



INTI



SISTEMAS DE SANEAMIENTO SECO CON SEPARACIÓN DE ORINA (BAÑO SECO)

PROGRAMA DE TECNOLOGÍAS SUSTENTABLES
GERENCIA DE PROYECTOS ESPECIALES

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL

MANUAL TÉCNICO
AÑO 2016

“Entre los Aztecas existía la diosa Tlazolteotl quien era la diosa de la caca, la fertilidad y las inmundicias. Ellos cuando se referían al oro lo llamaban caca divina.”



Imágenes del museo de México

Documento en estudio
Manual Técnico

Sistemas de saneamiento seco con separación de orina (baño seco)

Gerencia de Proyectos Especiales
Programa Tecnologías Sustentables
www.inti.gob.ar

Secretaría de Determinantes y Relaciones Sanitarias
Subsecretaría de Relaciones Sanitarias e Investigación
Dirección Nacional de Determinantes de la Salud e Investigación
www.msal.gov.ar

banoseco@inti.gob.ar

AUTORES DEL MANUAL

Marina Fernandez Curutchet
Dominik Hock
Federico Dabbah
Hernán Escudero

DISEÑO EDITORIAL

Sebastián Pérez

AGRADECIMIENTOS

Jorge Schneebeli, INTI - Gerencia de Proyectos Especiales

Gabriel Vaccaro, INTI - Agricultura Familiar
Alexis Zapata, INTI - Acústica

Guillermo Garrido, INTI – Córdoba
Eliana Bernocco, INTI – Córdoba
Leandro Rueda, INTI – Córdoba
German Maurigh, INTI – Córdoba
Violeta Silbert, INTI – Córdoba
Silvia Ermeninto, INTI – Córdoba

Virginia Brillarelli, INTI – San Martín de los Andes

Justina Garro, INTI – Ambiente
Fanny Flesler, INTI – Ambiente
Sergio Sarlinga, INTI Ambiente

Ernesto de Titto, Ministerio de Salud de la Nación
Ricardo Benitez, Ministerio de Salud de la Nación
Silvia Rivero, Ministerio de Salud de la Nación
Martha Yuse, Ministerio de Salud de la Nación

Universidad Nacional de Córdoba
Universidad de Buenos Aires
Escuela Técnica en Energías Renovables, EPET 21

Administración Parques Nacionales

Zona Sanitaria 4, San Martín de los Andes
Organismo de Control Sanitario, Municipio de San Martín de los Andes
Biblioteca Nacional Mariano Moreno
Mauro Ezequiel Nieto, Biblioteca del Congreso de la Nación
Rubén Altamirano, Biblioteca Agustín González, Agua y Saneamientos Argentinos S.A.

Gerardo Mesquida, El Telar Ingeniería
Alejandra de Bonis e Ignacio Ferrería, Barrio Intercultural Comunidad de Cambio
Gustavo Ramírez, Asociación Gaia
Isabel Donato, Rubén Ayala, Ecobarrio San Miguel
Martín Monti, Tandil
Pablo Mascaro y Natalia Galeano, Taller Abierto
Huerta Rururbana de Villa Bosch
Asamblea no a la entrega de la Costa Quilmes Avellaneda. Reserva Natural

Die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Alemania
UNICEF, Bolivia
Organización Mundial de la Salud, Argentina

PRIMERA EDICIÓN: DICIEMBRE 2015

Instituto Nacional de Tecnología Industrial
Colectora de Avenida General Paz 5445 entre Albarelos y Avenida de los Constituyentes
Casilla de correo 157 B1650KNA
San Martín, República Argentina
Teléfonos (5411) 4724-6200 / 6300 / 6400
Correo electrónico: consultas@inti.gob.ar

Palabra inicial del Ministerio de Salud

La falta de agua potable y cloacas genera serios problemas sanitarios y tiene una alta incidencia sobre la mortalidad infantil, por lo que garantizarle ambos servicios a la población resulta de vital importancia.

En nuestro país los porcentajes de cobertura (83% en agua y 49% en cloacas) evidencian un aumento del 4% y 6%, respectivamente, con relación a los datos censales del año 2001, (Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua de la Universidad de Buenos Aires –UBA–).

Pero en relación al tratamiento de las excretas, no todo pasa por la existencia de redes cloacales, sino que existe un importante número de sistemas capaces de llevar a cabo un manejo adecuado y sanitario de estos efluentes.

Los denominados baños ecológicos secos familiares y comunitarios constituyen una de las tecnologías apropiadas para la disposición, aislamiento, almacenamiento y tratamiento de las excretas. El diseño surge de la concepción de prevención de enfermedades y la protección del ambiente. Constituyen una barrera física primaria en la transmisión de las parasitosis, ya que en las cámaras de aislamiento que poseen, tiene lugar el proceso de desactivación y mortalidad de patógenos.

El sanitario ecológico seco es una tecnología apropiada, viable, pertinente y accesible económicamente. Culturalmente puede generar algún tipo de resistencia, por lo que la tarea de educación sanitaria y la capacitación técnica para su correcto uso indefectiblemente deben concurrir en forma paralela.

Los problemas de rechazo y manejo inadecuado de las unidades se deben a un incorrecto proceso de interacción entre la tecnología y el usuario, de aquí la necesidad de generar cambios en el comportamiento relacionado con la eliminación y disposición de excretas y en el uso y mantenimiento del sanitario.

El sanitario ecológico seco es una opción saludable porque puede transformar las excretas humanas potencialmente dañinas en una materia inocua para la salud. Aprovecha del medio ambiente los ciclos biológicos para tratar las excretas humanas, lo que la hace una tecnología sustentable cuya construcción y operación es de bajo costo.

El Baño Seco propone un acercamiento holístico hacia un saneamiento ecológico y económicamente prudente. Está basado en el principio del reciclaje, a través del aprovechamiento y recuperación completa de todos los nutrientes de las heces, orina y otros efluentes domésticos para beneficio de la agricultura y la minimización de la contaminación del agua. -

En la actualidad existen experiencias exitosas desarrolladas en México, China, Alemania, Guatemala, España, Dinamarca, Chile y Venezuela.

Desde la Salud Ambiental, cuyos principios están basados en la minimización de los riesgos asociados a déficits de la calidad ambiental, así como a la carencia de servicios básicos, alternativas como la de los baños secos constituyen herramientas que deben promocionarse con el fin de proteger la salud y ayudar a la prevención de las enfermedades asociadas a los efluentes domésticos.



Dr. ERNESTO H. de TITTO
DIRECCION NACIONAL DE DETERMINANTES
DE LA SALUD E INVESTIGACION

El presente documento fue elaborado en función de una serie de trabajos científicos realizados mundialmente: lejos de ser traducciones literales, estas investigaciones han sido adaptadas a la coyuntura nacional. Para facilitar posteriores búsquedas de información por parte de cualquier interesado, al final de cada título se incorpora un número que refiere al documento de donde se obtuvo la información.

A continuación, se listan los documentos que fueron utilizados como referencia principal; para las referencias bibliográficas completas, remitirse al apartado bibliográfico del documento.

1. GIZ, Technology Review of UDDTs, 12-2012
2. GIZ, Technology Review of UD Components, 05-2011
3. Caroline Höglund, Evaluation of microbial health risks, 2001
4. EcoSanRes, Guidelines in Ecological Sanitation Systems, 2004-01
5. EcoSanRes, Guidelines in crop production, 2004-02
6. OMS, Guidelines for safe use of wastewater, Vol. 1-4, 2006

Tabla de contenido

1. Introducción	12
1.1. Objetivos	12
1.2. Destinatarios ¹	12
1.3. Alcance ¹	12
1.4. Terminología ¹	12
1.5. Desarrollo histórico ¹	13
1.6. La situación actual en Argentina ¹	14
1.7. Beneficios de los baños secos	14
1.7.1. Ventajas de los diferentes tipos de baños con separación de orina ²	14
1.7.2. Ventajas adicionales ²	15
1.7.3. Sustentabilidad	15
1.7.4. Baños secos con separación de orina en áreas urbanas ²	15
1.8. Desafíos de sistemas con separación de orina	16
1.8.1. Aceptación social entre usuarios/as ²	16
1.8.2. Cooperación de usuarios/as ²	16
1.8.3. Reutilización / Disposición de orina ²	16
1.8.4. Precipitación de orina ²	16
1.9. Formas de defecar	17
2. Inodoros con separación de orina y mingitorios secos	18
2.1. ¿Por qué separar orina? ¹	18
2.2. Inodoros con separación de orina ²	18
2.2.1. Información básica de inodoros con separación de orina (UDT) ²	19
2.2.2. Inodoros secos con separación de orina	19
2.2.2.1. Información básica de diseño ¹	19
2.2.2.2. Baños secos con separación de orina de doble cámara de deshidratación ¹	20
2.2.2.3. Baños secos con separación de orina de simple cámara de deshidratación ¹	21
2.2.2.4. Baños secos con separación de orina de pozo ¹	21
2.2.2.5. Baños secos con separación de orina de cámara de compostaje ¹	22
2.2.2.6. Comparación entre baños secos con separación de orina ¹	22
2.2.3. Materiales de construcción ²	23
2.3. Mingitorios secos ²	23
2.3.1. Desarrollo histórico ²	23
2.3.2. Aceptación del usuario ²	24
3. Diseño de sistemas de saneamiento seco con separación de orina	25
3.1. Diseño de inodoros secos con separación de orina	25
3.1.1. Pautas para el diseño de sistemas con cámara simple de deshidratación ¹	25
3.1.2. Pautas para el diseño de sistemas de doble cámara de deshidratación ¹	26
3.1.2.1. Dimensionamiento de cámara dobles ¹	27
3.1.2.2. Ejemplo de cálculo ¹	27
3.1.3. Diseño para personas con discapacidad ¹	27
3.1.4. Diseño para niños/as ¹	28
3.1.5. Diseño de puertas de acceso ¹	28
3.1.6. Instalación	29
3.1.6.1. Fijación al suelo ¹	29
3.1.6.2. Minimización de los bloqueos en la sección de recolección de orina ¹	29
3.1.6.3. Pautas para el diseño de la cañería de orina ¹	29
3.1.6.4. Control de olores en la interfaz del usuario ¹	30

