y no se mantiene limpio. Este tipo de sanitario, de normas deficientes, le ha dado

a los sistemas eco-san una imagen justamente cuestionable. Es una preocupación válida, pues los sistemas eco-san son más susceptibles al mal diseño y manejo que las letrinas convencionales. Si no están diseñadas y se manejan adecuadamente, tomando en cuenta la naturaleza, la cultura y el proceso, pueden ser desagradables y no alcanzar el propósito de protección sanitaria y del medio ambiente para el que fueron diseñadas.

## IV. Recreando conocimientos

El/la facilitador/a pide a los/as participantes que conformen 2 grupos. Al primer grupo le solicita que dibujen un baño ecológico seco conjuntamente con los materiales que se requieren para realizar su limpieza.

Al grupo 2 les pide que trabajen las ventajas y desventajas de la utilización de un baño ecológico seco.

Finalmente, solicita a los grupos que expongan el trabajo realizado. Durante la presentación se refuerza la presentación y se enriquecen los conocimientos revisados en la unidad 4.

Para realizar esta tarea se asigna a los grupos un tiempo de 45 minutos.



## EN POCAS PALABRAS...

### UNIDAD 4

Las prácticas de saneamiento que actualmente se promueven son de dos tipos: Flujo y descarga y caída y depósito

El flujo y descarga es considerada como tecnología ideal especialmente para las áreas urbanas. El sistema de caída y depósito consiste en una letrina convencional donde se deposita excreta humana por tiempo indeterminado. A este sistema se le considera como solución temporal inferior, comparada con el sistema de flujo y descarga. La tecnología de flujo y descarga se puede operar aceptablemente y alcanzar un nivel razonable de destrucción de agentes patógenos. Sin embargo, en el mundo en desarrollo las aguas negras se descargan a gran escala directamente al ambiente, sin tratamiento alguno. La descarga de aguas negras proviene de sistemas de drenaje convencional y es la mayor causante de contaminación del agua en todo el planeta.

**Flujo y descarga:** Una persona puede descargar, en un año 15.000 litros de agua pura, unos 400-500 litros de orina y uso 50 litros de heces. A esto se agrega unos 15.000-30.000 litros persona/año de las llamadas aguas grises o jabonosas; de esta manera el proceso de flujo y descarga constituye en un grave problema.

Si bien las tecnologías de caída y depósito pueden evitar la contaminación en ciertos casos, en las áreas urbanas no son adecuados ya que requieren de espacio para las cámaras de tratamiento, además deben sujetarse a la condición del suelo y los mantos freáticos, ya que pueden crear inestabilidad en los cimientos cercanos y provocar olores desagradables.

**Caída y depósito:** Este sistema puede ser muy simple y relativamente barato, pero tiene muchas desventajas, no pueden usarse en absoluto en áreas muy pobladas, en suelos rocosos, donde los mantos freáticos son casi superficiales y en áreas que se inundan periódicamente. Este sistema requiere de acceso al suelo, un espacio abierto de tamaño razonable, suelo que pueda ser cavado, un nivel profundo de los mantos acuíferos y de un sitio que nunca sufra inundaciones.

Tres enfoques del Saneamiento: 1) Convertir a la excreta humana en material seguro, 2) Prevenir la contaminación, 3) Usar en la agricultura los productos seguros de la excreta humana saneada.

Este enfoque también llamado “saneamiento ecológico” o eco-san es un sistema cíclico cerrado que considera a la excreta humana como un recurso. El saneamiento ecológico devuelve a la naturaleza la orina humana saneada y las heces al suelo.

Modos para recuperación de la orina: Desviación, separación y combinación de ambas.

La desviación consiste en la conducción de la orina separada de las heces. La separación cuando la orina y las heces ya están mezcladas y requiere separarlas.

Proceso combinado la orina y las heces están revueltas, y se utiliza este recurso estando mezcladas.

Características del Saneamiento Ecológico: la prevención de la contaminación y las enfermedades causadas por la excreta humana.

Cuáles son los criterios del saneamiento ecológico:

- Prevención de enfermedades
- Accesibilidad
- Protección Ambiental
- Aceptable
- Simple

La realización de una visión de saneamiento ecológico y la aplicación de estos criterios requiere de la comprensión del saneamiento como sistema. Los elementos principales de este sistema son: naturaleza, sociedad, proceso y aparato, los criterios son simples pero esta asimilación requieren un cambio profundo de nuestra definición de saneamiento.