3.1.7. Diseño de sistemas de ventilación ¹	30
3.1.8. Trampas de moscas ¹	31
3.2. Diseño de mingitorios secos ²	31
3.2.1. Materiales ²	32
3.2.2. Convertir mingitorios con agua a mingitorios secos ²	32
3.2.3. Control de olores ²	32
3.2.4. Uso y mantenimiento de mingitorios secos ²	33
3.2.5. Proveedores y costos ²	33
4. Costos de baños secos con separación de orina	34
4.1. Costos iniciales ¹	34
4.2. Costos de operación y mantenimiento ¹	34
4.3. Baños secos con separación de orina de bajo costo ¹	35
4.4. Beneficios económicos ¹	36
5. Microorganismos patógenos^{2y4}	37
5.1. Rutas de transmisión ^{2y4}	37
5.2. Patógenos presentes en la orina ^{2y4}	38
5.3. Patógenos presentes en las heces ^{2 y 4}	39
5.4. Enfermedades relacionadas a sistemas de saneamiento ³	42
5.5. Transmisión de patógenos en la reutilización ³	42
5.6. Factores que influyen en la remoción de patógenos ⁴	43
6. Recolección, almacenamiento y tratamiento de orina	44
6.1. Funcionamiento del sistema de recolección de orina ¹	44
6.2. Cantidad de orina ²	44
6.3. Calidad de orina ²	44
6.3.1. Patógenos ²	44
6.3.2. Nutrientes ²	45
6.3.3. Micro contaminantes ²	45
6.4. Tratamiento de orina	46
6.4.1. Objetivos del tratamiento ²	46
6.4.2. Tratamiento durante el almacenamiento ²	46
6.4.3. Otras tecnologías de tratamiento ²	46
6.5. Sistemas de almacenamiento para orina ¹	47
6.5.1. Contenedores y tanques ¹	47
6.5.2. Vaciado de tanques de orina ¹	48
6.5.3. Control de olor de cañería y almacenamiento ¹	48
6.6. Transporte de orina ¹	49
6.7. Disposición de orina por infiltración ¹	49
7. Colección, almacenamiento y tratamiento de heces	50
7.1. Funcionamiento del sistema de recolección de heces ¹	50
7.2. Cantidad de heces ¹	50
7.3. Calidad de heces ¹	50
7.4. Tratamiento de heces	51
7.4.1. Objetivos del tratamiento en baños secos con separación de orina ¹	51
7.4.2. Tratamiento de heces	51
7.4.2.1. Procesos de tratamiento durante recolección y depósito ¹	51
7.4.2.2. Procesos de tratamiento durante el almacenamiento ⁴	52
7.4.2.3. Tratamiento térmico ⁴	54
7.4.2.4. Compostaje ⁴	55
7.4.2.5. Tratamiento alcalino ⁴	55
7.4.2.6. Incineración ⁴	57
7.5. Disposición de materia fecal	57
7.5.1. En sitio ¹	57
7.5.2. Alternativas de disposición en el sitio ¹	58
7.6. Material de limpieza y desperdicios en los almacenamientos ¹	58

7.7. Uso de materiales de cobertura ¹	58
8. Reutilización de orina como fertilizante en la agricultura.....	59
8.1. Recomendaciones de higiene-calidad para la reutilización segura de orina tratada ¹	59
8.2. Contaminación cruzada de orina con fecales ¹	59
8.3. Pautas de aplicación ¹	59
8.4. Hormonas y residuos farmacéuticos en orina ²	60
8.5. Análisis de la normativa relacionada ²	60
8.6. Uso alternativo ⁴	61
9. Reutilización de materia fecal como fertilizante en la agricultura/acuicultura.....	62
9.1. Microorganismos causantes de enfermedades en materia fecal ^{2y4}	63
9.2. Barrera para disminuir el riesgo en la reutilización de la materia fecal ^{3y4}	64
9.3. Pautas de aplicación ⁵	65
9.4. Pautas de seguridad ¹	66
9.5. Transporte de heces ¹	66
9.6. Recomendaciones para la reutilización segura de fecales ⁵	66
9.7. Reúso alternativo de heces ⁴	67
9.8. Acuicultura ⁴	67
10. Operación y mantenimiento	68
10.1. Uso correcto del inodoro ¹	68
10.2. Operación de rutina.....	68
10.2.1. Tareas diarias ¹	68
10.2.2. Limpieza de la cañería de orina ¹	68
10.2.3. Cambio de la cámara de deshidratación en los baños secos con separación de orina de doble cámara ¹	69
10.2.4. Vaciado de la cámara de deshidratación en los baños secos con separación de orina de doble cámara ¹	69
10.2.5. Cambio de contenedores en sistemas con cámara simple ¹	69
10.2.6. Vaciado del tanque de orina ¹	69
10.3. Mantenimiento constante ¹	69
10.4. Organización y método de proveedores de servicio ¹	69
10.5. Problemas comunes y soluciones ¹	70
11. Consideraciones adicionales	73
11.1. Manejo de agua de limpieza anal ¹	73
11.2. Aplicaciones en interiores ¹	73
11.3. Contenedor de material para cubrir ¹	73
11.4. Tacho de basura para artículos higiénicos ¹	73
11.5. Manejo de higiene menstrual ¹	74
11.6. Modificaciones para niños ¹	74
11.7. Lavamanos ¹	74
11.8. Integración de duchas ¹	74
12. Descripción de proyectos en ambientes diferentes	75
12.1. Instalaciones al aire libre ¹	75
12.2. Instalaciones en el interior ¹	75
12.3. Instalaciones en escuelas y el sector público ¹	75
12.4. Accesibilidad para gente discapacitada ¹	76
12.5. Baños secos con separación de orina móviles ¹	76
12.6. Baños públicos ¹	77
12.7. Inundaciones ¹	77
13. Conclusiones	78
14. Terminología y abreviaciones	79
14.1. Terminología	79
14.2. Abreviaturas.....	80
15. Documentos de Referencias	81
16. Enlaces a fuentes de imágenes	82
17. Índice de figuras.....	84
18. Índice tablas	85

Resumen

El presente documento trata un sistema de saneamiento diseñado específicamente para el manejo de excrementos secos, llamado baño seco con separación de orina. Este es un sistema de saneamiento aplicable a cualquier tipo de instalación (hogareña, industrial, pública, comunitaria, etc.). Las pautas de diseño funcionales que lo componen son las siguientes: separación desde el origen de la materia fecal y la orina, la operación sin agua, y cámaras ventiladas o contenedores para el almacenamiento y tratamiento de las heces. Los baños secos con separación de orina pueden ser construidos con dos cámaras de deshidratación adyacentes o una sola cámara con contenedores intercambiables. Esta publicación ofrece una descripción completa de las funciones de los baños secos, así como consideraciones de diseño, formas de operarlo, cuestiones vinculadas a su mantenimiento y costos generales de instalación. Esta tecnología es potencialmente aplicable a todo el país haciendo especial énfasis en los sectores donde no haya conexión a la red cloacal o tengan problemas de acceso al agua.

Algunos baños secos -con separación de orina- optan por incluir lombrices en la o las cámaras de deshidratación para la reducción del volumen a tratar y conformación de humus de lombriz. Un ejemplo de estos es el existente en la ecovilla Gaia en Navarro, Pcia. de Buenos Aires, experiencia que está en proceso de sistematización para ser incluida en la segunda versión del presente documento¹.

La tecnología de los baños secos con separación de orina fue promovida originalmente en conexión con el reutilizamiento seguro de las excretas, sin embargo, el foco primario de estos baños fue cambiando gradualmente hacia un objetivo más amplio: crear un inodoro que no emita olores, sea seco y versátil, de forma tal de poder aplicarlo en contextos geográficos y económicos diversos. Muchos ejemplos exitosos de la aplicación de esta tecnología como los de Lima, Perú; o el de Thekwini, Sudáfrica, prefieren deshacerse de las excretas una vez tratadas en vez de reutilizarlas.

La principal ventaja de los baños secos con separación de orina, comparadas con las letrinas secas convencionales, es la conversión de las heces en un material seco y sin olor. Esto lleva a un inodoro libre no sólo de aromas sino de insectos; sumado al hecho de que una vez que el contenedor de excretas se ha llenado, el manejo de las materias fecales es mucho más simple y menos ofensivo. Además, el riesgo de la polución acuífera se ve minimizado a través de la contención segura de las heces en cámaras enterradas, lo que también permite la construcción de estos inodoros en lugares donde los sistemas basados en pozos no son apropiados. De todas formas, cuando se las remueve del inodoro, las heces aún no están enteramente libres de patógenos, con lo que es obligatorio un manejo cuidadoso y responsable. En caso de dársele un reutilizamiento agrícola a las excretas, se requiere un tratamiento posterior para asegurar que estén saneadas para garantizar un manejo seguro.

Esta publicación provee guías exhaustivas para todos los componentes de un baño seco con separación de orina, cámaras de deshidratación, cámaras con contenedores intercambiables, y cañerías para la orina y sistemas de almacenamiento. También se incluyen posibles modificaciones para facilitar el uso por parte de niños y niñas, personas mayores y con capacidades diferentes. Además, todos los aspectos relevantes al manejo de excretas están descriptos incluyendo los puntos: tratamiento, disposición final, reutilizamiento y mantenimiento de los estándares de calidad de higiene.

Se hace énfasis también en innovaciones técnicas recientes que permiten que estos baños se integren en un rango más amplio de aplicaciones. El diseño de un banco, un tipo de interfaz que minimiza la necesidad de escaleras ascendentes hacia el baño, se presenta como una posible solución para instalaciones en interiores y un acceso libre de posibles barreras motoras.

Esta descripción además incluye soluciones a problemas frecuentes en la operación y manejo, tales como el bloqueo de las cañerías de orina, humedad en las cámaras de deshidratación y construcciones defectuosas.

Por otro lado, esta publicación busca hacer frente a un preconcepto frecuente, que es la idea de que los costos de la instalación de un baño seco con separación de orina son prohibitivos para los sectores más carenciados de la sociedad. Aquí se presentan alternativas de varios costos que intentan tomar ventaja de los materiales y capacidades disponibles localmente.

¹<http://www.gaia.org.ar/wordpress/wp-content/uploads/2016/03/UPP-Ba%C3%B1o-Seco-de-Humus-de-Lombriz.pdf>

1. Introducción

1.1. Objetivos

- Fundamentar la factibilidad del uso de sistemas de saneamiento seco en el país.
- Brindar soporte técnico científico para avanzar en la implementación de sistemas de baños con separación de orina.
- Describir las funciones, diseño y requerimientos operacionales de los sistemas de saneamiento seco.
- Analizar la prefactibilidad del reúso de orina y heces como fertilizantes obtenidos como productos de sistemas de saneamiento seco.
- Sentar las bases para futuros trabajos en la temática.

1.2. Destinatarios¹

Esta publicación está dirigida a:

- Usuarios domésticos.
- Tomadores de decisiones.
- Investigadores relacionados con la temática.

1.3. Alcance¹

Función, diseño, operación y costos de los baños secos (Inodoros y mingitorios secos) con separación de orina de doble cámara de deshidratación y de cámara simple de contenedores intercambiables y alternativas de reúso.

1.4. Terminología¹

El término "sistema de saneamiento seco" o en lenguaje popular también llamado "baño seco" es un inodoro que opera sin el uso de agua para la descarga de los excrementos (orina y heces). En este sentido se diferencia entre sistemas con o sin separación de orina. En ambos casos los excrementos caen juntos o en forma separada en un recipiente.

El término "baño ecológico" está muchas veces usado en vez de "baño seco con separación de orina" por su terminología simple. Este término implica que el usuario y/o la comunidad a largo plazo tiene que reutilizar los excretos tratados en sintonía con el más amplio concepto de un saneamiento ecológico. Sin embargo, nosotros consideramos la reutilización de las excretas como un beneficio adicional que no necesariamente está requerido para obtener una sustentabilidad.

De acuerdo con el Programa de Monitoreo Conjunto (JMP, por su sigla en inglés) de la UNICEF y la OMS (Organización mundial de la Salud), aproximadamente 2.500 millones de personas carecen de acceso a instalaciones sanitarias mejoradas, y 1.100 millones todavía defecan a cielo abierto. Además, aún falta difundir conocimiento y prácticas críticas de higiene, tales como el lavado de manos luego del uso del baño. En consecuencia, la ingestión de patógenos a través de comida y agua contaminada y la transmisión fecal-oral son una causa principal de enfermedades y muertes prevenibles, especialmente en niños/as menores de cinco años.

Los efectos de un saneamiento inadecuado, la carencia de higiene y las enfermedades diarreicas resultantes son dramáticos: en 2010, la OMS advirtió que el impacto de éstas es superior al del HIV/SIDA, malaria y tuberculosis combinadas.

Los pozos de letrina son comunes en países en desarrollo debido a su bajo costo y al hecho de que su operación es sencilla y no requiere de agua. Sin embargo, éstas pueden esparcir contaminación a los recursos acuíferos, especialmente en áreas urbanas y en aquellas zonas factibles de sufrir inundaciones. Además, se encarecen cuando se contemplan los costos del mantenimiento que remueva barros o excavaciones de nuevos pozos si no pueden ser vaciados. Como desventaja adicional suelen estar construidos fuera y lejos de la casa principal para evitar malos olores.

Por otra parte, el acceso limitado al agua y los costos elevados de la infraestructura, operación y mantenimiento necesarios hacen que el saneamiento basado en cloacas sea impracticable en muchas regiones. Los sistemas basados en agua diluyen las excretas y generan grandes volúmenes de efluentes cloacales que requieren la construcción de sistemas de tratamiento de alta tecnología y alto costo. Se estima que el 90% de las aguas negras en los países en vías de desarrollo se vierten en cuerpos acuíferos potables, por lo tanto, deben ser tratados antes de su descarga.

Las expectativas y actitudes en lo referente al saneamiento son muy variables e influenciadas por normas sociales y preferencias personales. Mientras que los/as expertos/as en saneamiento muchas veces hacen hincapié en los estándares de higiene, la reducción del impacto contaminante y la minimización del uso del agua, quienes usan los inodoros por lo general tienden a prestar más atención a la presencia de olores, insectos, privacidad, confort y el "prestigio" o "status" que confiere el uso o no de un inodoro seco.

El baño seco con separación de orina es un sistema que, desde fines de los 90, aparece como una alternativa viable a los pozos de letrina e inodoros con cadena en países en vías de desarrollo y desarrollados, respectivamente. Sin embargo, aún existen importantes barreras culturales (no así técnicas o sanitarias) que impiden una aceptación más universal de esta tecnología. Al día de hoy, los factores que operan contra la adopción de esta tecnología incluyen (pero no se limitan) la falta de conocimiento por parte del público en general sobre la existencia de esta tecnología, la escasez de componentes prefabricados necesarios para la construcción de baños secos con separación de orina, y el bajo interés en el financiamiento de estos servicios de saneamiento.

1.5. Desarrollo histórico¹

El uso de excretas humanas para la fertilización de plantas es un uso tradicional en muchos países del mundo. En Japón el reciclaje de la orina y de la materia fecal estuvo introducido en el siglo XII mientras que en China el compostaje de excretas humanas y de origen animal está conocido hace miles de años. En distintas ciudades de Suecia la recolección organizada y el transporte del producto final de letrinas para el uso agropecuario empezó durante el siglo XVIII.

Los primeros baños secos de los que se tenga registro fueron instalados en casas con varios pisos de pueblos de Yemen y se utilizaron por cientos de años. Los baños secos con separación de orina con doble cámara de deshidratación que conocemos actualmente se diseñaron originalmente en 1950 en el Laboratorio de Salud Pública de la prefectura de Kanagawa, Japón, y se desarrollaron aún más en 1960 en Vietnam, como una forma de incrementar la seguridad e higiene de la excreta reutilizada en la agricultura.

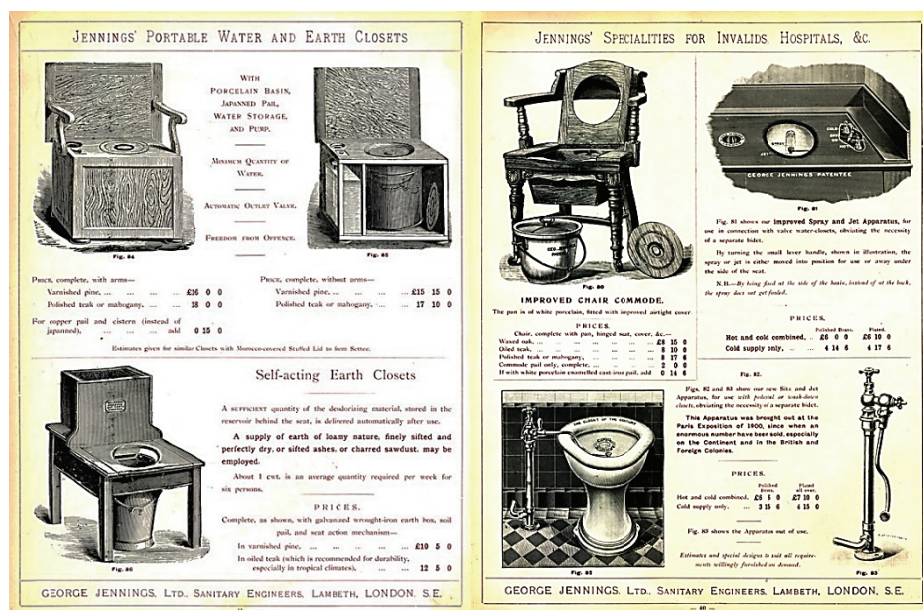


Figura 1: Mingitorios e Inodoros históricos

Desde 1990, se promovieron modificaciones de estos diseños en países como México, Guatemala, El Salvador, India y Suecia. Se integraron conductos de ventilación para las heces, con el objetivo de integrar los baños secos con separación de orina dentro de los hogares. Recientemente han aparecido materiales prefabricados vinculados a los inodoros con separación de orina, con lo que se aumenta no sólo la durabilidad de los materiales sino el prestigio asociado a este sistema. El diseño se adaptó aún más en India y África occidental, para permitir la limpieza anal con agua y un sistema separado que permite además de esa limpieza la recolección del agua en un sistema de tratamiento dedicado a eso.

Hacia el 2000, se empezó a promover en Ecuador y Perú el baño seco con separación de orina de banco, que es un diseño que permite que el usuario se siente directamente en la cámara. Este modelo se puede incorporar fácilmente en estructuras habitacionales ya existentes y se hizo popular en los diseños de interior.

Estos baños también se producen comercialmente en Suecia desde mediados de los '90, que por lo general están instalados en lugares donde no está disponible el saneamiento cloacal.

En 2001, el Instituto del Ambiente de Estocolmo inició el Programa EcoSanRes, que fue apoyado también por la GIZ (antes GTZ) con la creación de su programa Ecosan, estas dos organizaciones gubernamentales ayudaron a diseminar el conocimiento acerca de estas tecnologías y dispararon su promoción mundial.

Si bien no es posible determinar un número exacto de usuarios/as de baños secos en el mundo, en función de los proyectos conocidos en 84 países se puede estimar que la cifra ronda los dos millones de personas en todo el mundo.

1.6. La situación actual en Argentina¹

En Argentina, según el censo del 2010, el 48% de los hogares no tiene conexión a la red cloacal, se estima que hay potencialmente al menos 20 millones de personas ávidas de beneficiarse y beneficiar al ambiente con esta tecnología.

Total de hogares	A red pública (cloaca)	A pozo ciego	A hoyo, excavación en la tierra o sin retrete
12.171.675	6.473.354	5,182,755	515,566
100%	53.2%	42.6%	4.2%

Tabla 1: Tipo de desagüe del Inodoro en Argentina (CENSO 2010)

Actualmente no hay un censo oficial que indique la realidad de los baños secos con separación de orina en Argentina. Durante el trabajo de elaboración del presente manual hemos relevado experiencias en funcionamiento de esta tecnología en las provincias de Córdoba, Buenos Aires, Neuquén y Río Negro; y en paralelo, tenemos conocimiento de la aplicación de esta tecnología en otras 16 provincias que aún no han sido relevadas.

En la actualidad, en la Argentina hay varios casos exitosos de instalación y uso de un baño seco en las provincias de Río Negro, Córdoba y Buenos Aires. Un relevamiento inicial realizado a fines de 2015 a través de redes sociales reveló la existencia de al menos 200 baños secos en el país, con mayor o menor grado de sofisticación. Cabe agregar que estos son los casos que podemos afirmar a ciencia cierta que existen, pero seguramente existan muchos más cuya existencia desconocemos dada la facilidad para adoptar esta tecnología y el interés de un grupo social -asociable a los/as permacultores/as- en contar con ella.

En cuanto a América, existe información disponible de ejemplos funcionando en México, Colombia, Ecuador, Perú, Chile, Bolivia, Perú y Brasil.

1.7. Beneficios de los baños secos

1.7.1. Ventajas de los diferentes tipos de baños con separación de orina²

- Ahorro de agua: Los baños secos con separación de orina y uriniales secos no utilizan agua: en contrapartida, los inodoros comunes usan entre 3 y 12 litros por descarga y los uriniales de 1 a 4 litros. Los inodoros con separación de orina y descarga también pueden reducir el consumo comparándolos con los inodoros convencionales; esto sucede porque la descarga de orina usa un nivel bajo de agua, principalmente para lavar gotas de orina que puedan permanecer, así como papel higiénico usado (se estiman entre 0,5 y 2 litros, dependiendo del modelo).
- La recolección de orina puede ser usada, con un tratamiento previo, como fertilizante, lo que aumenta los rindes de la cosecha. La orina es un fertilizante líquido rico en nitrógeno y fósforo, lo que es de particular importancia para los/as granjeros/as de países en vías de desarrollo que no pueden costear fertilizantes minerales.
- Puede que en un futuro a mediano plazo sea necesario el reciclaje de fósforo a partir de la orina, y este proceso es mucho más sencillo si la orina se recolecta en estado puro y no mezclado con otras aguas grises. El fósforo es un elemento central en la producción agrícola, que o bien ya se encuentra en el suelo o se lo agrega mediante fertilizantes, que son producidos de depósitos de roca fosfática. Estos depósitos se están acabando: a los niveles actuales de explotación (que se incrementan un 3% por año), las reservas económicas de fósforo no durarán más de 50 años. Por ejemplo, las reservas viables económicas de los Estados Unidos se vaciarán en los próximos 25 o 30 años. Estas razones hacen que los esfuerzos tendientes al reciclaje de fósforo a partir de las excretas humanas y animales sean inevitables.
- Si existen preocupaciones por la posibilidad de que hormonas o desechos farmacéuticos o agroquímicos se filtren en fuentes de agua potable a través de la cañería cloacal, la separación de la orina puede simplificar la remoción de esos componentes del ambiente. Este puede ser un argumento muy fuerte para la adopción de sistemas UD particularmente en países con industrialización avanzada.

- La separación de orina puede generar oportunidades de negocio en los sectores privados, a través de la venta de tecnología UD y servicios vinculados a ella.

1.7.2. Ventajas adicionales²

- Cuando la orina y las heces no se mezclan, hay una disminución significativa de los olores.
- Dado que los baños secos con separación de orina no emiten olores si se diseñan y operan correctamente y que no necesitan contacto con el suelo para la infiltración de líquidos, pueden ser instalados en interiores, lo que lleva a un incremento en la seguridad, privacidad y confort del usuario.