Sanear y Reciclar: El criterio del saneamiento ecológico es que el sistema forme una barrera en contra de la difusión de enfermedades causadas por agentes dañinos (patógenos) en la excreta humana. Se ha concluido que los métodos secos, especialmente los basados en la deshidratación, parecen matar de manera más efectiva a los patógenos, cuando se los compara con los métodos comunes.

Cómo se mueren los agentes patógenos: Después de que son excretados al ambiente, casi todos, mueren, sin embargo ciertos organismos se conservan vivos y son capaces de causar una enfermedad. El tiempo que les toma morir a los organismos del mismo tipo se conoce como mortandad. Esa tasa es distinta para cada tipo de organismo. Las condiciones consideradas como determinantes en la tasa de mortandad son: temperatura, humedad, nutrientes, otros organismos, luz, sol, pH. Por ejemplo, si la temperatura se incrementa, los patógenos morirán más rápido. En efecto, en verano, 99% de coliformes fecales (bacterias usuales en las heces) morirán aproximadamente en dos semanas, mientras en invierno les llevará tres semanas.

Reciclaje: ¿cómo regresar nutrientes al suelo?

El saneamiento ecológico considera que la excreta humana es un recurso a ser reciclado en vez de un desperdicio para desecharse. El uso de excreta humana como fertilizante para cultivos es usual en muchas regiones del planeta.

Los nutrientes recuperados de la excreta humana pueden usarse para mejorar la producción en horticultura y agricultura en jardines caseros y granjas, en áreas urbanas y rurales. Para reciclar el excremento humano se han desarrollado diversas letrinas composteras.

Saneamiento Ecológico: Prácticas Tradicionales e Ideas Nuevas.

Sistemas sanitarios basados en la deshidratación: En un sanitario seco se deshidrata el contenido que cae en la cámara de tratamiento; esto se logra con calor, ventilación y la adición de material secante.

El baño ecológico seco como unidad básica de la gestión ECOSAN: Es un módulo higiénico que tiene los siguientes accesorios básicos para la instalación: El eco inodoro, las cámaras de secado y el contenedor.

Como se diseña el baño ecológico seco: Hay que considerar los siguientes criterios.

Criterio de fácil funcionalidad: El BES deberá permitir una rápida y fácil evacuación de los residuos de la cámara de almacenamiento hacia una zona de servicio en la vivienda.

Criterio de orientación: Es importante ubicar la de servicio hacia la parte más soleada de la vivienda con el objetivo de que los desechos se descompongan rápidamente.

**Criterio de adaptación al terreno y al nivel de edificación:** Si se trata de terrenos en pendiente, el diseño puede aprovechar la diferencia de cotas entre el ingreso al BES y la evacuación de los residuos.

**Criterio de participación al usuario:** La elección del modelo del BES es de los usuarios.

**Uso del eco inodoro:** Para el correcto uso del eco inodoro, se debe evitar el ingreso de líquidos a las cámaras. La mezcla secante a ser usada es preparada por tierra fina tamizada y seca, mezclada con cal viva o ceniza. Luego de cada uso del eco inodoro, se debe aplicar la mezcla secante en cantidad suficiente para cubrir la deposición. Cada treinta días, utilizando una vara, se debe remover y nivelar los excrementos dentro de la cámara. Después debe cubrirse la parte removida con mezcla secante. No se debe introducir el papel higiénico ni otros restos orgánicos en la cámara en uso ni en la de reposo. El eco inodoro debe estar siempre tapado cuando no se use, para limitar la emanación de olores desagradables y la proliferación de insectos en el residuo.

**Uso de los baños ecológicos secos:** Se coloca sobre dos cámaras composteras contiguas, de 300 a 500 litros de capacidad cada una, de uso alterno; de tal manera que cuando se llena la primera cámara, se cuenta con la segunda cámara para su uso.

**Limpieza del eco inodoro:** Se requiere una solución de hipoclorito de sodio, disuelta en agua en una proporción de 1/6 de agua, el mismo se aplica una vez por semana, a través de un hisopo utilizar en la superficie del interior del eco inodoro. Es importante que la solución nunca ingrese a la cámara.

**Limpieza del urinario:** Utilizando un hisopo con una solución desinfectante se frota la superficie del urinario una vez por semana para evitar la formación de sarro.

**Material secante:** Es la mezcla de tierra con cal o ceniza, su función es absorber la humedad de la excreta, la cal deshidrata la excreta, eleva la temperatura y destruye los agentes patógenos.