Figura 2: Baño seco con separación de orina



Figura 3: Baño (común) con separación de orina

- No hay producción de barros fecales húmedos. Cabe destacar que, si las heces son recolectadas de forma seca, separadas del agua y la orina, no son ofensivas a los sentidos, especialmente después de un proceso prolongado de secado. Por eso es mucho más fácil vaciar la cámara de heces de un baño seco con separación de orina que el pozo de una letrina. Esto es sumamente relevante para aquellas áreas en las que los camiones atmosféricos no tienen un ingreso tan sencillo, como zonas con caminos defectuosos o muy pobladas.
- Se minimiza la polución (nitratos y patógenos) de napas subterráneas producida por las descargas sanitarias. Los pozos ciegos y letrinas están diseñados para filtrar líquidos en los suelos, lo que puede conducir a contaminación si hay una alta densidad poblacional. Por otro lado, los baños secos con separación de orina recolectan todo por sobre el nivel del suelo en recipientes impermeables, con lo que no contaminan las napas. En este punto cabe resaltar que la disposición final de aguas grises sí puede contaminarlas, y los baños secos con separación de orina no se enfocan en este problema.

1.7.3. Sustentabilidad

De todos los sistemas de saneamiento existentes en la actualidad, el más sustentable es el sistema de saneamiento seco con separación de orina. Esto es debido a que mantiene un equilibrio con el entorno circundante minimizando el impacto ambiental, utilizando muy poco o nada de energía extra en todo su ciclo de vida y tratamiento y no utilizando agua (potable o no) en ningún momento del proceso.

1.7.4. Baños secos con separación de orina en áreas urbanas²

Las áreas urbanas densas presentan una serie de impedimentos para la construcción de estos baños. Tanto el espacio limitado como la cuestión de la propiedad de la tierra y sus estructuras pueden influenciar en las decisiones de saneamiento, más aún en tanto la legalidad de la construcción de las estructuras requeridas no siempre es tan clara. En consecuencia, por la flexibilidad que tienen, en estas zonas es más factible instalar baños secos con separación de orina con una sola cámara y contenedores intercambiables, o baños con separación de orina móviles.

El espacio para un manejo seguro de orina y heces tiende a ser limitado en zonas urbanas. Similarmente a otros sistemas de saneamiento descentralizados, el manejo de las excretas en áreas urbanas es fuertemente dependiente de servicios tercerizados que recolectan, transportan y sanean o reutilizan las excretas. Además, puede que se necesiten subsidios para hacer que las tarifas sean accesibles para todos/as los/as usuarios/as de baños secos con separación de orina y asegurar que toda la cadena de saneamiento se lleve a cabo adecuadamente.

La agricultura urbana y paisajismo podrían llegar a absorber una parte de las excretas tratadas, reduciendo parte de los costos potenciales de transporte. La agricultura urbana y periurbana juega un rol significativo en la provisión de alimentos frescos a la ciudad y ésta se vería beneficiada por la provisión de nutrientes de la reutilización de excretas. Las ventas de fertilizante podrían también compensar los costos vinculados al vaciamiento de la cámara y el transporte, sin embargo, los protocolos de manejo seguro de excretas indican un post tratamiento de la materia fecal y la orina como paso previo a su

comercialización. En Argentina hay que contemplar los requisitos de SENASA sobre productos fertilizantes -puntualmente la resolución N° 264/2011 y el decreto 824/2005 del 8 de julio- que hasta el momento impiden la comercialización de compost o enmiendas que tengan residuos humanos.

Estos baños podrían, en principio, integrarse en construcciones de múltiples pisos, aunque esta opción sólo se ha probado exitosamente en Suecia y mostró dificultades en China.

1.8. Desafíos de sistemas con separación de orina

1.8.1. Aceptación social entre usuarios/as²

En referencia a la aceptación social, la adopción exitosa de esta tecnología está vinculada a:

- La motivación y voluntad de los/as usuarios/as para cambiar hábitos y conductas exitosas, tales como la disposición de los hombres para orinar sentados en caso de que no haya mingitorios especiales.
- Actitud proactiva por parte de todos/as los/as involucrados/as (usuarios/as, encargados/as del mantenimiento, planeadores/as, agricultores/as, políticos/as, etcétera).
- Posible uso de la orina como fertilizante (o alguna opción para su disposición final en caso de que su reutilización en agricultura o acuicultura no sea posible).
- Obstáculos culturales, como preconcepciones de los/as usuarios/as.

El miedo a posibles olores es un obstáculo más para la aceptación social, pero con un correcto diseño y operación del sistema, los olores emitidos por inodoros y orinales secos son los mismos o inclusive menores que sus variantes convencionales. Además, los baños secos con separación de orina tienen considerablemente menos olor y presencia de moscas que las letrinas, con lo que pueden construirse en interiores, lo que inclina la balanza hacia su aceptación.

La aceptación social también depende en un alto grado de:

- La situación actual del saneamiento en territorio, y las expectativas de los/as usuarios/as para el futuro.
- Las normas prevalecientes en cuanto a la reutilización de excretas humanas y los tabúes que éstos involucran.
- La existencia de proveedores de servicios de recolección y mantenimiento.

Por todo esto, es crucial una planificación cuidadosa y compromiso entre todas las personas involucradas.

1.8.2. Cooperación de usuarios/as²

Hay tres cuestiones principales a tener en cuenta en lo referente a la cooperación de los/as usuarios/as:

- Los baños secos con separación de orina necesitan predisposición de antemano para asegurar no sólo su correcto uso sino su aceptación por parte de los/as usuarios/as.
- Si los/as usuarios/as no cooperan, el mal uso del inodoro puede resultar en olores (por ejemplo, en caso de que se orine en el contenedor de heces, o se orine parado en lugar de sentado cuando el inodoro no esté preparado para tal uso) o en un inodoro "desordenado" (por ejemplo, si los/as usuarios/as defecan en el contenedor de orina). En este sentido, cualquier sistema de saneamiento mal utilizado genera olores y problemas de higiene.
- La limpieza de un inodoro con separación de orina consume un poco más de tiempo que uno convencional, debido a la separación en el inodoro mismo para conducir las heces y la orina.

1.8.3. Reutilización / Disposición de orina²

En referencia a la reutilización y disposición final de la orina, se debe tener presente lo siguiente:

- La orina necesita ser transportada a su destino final, y en caso de que la distancia sea elevada esto genera un aumento del tráfico, emisiones de CO₂, ruido, contaminación, entre otros.
- Cuando la orina se usa en la agricultura, los/as granjeros/as necesitan capacitación para hacerlo de la forma adecuada.
- Si la orina no puede ser reutilizada, no puede ser vertida a los suelos debido a que puede causar polución en las napas con nitrato (dependiendo de factores como el volumen vertido o las propiedades del suelo) al igual que las letrinas (aunque estas tienen el problema adicional de que los patógenos de las heces sí van a las napas).
- En lugares urbanos otra opción válida es drenar la orina al sistema cloacal.

1.8.4. Precipitación de orina²

En la orina fresca, el principal componente nitrogenado es la urea. Durante su almacenamiento, la urea se hidroliza en amonio/amoníaco e hidrogenocarbonatos por la presencia de enzimas de ureasa presentes en el contenedor de orina, en el suelo y en sistemas acuáticos. Este proceso se ve acompañado por un incremento del valor del pH, que deriva en la precipitación de estruvita (MgNH₄PO₄) y cristales de fosfato de calcio (Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂). Estos cristales pueden formar incrustaciones, llamadas piedras de orina.

La precipitación en los caños de orina y tanques de almacenamiento se da tanto en los sistemas basados en agua como en los secos. Además, también se asientan restos de piel, pelos y material orgánico excretado.

El resultado final puede ser precipitaciones duras (incrustaciones) o suaves, viscosas y parecidos a una pasta (depósitos). Las incrustaciones tienden a aparecer en las paredes interiores y los codos de los caños, mientras que los depósitos suelen presentarse en tanques de almacenamiento, (formando un barro al fondo) y en caños de orina casi horizontales.

Los siguientes parámetros de diseño reducen la cantidad de precipitación:

- Poco tiempo de retención: la precipitación suele darse donde la velocidad del flujo de orina es baja o inclusive hay estancamiento, con lo que deberían evitarse los sifones, caños horizontales o los codos en las cañerías donde esto podría suceder.
- Deberían usarse materiales hidrofóbicos y superficies suaves y lisas; a la vez, es recomendable evitar toda ralladura posible en las superficies, con lo que debe tenerse cuidado con la limpieza. Los caños de plástico de PVC suelen ser lo más usado para la cañería de orina.
- Si se utiliza agua en las descargas, usar aguas blandas (como el agua de lluvia) es preferible a las duras (el agua blanda tiene menos calcio y magnesio, elementos que pueden precipitar el amoníaco y el fosfato de la orina).
- Las cañerías con un diámetro relativamente grande (al menos 2,5 cm) tienen menos probabilidades de atascarse.

No usar agua de descarga en lo absoluto (como en los orinales secos) no elimina el problema, dado que la orina también contiene calcio y magnesio, que puede precipitarse con el amoníaco y el fosfato para formar estruvita. En sistemas secos con separación de orina, tienden a darse más depósitos blandos que incrustaciones duras, mientras que en los sistemas de separación de orina con agua es al revés.

1.9. Formas de defecar

Hay diversos estudios que indican que la forma en la que actualmente defecamos no sería la más apropiada. Según esta corriente, la mejor posición para hacerlo no es sentado en el inodoro (lo que podríamos denominar "forma occidental"), sino en cuclillas.

Siempre de acuerdo con estos estudios, esto permite una excreción con mucho menos esfuerzo gastrointestinal y una reducción del tiempo necesario para evacuar los intestinos. La forma en la que el cuerpo está diseñado hace que al sentarse en el inodoro se doble el músculo puborectal, lo que colabora con la continencia. Si una persona se acuclillara (o bien se colocara algún tipo de pedestal delante del inodoro para elevar unos centímetros la altura de los pies) este efecto se mitigaría.

No nos explayaremos más sobre el asunto por no ser el objetivo de esta guía, pero esto habla de cuán permeados por la cultura están todos nuestros actos, hasta los más elementales.

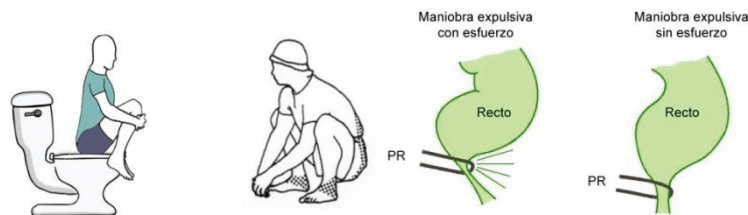


Figura 4: PR: Músculo puborectal

2. Inodoros con separación de orina y mingitorios secos

2.1. ¿Por qué separar orina?¹

El elemento central y diferencial de un baño seco con separación de orina es la división que separa y encauza la orina, junto al asiento del inodoro -comúnmente se lo llama interfaz del usuario- que separa la orina de la materia fecal.

La importancia de separar la orina de las heces radica en:

- Reducir los olores (mezclar ambas genera una cantidad considerable de hedores).
- Permitir el secado rápido de la materia fecal, lo que hace que su manejo sea más sencillo e higiénico.
- Reducir el impacto ambiental.
- Permitir la recolección de la orina, que puede ser usada como fertilizante.
- Reducir sustancialmente el volumen con alta carga patógena a tratar, ya que las heces tienen un volumen del al menos cinco veces menos que la orina (generalizando estimaciones, sobre 550 litros anuales excretados por una persona, 500 son de orina y 50 de heces).

Por todas estas razones, lo ideal es no mezclar orina y heces.

La separación de la orina aprovecha la anatomía del ser humano, que excreta heces y orina de forma separada. En un baño seco con separación de orina, la orina se drena a través de un reservorio con un pequeño orificio en la parte frontal, mientras que las heces caen por un agujero más grande en la parte trasera. Esta recolección separada "*in-situ*", no requiere que el/la usuario/a cambie de posición al momento de orinar o defecar, aunque se necesita un mínimo cuidado para asegurar que esté en la posición adecuada.

Este diseño por lo general requiere que el hombre se siente o se acucille al momento de orinar para evitar el salpicado. Dado que en general los hombres prefieren estar de pie para orinar, los mingitorios son una buena solución complementaria; asimismo actualmente hay algunos inodoros para baños secos con separación de orina que están diseñados para que se orine de pie.

Es posible que noten que una parte de la orina cae en la bóveda destinada a las heces, pero esto es típicamente una cantidad pequeña que no afecta de forma significativa la función del baño.

2.2. Inodoros con separación de orina²

Los inodoros con separación de orina (inodoros UD, por su sigla en inglés) están diseñados para no mezclar orina y heces al momento de su recolección en el inodoro. Hay dos tipos principales y ambos pueden ser construidos en interiores:

- Inodoros secos con separación de orina (UDDT, por su sigla en inglés): No se utiliza agua de descarga.
- Inodoros con separación de orina y descarga: el agua se usa para descargar las heces y enjuagar la parte de la orina.



Figura 5: Inodoro seco con separación de orina



Figura 6: Inodoro con separación de orina y descarga de agua para heces

Estos inodoros pueden ser implementados en sistemas nuevos de saneamiento o complementar los ya existentes. En cualquiera de estos casos, se necesita cañería adicional, por ejemplo, para conducir la orina al tanque de almacenamiento.

2.2.1. Información básica de inodoros con separación de orina (UDT)²

Para una aplicación exitosa de inodoros con separación de orina se necesita una planificación cuidadosa y un diseño apropiado, teniendo presente las necesidades particulares de los/as usuarios/as.

Entre las múltiples consideraciones a tener en cuenta, a modo de ejemplo, se encuentran:

- El uso de papel higiénico o bidet.
- Las necesidades de personas con capacidades diferentes, ancianos/as o niños/as al momento de usar el baño.
- Las necesidades específicas femeninas (higiene menstrual, privacidad y seguridad).
- Control de olor para el sistema de colección de orina.
- Si es un inodoro a instalarse en interiores o en exteriores.

2.2.2. Inodoros secos con separación de orina

2.2.2.1. Información básica de diseño¹

Los inodoros secos con separación de orina permiten la separación en origen de heces y orina a través del uso de un asiento diseñado especialmente, al que se llama interfaz del usuario. La separación de orina cumple varias funciones, como la reducción del olor y simplificar el manejo de las heces. La operación seca o "sin agua" indica que no se utiliza agua para la descarga de material fecal, pero sí debe estar presente para lavarse las manos y otras cuestiones vinculadas a la higiene. El baño también necesita una subestructura que albergue los componentes necesarios para la colección y almacenamiento de las excretas, llamada cámara de heces.

En su totalidad, un baño seco con separación de orina consiste de ocho elementos básicos funcionales:

- a. Un inodoro con separación de orina.
- b. Una o dos cámaras, por lo general bajo tierra, o un pozo somero para la recolección y almacenamiento de heces.
- c. Un sistema de cañerías para la orina, que conecte la interfaz del usuario al sistema de recolección o infiltración.
- d. Un caño de ventilación para extraer la humedad y olores de la cámara o pozo.
- e. Un área de limpieza anal con mecanismos que permitan la recolección y drenaje por separado del agua de esta limpieza, en caso de ser necesario.
- f. Una superestructura para el baño (a menos que esté en interiores).
- g. Un balde con material seco (aserrín, cal o cenizas) para cubrir las excreciones una vez terminada la deposición.
- h. Una instalación para el lavado de manos con agua y jabón.

La orina se separa en la interfaz del usuario, drenado a través de un sistema de cañerías e infiltrado al suelo para su disposición final o recolectado, almacenado y tratado en contenedores para su uso como fertilizante.

La materia fecal y el material para la limpieza anal se recolectan en una cámara ventilada, ubicada directamente debajo de la interfaz del usuario. Después de la defecación, los/as usuarios/as cubren las heces frescas con una pequeña cantidad de material seco de cobertura con el fin de absorber la humedad, controlar el olor inicial y prevenir la infestación de insectos. La cámara de heces puede estar ubicada sobre o bajo tierra, dependiendo del método de administración elegido. Los baños secos con separación de orina permiten distintas formas:

- Tipo 1: Deshidratación de heces con una doble cámara.
- Tipo 2: Recolección de heces usando una sola cámara con contenedores intercambiables y tratamiento externo
- Tipo 3: Compostaje de heces usando contenedores especiales.



Figura 7: Tipo 1



Figura 8: Tipo 2



Figura 9: Tipo 3

La mayoría de los métodos de administración de heces requieren la remoción periódica de estos excrementos para su disposición final o uso como fertilizante. Sin embargo, en los tipos con pozos de baja profundidad (tipo 3), la materia fecal puede permanecer en el suelo y no se necesita un vaciado.

La efectividad del manejo de las heces en la mayoría de los baños secos con separación de orina depende de que la materia fecal esté lo más seca posible en la cámara. Esto sólo se puede lograr a través de un uso apropiado y expeditivo de la interfaz del usuario; previniendo que el agua de lluvia entre a la cámara de heces; con un uso adecuado del material seco de cobertura; con la separación del agua de limpieza anal y con un diseño apropiado de los sistemas de ventilación de las cámaras. Los sistemas de compostaje (tipo 4) son la única excepción a esta regla, dado que sí requieren una cierta cantidad de humedad para lograr la descomposición fecal.

El proceso de deshidratación que tiene lugar en la cámara de heces reduce sustancialmente la carga de patógenos fecales, permitiendo que la materia tratada sea más segura de manejar; en este sentido, cabe mencionar que los patógenos están presentes en la materia fecal, pero ausentes en la orina de una persona sana. Cuando está diseñado y mantenido correctamente, un baño seco con separación de orina puede evitar el contacto con patógenos y reducirlos al punto tal que es seguro manipular las cámaras al momento de vaciarse.

Sin embargo, cabe destacar que la remoción completa de patógenos, incluyendo la inactivación total de los huevos de helmintos, no puede ser garantizada en circunstancias normales por ningún sistema de este tipo de baños. Si bien la reducción de patógenos convierte a la manipulación de estos residuos en algo seguro, es absolutamente imprescindible cumplir rigurosamente todos los estándares de seguridad al momento de vaciar la cámara de heces dados los riesgos para la salud que la carga residual de patógenos acarrea. Para los usos agrícolas y en algunos casos, en donde se lo disponga finalmente se recomienda un tratamiento posterior para reducir aún más la carga de patógenos y estabilizar el material.

En la medida de lo posible, se sugiere que la cámara esté colocada con la puerta orientada hacia el norte: esto incentiva el proceso de deshidratación, dado que esa posición optimiza la cantidad de radiación solar recibida en la cámara, elevando la temperatura de la materia fecal y favoreciendo su deshidratación. En esta línea, también es importante que sea un área libre de sombras.

2.2.2.2. Baños secos con separación de orina de doble cámara de deshidratación¹

Estos baños apuntan a la deshidratación in situ de las heces, a través del uso alternado de dos cámaras de recepción de heces una al lado de la otra. Las heces se almacenan en ambientes secos entre seis y dieciocho meses, sin que a éstas se les agreguen excretas frescas antes de sacarlas.

Cuando la primera se llena, se sella y se deja que el material repose. La interfaz del usuario (inodoro) se traslada a la segunda cámara, que se usa hasta que esté llena; cuando ésta se completa, se vacía la primera con una pala, a través de un acceso trasero a la bóveda. En ese momento, se sella la segunda y se vuelve a trasladar el inodoro a la primera. De esta forma, la operación correcta del sistema consiste de una cámara activa y otra inactiva. Por esta razón es importante calcular las dimensiones, de forma tal que ambas tarden entre seis y doce meses en llenarse y que descansen una igual cantidad de tiempo.

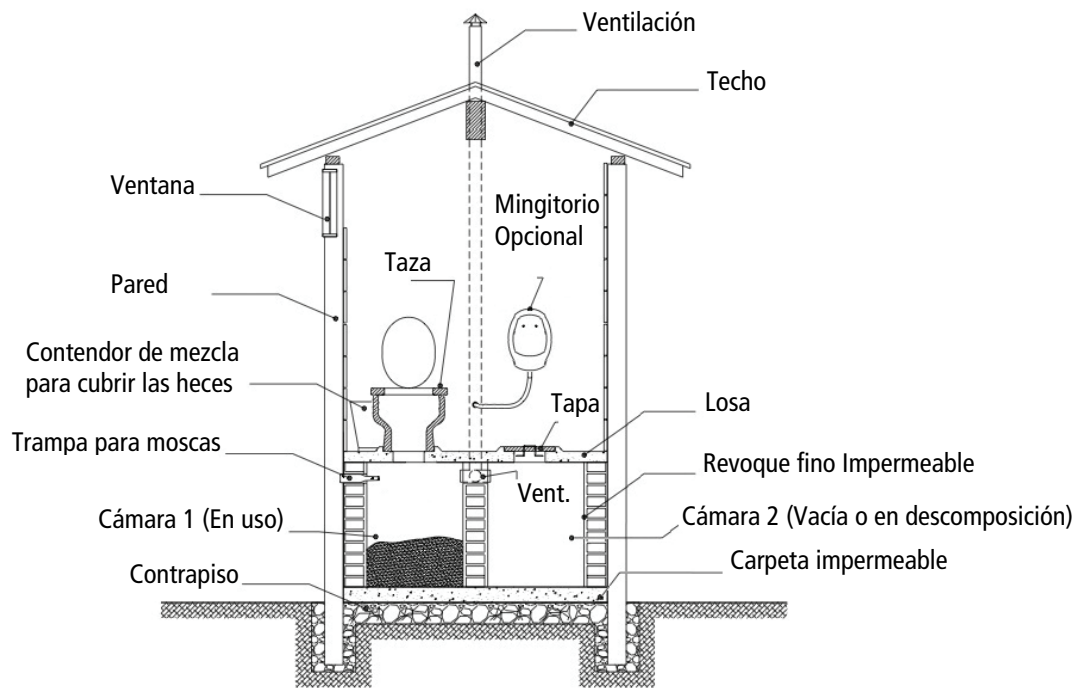


Figura 10: Baño seco con separación de orina de doble cámara de deshidratación

Durante el almacenamiento, la humedad natural de las heces se evapora lentamente y se escapa por el sistema de ventilación, o bien se absorbe por el material seco de cobertura, a este proceso se lo llama deshidratación. El material resultante es seco e inodoro, pudiendo ser enterrado en pozos o usado para algún tratamiento terciario.

2.2.2.3. Baños secos con separación de orina de simple cámara de deshidratación¹

Estos están contruidos con una sola bóveda que contiene uno o más contenedores para recolectar el material fecal. En esta configuración se necesita prever un sistema de recolección confinado que evite el contacto directo con la materia fecal sin tratar o en tratamiento, de manera que se pueda remover rápidamente los materiales de la bóveda a tratar dejando la cámara lista para seguir activa y en uso. Este sistema contenedor previene la entrada de agua y humedad a las heces almacenadas, con lo que se puede construir la bóveda bajo tierra siempre que el terreno no sea inundable.