**Autogestión comunitaria del sistema:** El mantenimiento del sistema es responsabilidad de cada usuario/a.

**Sistemas Sanitarios basados en la descomposición (Composta):** Es un proceso biológico sujeto a condiciones controladas en que las bacterias, los gusanos y otro tipo de organismos descomponen las sustancias orgánicas para producir humus. En un sanitario compostero se deposita la excreta humana y otros materiales orgánicos-pedazos de verduras, paja,

turba, aserrín y cascaras de coco en una cámara de tratamiento donde los microorganismos del suelos se encargan de descomponer los sólidos. Para lograr las condiciones óptimas, se debe controlar la temperatura, la circulación de aire y otros factores. El humus que se produce es un excelente acondicionar de suelos, libre de patógenos humanos, en un sanitario de composta se tratan de alcanzar las condiciones óptimas para la descomposición biológica. En general, consideramos que los sistemas de composta podrían beneficiarse con la desviación de orina, sin embargo, la mayoría de ejemplos de sanitario de composta no lo hace. Para la creación de condiciones favorables a la composta, usualmente se siguen diversas estrategias para la separación de la orina de las heces y otros materiales, después de que éstas se han mezclado en la cámara de tratamiento.

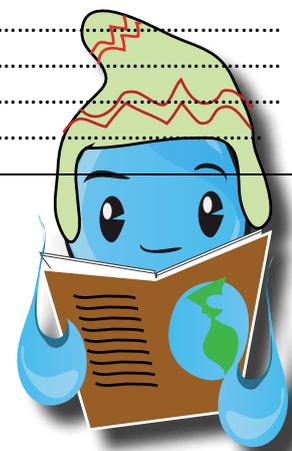
**Lombrices de tierra:** Utilizar lombrices de tierra es importante para la ecología de la composta de excreta humana. **Funcionamiento del sistema de saneamiento ecológico:** Requieren de una mayor promoción, apoyo educación y capacitación que las letrinas convencionales, el aspecto más desconocido del saneamiento ecológico es que requiere del manejo, a nivel casero, de los productos. En diversas partes del mundo ya se han manifestado voces de aceptación cultural y sanitaria de este manejo, en otras culturas no hay todavía aceptación, sin embargo entre estos dos extremos y la experiencia nos muestra que si los sistemas eco-san son bien llevados, la gente, por sí misma, se libera de prejuicios.

# VI. Aplicando conocimientos



En base en los conocimientos adquiridos en esta unidad, le invitamos a responder las siguientes preguntas. Marque X si su respuesta es SÍ o NO y redacte un breve resumen a partir de la pregunta 5.

UNIDAD 4: SANEAMIENTO ECOLÓGICO	SÍ	NO
1¿Considera como una opción el sistema de saneamiento ecológico para el manejo de las excretas?		
2¿Para un uso correcto del eco inodoro se debe evitar que ingrese líquidos a las cámaras?		
3¿El baño ecológico seco requiere limpieza?		
4¿El baño ecológico está diseñado para separa la orina de las heces?		
5¿Qué practicas de saneamiento usted conoce? Enumere cada una y describa un pequeño resumen. ..... ..... ..... ..... .....		
6 Mencione los tres enfoques del saneamiento. ..... ..... ..... ..... .....		
7 ¿Qué criterios se utilizan para el diseño del sanitario ecológico? ..... ..... ..... ..... .....		





## Glosario

**ABREVADERO:** Lugar para abastecimiento de agua para animales

**AEROBIO:** Ser vivo que necesita del aire para subsistir.

**ACUÍFEROS:** Que lleva o contiene agua, conjunto de terrenos que contienen agua en un determinado nivel del subsuelo.

**ACUÁTICOS:** Perteneciente al agua, que vive en el agua.

**AGUAS RESIDUALES:** El agua luego de ser usada por una comunidad o industria que contienen material disuelto y en suspensión.

**ANAEROBIO:** Condición de ausencia de aire u oxígeno libre.

**BIOTA:** perteneciente o relativo a los seres vivos.

**BIOTRATABILIDAD:** Tratable desde el punto de vista biológico.

**BIODEGRADABLES:** Que son degradables por acción de microorganismos en el suelo, cuerpos receptores o procesos de tratamiento de aguas residuales.

**COLECTOR:** Canal o conducto que recoge las aguas, colecta o recoge.

**COLOIDAL:** Cuerpo disgregado en un líquido que aparece como disuelto en él.

**COLMATACIÓN:** colmar, llenar algo hasta los bordes.

**DESECHO:** Residuo, expedido o arrojado.

**DILUCIÓN:** Efecto de diluir una sustancia en otra, dando como resultado final, una concentración menor de un parámetro en la solución.