Dependiendo del tamaño de la bóveda y los contenedores, se pueden guardar simultáneamente dos o más. Una vez que uno se llena, se lo puede mover hacia una esquina de la bóveda o bien sacarlo completamente y reemplazarlo por otro. Aunque tener espacio en la bóveda para más almacenamiento colabora con la reducción de la carga de patógenos, la ventilación limitada de los contenedores podría ralentizar el proceso de deshidratación. La mayoría de los escenarios de disposiciones finales de los baños de cámara simple contemplan un post tratamiento.

Los contenedores intercambiables deberían estar limitados a un volumen máximo de 50 litros, y de un tamaño apropiado para moverlos fácilmente. Se debe tener mucho cuidado a la hora de trasladarlos, dado que las heces frescas siempre quedan en la parte superior.

2.2.2.4. Baños secos con separación de orina de pozo¹

En áreas con napas freáticas profundas y una mínima amenaza de posibles inundaciones, se pueden construir pozos de baja profundidad ventilados para la recolección de heces. Esta es la configuración más sencilla de baños secos con separación de orina, dado que la orina se separa en el inodoro, mientras que las heces caen directamente al pozo donde son sometidas a un proceso natural de mineralización y compostaje.

Evitar que la orina caiga en el pozo de las heces conlleva una cantidad de beneficios en comparación con las letrinas tradicionales: reducción de olores, la posibilidad de usar la orina como fertilizante, reducir la velocidad con la que el pozo se va llenando, y minimizar la generación de lixiviado contaminado con patógenos.

Cuando el pozo se llena, la superestructura es demolida o se mueve sobre otro nuevo pozo. Siguiendo ejemplos de Arborloo y Perú, se puede plantar un árbol sobre el pozo inutilizado para que los nutrientes de las excretas sean aprovechados y quede perfectamente delimitado dónde estaba antes el baño. Dado que las heces quedan permanentemente en el suelo, no hay necesidad de manipularlas de ninguna forma. Sin embargo, cabe mencionar que este tipo de baños sólo es apropiado para lugares donde haya el tipo apropiado de suelo y la cantidad necesaria de espacio para ir cavando nuevos pozos a medida que se necesiten.

Dado que estos baños con pozos y sus derivaciones aún no están bien documentados, el presente trabajo no los estudia.

2.2.2.5. Baños secos con separación de orina de cámara de compostaje¹

En estos baños la materia fecal y papel higiénico usados caen en una cámara o contenedor grande y bien ventilado, instalados directamente debajo del inodoro. Si bien un inodoro con separación de orina simplificaría el manejo del lixiviado, un baño seco de compostaje puede también construirse sin que exista separación de orina. El proceso de compostaje requiere una determinada humedad y proporción carbón/nitrógeno para estimular la actividad microbiana que convierte la materia orgánica en compost. En consecuencia, el material orgánico –como los residuos de la cocina o jardín- pueden tirarse en la cámara de compostaje. Sólo el compost maduro, que se ve y huele como suelo rico o humus, debe ser removido de las cámaras.

Es importante aclarar que el compostado de la materia fecal no tratada dará como resultado humus con presencia de patógenos.

2.2.2.6. Comparación entre baños secos con separación de orina¹

Cada tipo de tipología tiene ventajas y desventajas inherentes en referencia al costo, preferencia de los/as usuario/as y consideraciones ambientales. La sostenibilidad a largo plazo del baño depende fuertemente de la elección apropiada del tipo de tecnología necesaria para un contexto determinado.

La preferencia de los/as usuarios/as es un elemento central para la elección de un diseño de baño. Algunos/as prefieren vaciar la cámara de heces y usar el contenido para la agricultura, con lo que la doble cámara sería ideal. Otros/as pueden no estar cómodos/as con la idea de mover excrementos -por mas deshidratados que estén-, de manera que una simple bóveda con un sistema de recolección en contenedores les sería más amigable.

Baño seco con separación de orina de	
doble cámara de deshidratación	simple cámara y contenedores
VENTAJAS	
<ul style="list-style-type: none"> • Mayor reducción de la carga de patógenos tras un mayor período de deshidratación. • Las heces secas son un material seco y de consistencia granulada que no molesta a los sentidos. • Mayores períodos de almacenamiento hacen que el vaciado sea menos frecuente. • No hay costos adicionales de transporte o de tratamiento en los casos donde la disposición final o reutilización in situ son posibles. • El riesgo de esparcir material fecal no tratado disminuye considerablemente. • Baja dependencia de proveedores de servicios externos. 	<ul style="list-style-type: none"> • La interfaz del usuario se puede fijar permanentemente asegurando que el piso sea impermeable. • La recolección en contenedores permite una mayor flexibilidad en relación a la cantidad de usuarios. • El uso de contenedores hace que vaciarlos sea rápido y fácil. • El baño usa menos espacio, puede ser integrado más fácilmente en casas ya construidas, y los costos de construcción son considerablemente más bajos. • La cámara del baño puede ser construida bajo tierra, eliminando la necesidad de escaleras.
DESVENTAJAS	
<ul style="list-style-type: none"> • A menos que se usen dos interfaces de usuario, ésta debería ser movida de una a otra cámara cuando se necesite. • El espacio disponible no puede variar para garantizar un tiempo suficiente de almacenamiento. • El uso de una pala para vaciar la cámara puede ser repelente para algunos usuarios. • El uso incorrecto o superior al calculado (esperado) del baño puede generar heces húmedas y con olor. • Los costos de construcción son más altos, y la cantidad de espacio necesaria es mayor. • Los largos períodos entre vaciamiento pueden hacer que los procedimientos correctos para eso sean olvidados o ignorados. 	<ul style="list-style-type: none"> • No hay una reducción significativa de patógenos dentro de los contenedores. • No es tan comúnmente aceptado el manejo de heces frescas por parte de los usuarios, con lo que se recomienda un proveedor de servicios externo. • El vaciamiento frecuente requiere no sólo un proveedor adecuado sino un tratamiento correcto para las heces. • Los costos de recolección y tratamiento pueden ser superiores que los de las cámaras de deshidratación. • El uso hogareño sin proveedores externos puede ser perjudicial, en tanto la materia fecal no tratada atañe riesgos para la salud si éstos no son adecuadamente transportados y tratados.

Tabla 2: Tipos de Baño Seco

Las posibilidades existentes para una disposición final in situ también deben ser consideradas. Los baños secos con separación de orina de doble cámara crean un producto estable que puede ser fácilmente removido, directamente enterrado o reutilizado por el/la propietario/a, pero eso requiere un espacio que no es factible en áreas densamente pobladas. Por otro lado, los baños secos con separación de orina de recolección en contenedores tienen menores requerimientos de espacio,

pero requieren un paso de post tratamiento para su disposición segura. En áreas urbanas y periurbanas, los proveedores externos de servicios son una buena opción para evitar que los/as usuarios/as tengan contacto directo con las excretas. Seleccionar un baño seco con separación de orina óptimo también requiere un buen entendimiento de las condiciones locales en relación a los patrones climáticos, posibles inundaciones, características suelo, recursos locales del agua y fluctuaciones del nivel de la capa freática.

En áreas proclives a inundaciones y alto nivel del mar, los baños con cámaras por arriba del suelo -es decir, no enterradas- son las más apropiadas para prevenir que la materia fecal se moje.

Los sistemas con contenedores son recomendables para los baños con una alta frecuencia de usuarios/as, como, por ejemplo, baños públicos. Los contenedores permiten mayor rapidez en acciones vinculadas a malos usos: con sólo cambiar el contenedor alcanza, en lugar de tener que limpiar toda la cámara. Esos diseños permiten una mayor flexibilidad en relación al volumen total de heces recolectada después de un determinado período.

2.2.3. Materiales de construcción²

En la actualidad hay una amplia gama de materiales utilizados como cerámica, cemento, madera, fibra de vidrio, y diferentes compuestos poliméricos.

2.3. Mingitorios secos²

Un orinal o mingitorio es una interfaz del usuario específica para la orina, que se usa estando de pie, y está diseñada en su mayoría para el uso masculino, aunque en la actualidad existen diseños para el uso femenino. Los mingitorios son ampliamente utilizados en el mundo, especialmente en instalaciones públicas con una alta afluencia de niños y hombres, porque ahorran espacio y costos en comparación con un baño (diseño más sencillo; no se necesitan cubículos separados, aunque sí se instalan pequeños paneles para separar). Los mingitorios no suelen ser usados en casas por el espacio adicional que requieren.

Hay una pequeña cantidad de mingitorios femeninos (para usarse estando de pie o en cuclillas), pero no están ampliamente aceptados por varias razones, como la mayor necesidad de privacidad por el hecho de tener que desvestirse parcialmente.

Los mingitorios convencionales utilizan 4 litros de agua por descarga y los más modernos usan de 0,8 a 1,2 litros por descarga después de cada uso, mientras que los uriniales secos no utilizan agua.

Hay dos razones considerables para usar un mingitorio seco: ahorrar y recolectar la orina pura y sin diluir para darle usos agrícolas, en tanto se puede tratar este residuo rico en nitrógeno y fósforo para usarlo como fertilizante.

Los mingitorios secos son el primer paso hacia la separación de orina y, posiblemente, un saneamiento ecológico.



Figura 11: Mingitorio 1



Figura 12: Mingitorio 2

2.3.1. Desarrollo histórico²

En Austria, en el año 1894 se patentó un dispositivo de drenaje (trampa) que permitía que los mingitorios no tuvieran descarga, usando un líquido sellador. Esta patente se explotó comercialmente por la compañía F. Ernst Engineer en Zurich, Suiza, empresa que fue la única proveedora de mingitorios secos a nivel mundial por casi 100 años.

A principios de 1990, el ahorro de agua se puso de moda con lo que aparecieron en el mercado distintas compañías que usaban derivados de la patente original. En el Reino Unido, Hepworth –una empresa fabricante de cañerías- patentó un dispositivo de drenaje (válvula unidireccional) que era esencialmente un tubo chato. Al día de hoy, los inodoros secos usan derivados de esta patente y hay varias compañías que las venden.

En 2002, un ingeniero suizo radicado en Sudáfrica patentó una válvula de una vía similar al diseño del tubo chato, pero usando un mecanismo “de cortina” para reducir el mantenimiento requerido. Esta unidad, que es utilizada por muchos proveedores de mingitorios secos, se vende bajo el nombre de EcoSmellStop (ESS) – ver Figura 15.

Actualmente, Alemania probablemente sea el país del mundo con la mayor cantidad de mingitorios secos per cápita, lo cual se da en parte porque el precio del agua potable está entre los más altos del mundo, con lo que los alemanes están muy interesados en cualquier alternativa que les permita ahorrar agua (como un dato, hay 1.200 inodoros secos instalados en baños públicos en Hamburgo).

Los mingitorios secos son muy utilizados en países industrializados en aquellos lugares donde los baños públicos no están conectados al sistema cloacal, como paradas en las rutas y autopistas. Sería altamente beneficioso que esta práctica también se extienda a los países en vías de desarrollo.

2.3.2. Aceptación del usuario²

La experiencia a nivel mundial ha demostrado que los mingitorios secos gozan del mismo nivel de aceptación que los mingitorios con agua, dado que los usuarios varones del sistema no tienen ningún cambio de conducta involucrado para su uso (al punto que muchos usuarios ni siquiera notan que están usando un mingitorio seco). Para aquellos hombres tímidos que no les gusta usar los mingitorios por una cuestión de privacidad, no hace diferencia en lo absoluto que sean secos o con agua.

En aquellas culturas que practican el lavado anal con agua post excreción, cada mingitorio puede instalarse en un cubículo para garantizar la privacidad. Por ejemplo, muchos hombres musulmanes lavan sus genitales con agua luego de orinar, lo que requiere provisión de agua y un sistema de drenaje para eso. Estas razones hacen que previo a la instalación y provisión de mingitorios secos se establezca si la comunidad en cuestión está dispuesta a aceptar estas instalaciones y los cambios que pueden ocasionar.

En algunas instancias puede haber un obstáculo de índole psicológica tanto en los usuarios como en los/as encargados/as de limpiarlo (a saber, que un baño que no se descarga con agua no puede ser higiénico). El pensamiento según el cual agua equivale a higiene es una concepción errónea pero comprensible. Sin embargo, al momento de lidiar con un mingitorio seco y comprobar que tiene un buen funcionamiento y que no tiene olor, esos miedos son rápidamente aliviados, razón por la cual son útiles los proyectos demostrativos.

Dado que los mingitorios secos son novedosos para mucha gente, cualquier olor que emita inmediatamente es adjudicado al nuevo sistema; sin embargo, si un mingitorio con agua tiene olor, se acepta como normal porque históricamente lo han sido. Es un hecho que cualquier tipo de mingitorio, ya sea seco o basado en agua, no emitirá olores si es bien mantenido. En este sentido, el grado de mantenimiento necesario para los mingitorios secos varía en función del tipo utilizado.

3. Diseño de sistemas de saneamiento seco con separación de orina

3.1. Diseño de inodoros secos con separación de orina

3.1.1. Pautas para el diseño de sistemas con cámara simple de deshidratación¹

Los baños secos con separación de orina de cámara simple con contenedores intercambiables por logeneral están diseñados con espacio para albergar al menos dos contenedores a la vez, para permitir el almacenamiento in situ en corto plazo de las heces. Pueden construirse cámaras más pequeñas con espacio para un solo contenedor, pero al momento de sacar dicho recipiente de la cámara el contenido serán heces muy frescas y húmedas.

La siguiente lista de reglas de diseño asegura que haya una contención segura y un tratamiento efectivo de las heces en sistemas de cámara simple.

- Los contenedores pueden ser desde un tacho, un barril, un balde, un saco o una bolsa, y pueden estar hecho de los más variados materiales; desde plástico, metal, caña o telas tejidas. El metal puede ser desventajoso por su vulnerabilidad a la corrosión.
- El volumen de los contenedores no debería exceder los 50 litros, dado que aquellos de tamaño superior pueden ser más difíciles de quitar y transportar. Para permitir una operación conveniente, debería pensarse en un tamaño que contemple el número anticipado de usuarios y la frecuencia de vaciado deseada.
- Los contenedores deberían ser impermeables para prevenir filtraciones resultantes de un mal uso (o en caso de diarrea, por ejemplo) hacia afuera de la cámara. Si se usan materiales porosos para la recolección, como bolsas o canastas tejidas, se debería colocar otro recipiente impermeable por debajo para capturar lo que se filtre.
- Las cámaras simples deberían tener un tamaño que albergue dos o más contenedores.
- La altura de la cámara es flexible y puede ajustarse en función de la altura de los contenedores elegidos. Una buena separación entre la interfaz del usuario y los contenedores de recolección ayuda a incrementar el confort de los usuarios.
- Las cámaras simples pueden ser construidas fácilmente bajo tierra (en zonas no inundables o de napas bajas), dado que los contenedores previenen la infiltración de humedad. El otro punto positivo es que no requieren escaleras para acceder a ellas.
- No deberían instalarse cámaras simples en lugares con depresiones o puntos bajos topográficos, dado que la caída de lluvia puede infiltrarse, lo mismo en caso de inundaciones.
- Las cámaras deben estar bien ventiladas a través de un sistema vertical de ventilación que dirija la humedad y olores por sobre el nivel del techo.
- Las puertas de la cámara deben hacer que la materia fecal esté contenida de forma segura dentro de ella, así como también generar un ambiente oscuro; deben ser de fácil de abrir y fácil de cerrar, dado que los baños secos con separación de orina de cámara simple requieren un acceso frecuente a la bóveda.

La selección de los contenedores dependerá del destino anticipado de las heces y del modo de transporte. Mientras que materiales impermeables como el plástico pueden inhibir el secado durante el proceso de recolección y almacenamiento, muchas veces son utilizados por la conveniencia para transportar las heces. Los sacos y bolsas pueden permitir un mayor secado dentro de la cámara, pero son más proclives a salpicar y crear condiciones anti higiénicas.



Figura 13: Inodoro 1



Figura 14: Inodoro 2



Figura 15: Inodoro 1 en corte



Figura 16: Inodoro 3



Figura 17: Inodoro 4

3.1.2. Pautas para el diseño de sistemas de doble cámara de deshidratación¹

Las reglas básicas de diseño de un sistema con doble cámara de deshidratación son las siguientes:

- El baño se construye con doble cámara para permitir la alternancia entre uno y otro (activa e inactiva).
- Ambas tienen un tamaño suficiente como para recolectar materia fecal a lo largo de al menos 12 meses cada una. En zonas más frías se recomienda 18 meses y en zonas calientes podrían ser 6 meses.
- La base de las bóvedas debe estar elevada al menos 10 cm. del piso para minimizar el riesgo de entrada de agua durante la época de lluvias intensas, mantener las condiciones secas y permitir un fácil vaciado luego del período de almacenamiento. Las puertas de la cámara pueden elevarse aún más, en función de alturas establecidas en lugares propensas a inundaciones.

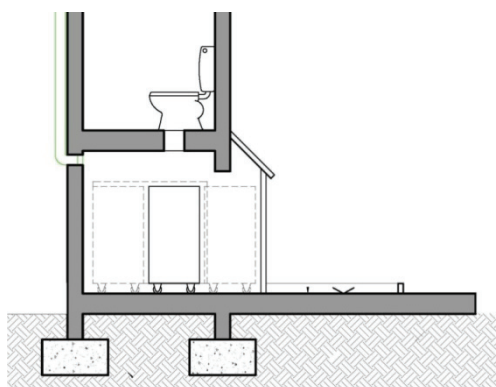


Figura 18: bóveda elevada

- Los baños secos con separación de orina no deben construirse en depresiones o en puntos topográficamente bajos, dado que probablemente el agua de lluvia se almacenará ahí, aumentando las posibilidades de que la cámara se inunde.
- Las paredes interiores de la bóveda deben estar recubiertas con material hidrófugo en caso de que estén instaladas parcial o totalmente bajo tierra, o en áreas donde haya mayores probabilidades de inundación.
- Las puertas de la cámara deben cerrar correctamente y contener las heces dentro, protegiéndola de la lluvia, minimizando el contacto humano y creando un interior oscuro que es ventajoso para los usuarios en tanto no permite que se vean las heces desde el baño.
- Las cámaras deben estar bien ventiladas a través de un sistema de cañerías vertical para que la humedad y los olores se vayan por sobre el nivel del techo.

La estructura física de la bóveda debe soportar el peso de los/as usuarios/as y la superestructura del baño. Si bien los ladrillos, adobe y concreto son los materiales más habituales para construirlos, la madera y caña pueden ser opciones más económicas y livianas, llegado el caso.

Si es posible, también puede ser beneficioso instalar la cámara en un piso inclinado para que en caso de entrada accidental de agua pueda evacuarse con mayor facilidad; en este sentido, estas filtraciones hipotéticas no suelen ser suficientes para alterar la calidad del agua de las napas freáticas. Sin embargo, ciertas condiciones geográficas pueden hacer que sea necesario un piso de concreto.

La recolección de las heces directamente en la cámara permite que la totalidad del volumen sea usado para almacenamiento, en contraste, el uso de contenedores lo reduce considerablemente, con lo que hay un período menor de almacenamiento (y por ende, remoción de patógenos). Cabe decir que los contenedores también son una opción en este sistema

en caso de que los/as usuarios/as quieran una barrera más entre ellos/as y sus excretas, o en caso de que el tratamiento se haga fuera del lugar.

Hay que advertir que las heces tienden a formar una pila cónica en la bóveda de heces, resultando en un considerable espacio vacío dentro de ella. Usando un palo o cualquier otra herramienta, pueden ser distribuidas de forma pareja, o puede sumarse un 20% al volumen requerido para contabilizar ese espacio.

3.1.2.1. Dimensionamiento de cámara dobles¹

Los volúmenes y dimensiones de las cámaras son determinadas por dos factores: el volumen de materia fecal depositada y el tiempo requerido de almacenamiento de las heces. Las dimensiones también deben coincidir con el piso planeado para el baño, situado sobre la bóveda.

El volumen esperado de materia fecal por mes depende del número de usuarios/as, su dieta, la frecuencia de uso del baño y el material utilizado para cobertura y limpieza: hacer un cálculo correcto es absolutamente crítico para que funcione bien.

Como se mencionó en el capítulo 6, se estima que un adulto excreta entre 0,12 y 0,4 kg al día o 44 – 146 kg/persona/año de heces y un/a niño/a excreta entre 0,045 y 0,15 kg al día o 16 – 55 kg/persona/año de heces.

3.1.2.2. Ejemplo de cálculo¹

Para mayor comprensión, se adjunta un ejemplo, donde se arriba a la conclusión de que se necesita para cada cámara un volumen de 518 litros para una familia de diez.

Ejemplo de cálculo de volumen para construcción de cámaras de deshidratación, para una familia de diez personas con dieta de alto contenido en fibra y duración de seis meses.

Material de cobertura: promedio diario, 0,05 kg/persona/día

Papel higiénico: promedio anual, 8,9 kg/persona/año

Densidad asumida de las heces: 1 kg/l

Almacenamiento: seis meses después del último uso

Producción de heces:

5 adultos x 0,4 kg/día = 2 kg/día

5 niños/as/ancianos/as x 0,15 kg/día = 0,75 kg/día

Total = 2,8 kg/día

Peso de heces = 83 kg/mes

Reducción estimada por ausencia (-20%) = -17 kg/mes

Por seis meses = 396 kg/medio año

Pérdida de humedad (-25%) = -99 kg/medio año

Papel higiénico = 45 kg/medio año

Material de cobertura = 90 kg/medio año

Toda la familia en medio año = 432 kg/medio año

Margen de seguridad (+20%) = 86 kg/medio año

Volumen requerido de la cámara = 518 kg/medio año | 518 litros

3.1.3. Diseño para personas con discapacidad¹

El desafío más importante para las personas con discapacidad motora es la presencia de escaleras, que comúnmente son construidas para acceder al baño, situado por sobre la o las cámaras de almacenamiento. Hay diseños alternativos, como los diseños de banco; pero al igual que las letrinas, puede que sean necesarios uno o dos escalones para lograr una altura cómoda para sentarse. Este obstáculo puede sortearse con la construcción de rampas con pasamanos para proveer un acceso más sencillo. Los costos de construcción para baños son marginalmente más altos que los diseños comunes de un baño seco con separación de orina sólo cuando se piensa en la cuestión de la accesibilidad desde el principio.