**DRENAJE:** Acción y efecto de drenar. Circulación de los hidrocarburos desde la balsa natural en la que se encuentran hasta los pozos de los que se extrae.

**DESANERACIÓN:** Proceso de retiro o evacuación de arena de las aguas residuales.

**EFLUENTE:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

**EUTROFIZACIÓN:** Proceso de deterioro de lagos y embalses, causado por la presencia excesiva de nutrientes.

**FENOLES:** Desinfectantes.

**FISIÓN:** segmentación, división reiterada de la célula, huevo de los animales y plantas.

**FREÁTICO/A:** Se dice de las aguas subterráneas acumuladas sobre una capa impermeable y que pueden aprovecharse mediante pozos. Se aplica a la capa de subsuelo que contiene en las aguas.

**MAYORACIÓN:** Incremento de valor en variables que se produce por efectos de seguridad.

**NAPA FREÁTICA/O:** Nivel de agua subterránea.

**PERCOLACIÓN:** Paso de un líquido a través de un medio poros.

**PARÁMETRO:** variable que se tiene en cuenta en el planteamiento o análisis de una cuestión.

**SEPTICIDAD:** Condición de agua residual en relación a oxígeno después de un tiempo bajo condiciones determinadas.

**VERTEDERO:** lugar en el que o por el que, se arrojan escombros, desperdicios, aguas residuales.





## Bibliografía

Universidad de Cuenca. Facultad de Ingeniería. Apuntes de cátedra. Cuenca-Ecuador, 1980-1 999.

Arruda Pessoa, Constantino / Pacheco Jordao, Eduardo. "Tratamiento de esgotos domésticos." Brasil, 1982.

Colegio de Médicos del Azuay. El Ateneo. Cuenca-Ecuador, 1992.

Departamento de Sanidad del Estado de New York. "Manual de tratamiento de aguas negras". USA, 1962

ETAPA. "Especificaciones técnicas de diseño de redes de alcantarillado para la ciudad de Cuenca". Planes maestros. Ecuador, 1986.

Gamrasni, M. A. "Aprovechamiento agrícola de aguas negras urbanas". Francia, 1985.

Gandur Dacach, Nelson. "Saneamiento básico". Brasil, 1984.

Gobierno de México. "Manual de saneamiento". México, 1978.

Gloyna, Earnest E. Estanques de estabilización de aguas residuales. Suiza, 1973.

González, Vicente. Sistematización "Alcantarillado condominial y depuración del vertido" CAMAREN, Ecuador, 1998.

INEC. "Atlas de la morbilidad de la población ecuatoriana". Azuay - Ecuador, 1997.

Metcalf & Eddy. "Wastewater Engineering Treatment Disposal". Reuse (Third Edition).USA, 1991.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Subsecretaría de Saneamiento Ambiental.

"Normas y guías de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, eliminación de excretas y residuos líquidos en el área rural". Ecuador, 1993.

OPS/OMS. "Curso Redes de alcantarillado de pequeño diámetro". Universidad de Cuenca y ETAPA. Cuenca-Ecuador, 1997.

Pelczar, Michael J. Jr. / Chan E.C.S. / KriegNoel R. Microbiology. USA, 1986.

Proyecto WASHED. "Manual de operación y mantenimiento de sistemas rurales de disposición de excretas". Ecuador, 1995.

Rivas Mijares, Gustavo. "Tratamiento de aguas residuales". Venezuela, 1978.

Rybczynski, Witold y otros. "Low cost technology options for sanitation. A state of the art review and annotated". Bibliography.Canadá, 1978.

Sawyer-McCarty. "Chemistry for environmental engineering".USA, 1996.

Silva, Salomao Anselmo / Duncan Mara, David. "Tratamientos biológicos de aguas residuarias". Brasil, 1979.

Sincero, Arcadio P. "Environmental engineering. A design approach". USA, 1996.

Subsecretaría de Saneamiento Ambiental. Normas. Quito - Ecuador, 1993.

World Bank. "Wastewater irrigation in developing countries".USA, 1986.

Yáñez C, Fabián. "Lagunas de estabilización". Ecuador, 1993.

Winblad (edit.), Steven Esrey, Jean Gough / DaveRapaport / Ron Sawyer /Mayling Simpson-Hébert /Jorge Vargas. "Saneamiento Ecológico- Uno"

Elizabeth Tilley, Christoph Lüthi /Antoine Morel /Chris Zurbrügg y Roland Schertenleib. "Compendio de metodologías y tecnologías de Saneamiento".