En referencia a esto, los baños secos con separación de orina en interiores son la opción de saneamiento más idónea para personas con discapacidades, dado que tienen formas de acceso mucho más rápidas y sencillas. Esto es especialmente importante en lugares donde el terreno es difícil de circular o no está pavimentado. En comparación, las letrinas tradicionales suelen estar ubicadas lejos de las casas o salones por el olor que emiten, la tendencia a atraer moscas y la necesidad de infiltrar líquidos.

El cubículo del baño puede necesitar que se lo agrande para que entren sillas de ruedas o muletas; en este sentido, deben seguirse las recomendaciones estándar para cualquier baño diseñado de forma inclusiva.

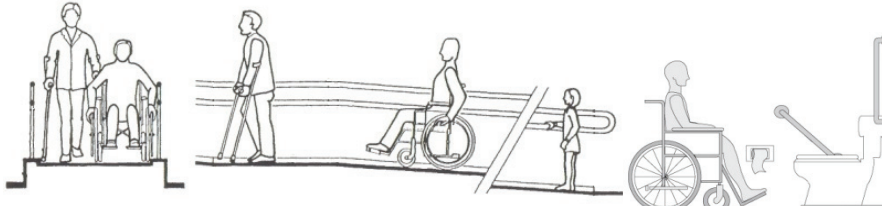


Figura 19: Accesibilidad

3.1.4. Diseño para niños/as¹

Los niños/as de colegio primario puede que requieran un asiento de inodoro de tamaño más reducido, así como una altura menor en el inodoro y mingitorios.

A nivel hogareño, no es práctico proveer diferentes inodoros a los miembros más jóvenes de la familia, pero una alternativa posible sería un adaptador de asiento.

3.1.5. Diseño de puertas de acceso¹

Las puertas de entrada a la cámara de heces son un punto posible de ingreso para la lluvia o agua producto de una inundación. Estas puertas son particularmente susceptibles en caso de un mal diseño o fabricación, la fatiga del material, errores en la construcción y mantenimiento insuficiente. Para prevenir esto, se sugiere:

- Las puertas de la cámara deben proveer un cerramiento completo de la cámara para evitar la apertura accidental o el ingreso de los/as niños/as, a través del uso de bisagras, trabas, cierres, ganchos o concreto de sellamiento semipermanente.
- Por otro lado, también deben ser de fácil apertura y cierre para que remover la materia fecal sea sencillo.
- Las puertas de la bóveda deben resguardar todo posible ingreso de agua de lluvia e inundaciones. Esto se logra a través de un alero que prevenga que le dé directamente la lluvia; además, mientras que las puertas deben ser verticales y no inclinadas, sí se requiere una cierta inclinación en el piso para que cualquier agua en la cámara escurra para afuera.
- Las puertas deben estar por sobre el nivel establecido de crecida del agua, en áreas propensas a inundaciones.
- Si bien no deben ser necesariamente herméticas, minimizar las corrientes de aire a través de la puerta ayuda a prevenir la acumulación de olores dentro del cubículo, dado que éstos deberían irse hacia el techo por los tubos de ventilación.
- Las puertas de la bóveda son una barrera visual entre el usuario o transeúntes y las heces; por esto deberían evitarse materiales transparentes o separaciones.

Las puertas de las cámaras deberían ser construidas con materiales resistentes al clima y duros, tales como láminas de metal pintado y galvanizado, madera tratada, losas de concreto, ladrillos y paneles de plástico. Es muy importante que las puertas sean fáciles de mantener y que este mantenimiento se realice de forma periódica, ya sea repintar puertas de metal con pintura a prueba de óxido o la remoción de podredumbre de puertas de madera.

Las bóvedas de un sistema doble pueden estar selladas con accesos semi permanentes hechos de concreto, piedra, ladrillos, adobe o madera. Pueden ser retocadas con arcilla, tierra o clavos, y al momento del acceso a la cámara se las debe romper con cuidado. El resellado puede hacerse con los mismos materiales.

Esta alternativa es buena donde las puertas estén expuestas al público o a caminos y sean pasibles de ser vandalizadas. Cabe aclarar igualmente que antes de tomar la decisión de instalar este tipo de accesos, debe haber un suministro consistente y seguro del material que se haya elegido para sellarla, así como también una capacitación para los/as usuarios/as o proveedores del servicio de vaciado de la cámara para que puedan reinstalarla correctamente.

En caso de un baño seco con separación de orina de simple cámara, siendo que necesitan abrirse con mucha más frecuencia, este tipo de accesos no es recomendado.

Muchos diseños de baño seco con separación de orina requieren que las puertas se instalen de forma inclinada; a esto muchas veces se lo llama "letrina solar" y se lo pone mirando hacia el sol, con el objetivo de que la radiación solar caliente el aire dentro de la bóveda. De esta forma, se logra aumentar la temperatura y con ello acelerar la deshidratación y la consecuente destrucción de los patógenos. Por lo general, estas puertas son metálicas y están pintadas de negro para aumentar la absorción de energía solar.

Si bien esto es teóricamente sólido, este diseño no ha funcionado particularmente bien en el territorio. Generalmente, la radiación solar con puertas inclinadas no alcanza para elevar la temperatura interior lo suficiente como para que la tasa de deshidratación se eleve. Además, este diseño no ha sido capaz de lograr temperaturas sostenidas de más de 50°, factor requerido para lograr la muerte total de los patógenos.

La experiencia práctica muestra que hay varios factores que influyen en que el baño no reciba la cantidad pretendida de radiación solar, tales como una orientación inadecuada con respecto al sol, árboles y arbustos, con lo que se proyectan sombras sobre la puerta. Además, las puertas inclinadas son más propensas a fallar, en comparación con las verticales, por lo general como resultado de fatiga del material o de vandalismo.

Las verticales no están tan expuestas a la lluvia directa, con lo que no es necesario que sean impermeables, por esa razón se simplifica el diseño y se abaratan los costos, con lo que se recomiendan baños secos con separación de orina con puertas verticales.

3.1.6. Instalación

3.1.6.1. Fijación al suelo¹

El inodoro debe estar firmemente adherido al suelo, o bien diseñado de forma tal que se prevenga el derramamiento de líquidos durante la limpieza del baño y que éstos ingresen a la cámara de las heces. En casos donde una interfaz de usuario debe moverse de una cámara a la otra, esto no permite un sellamiento impermeable o una fijación permanente de estos componentes.

Alternativamente, el área de la interfaz del usuario puede ser elevada mínimamente por sobre la losa para minimizar la entrada de agua.

El método más apropiado para la adhesión dependerá del material utilizado, tanto en la losa como en la interfaz del usuario. Exceptuando los pisos plásticos prefabricados que vienen con un agujero incluido, todos los diseños requieren la fijación por separado de la interfaz del usuario a la losa o al banco.

3.1.6.2. Minimización de los bloqueos en la sección de recolección de orina¹

Las obstrucciones en el embudo de drenaje de orina y subsiguiente caño de descarga pueden representar serios riesgos al funcionamiento general de un baño seco. Tales bloqueos pueden causar el estancamiento de orina y generación de olores que pueden volver al baño temporalmente inutilizable. Las obstrucciones en el embudo de la orina por lo general son resultados de un mal uso del baño, por lo general dados por la entrada accidental de material de cobertura, heces o productos de desecho en dicha abertura. Los procedimientos para el desbloqueo se especifican mejor en el apartado 10.6.

Seguir ciertas reglas de diseños ayuda a minimizar esas obstrucciones. Por ejemplo, el uso de cañería de diámetro pequeño (1 - 2,5 cm) como cañería de salida de la interfaz del usuario, seguido de caños de descarga de mayor diámetro ayuda a prevenir que objetos de gran tamaño entren en la cañería. Además, el diámetro pequeño ayuda a diferenciar visualmente el área de drenaje de la orina del agujero de caída de las heces.

Puede ser útil también instalar una malla plástica en el embudo de la orina para prevenir que ingresen objetos extraños en dicha cañería. Además, eso colabora visualmente a recordarle a los/as usuario/as que esa abertura es sólo para la orina. Cabe destacar, sin embargo, que esta malla es propensa a taparse con pelos, material de cobertura o algún otro material, por lo que requiere una limpieza diaria.

3.1.6.3. Pautas para el diseño de la cañería de orina¹

El sistema de cañerías de la orina debería asegurar el drenaje con mínimos olores y bloqueos.

El volumen de la orina recolectada en un baño seco con separación de orina varía a lo largo del día, con plazos donde no se recolecta nada (ej.: durante la noche). Cuando la orina se estanca, puede producir olores ofensivos. Además, pueden formarse precipitados de orina (piedras de orina) y residuos viscosos que eventualmente conduzcan a obstrucciones en el sistema de cañerías. Esto puede prevenirse reduciendo la longitud del caño, usando mayores diámetros, minimizando el número de codos, asegurando la suficiente inclinación y a través de un uso mínimo o ínfimo de agua para la descarga.

De acuerdo a bibliografía aceptada mundialmente, las principales recomendaciones para la construcción de un sistema de estas características son:

- **Materiales:** Tanto la cañería rígida como las mangueras semirrígidas son apropiadas para los sistemas de descarga de orina; el polietileno (PE), polipropileno (PP), cloro polivinílico (PVC) y PVC sin plastificar (uPVC) son ideales. Las cañerías de metal no son apropiadas por las cualidades corrosivas de la orina. Debe tenerse cuidado cuando se usa mangueras semirrígidas de un diámetro menor a 2,5 cm., dado que son proclives a unirse. Por lo tanto, es preferible usar cañerías rígidas o tubos espiralados con una superficie interna lisa.
- **Diámetro:** El mínimo recomendado es de 5 cm.
- **Inclinación:** Se recomienda un mínimo de 5% -lo que corresponde a un decrecimiento de altura de 5 cm. por cada metro recorrido- para prevenir el acumulamiento de orina en el sistema de cañerías. Obviamente, cuanto más inclinado esté hay menos posibilidades de obstrucciones o acumulamientos.

- Longitud y codos: La longitud total del sistema debería reducirse al mínimo posible para limitar el tiempo de residencia de la orina en la cañería, con el objetivo de reducir la generación de olores. Los codos y juntas deberían ser las menores posibles, dado que son puntos donde comúnmente se generan bloqueos y filtraciones. Es preferible evitar los codos de 90° y usar dos de 45°, que crean menos fricción y ayudan a mantener las altas velocidades de flujo. Deberían usarse juntas con cámaras de inspección, que permitan revisar periódicamente las cañerías y utilizar las herramientas necesarias de limpieza.
- Ubicación: Es importante minimizar la exposición de los caños de plástico al sol, dado que la exposición prolongada a los rayos UV los vuelve frágiles. Aquellas secciones que se vean expuestas deberían pintarse con pinturas resistentes a UV. Los caños de descarga deberían estar instalados en ubicaciones donde se prevengan los daños accidentales y el vandalismo.

Alternativamente, se puede drenar la orina en zanjas abiertas de poca profundidad moldeadas en la losa del inodoro. Este sistema funciona similarmente a un mingitorio de pared, pero dado que puede causar olores molestos sólo es aceptable en baños en exteriores muy bien ventilados.

3.1.6.4. Control de olores en la interfaz del usuario¹

Este control en el inodoro incluye:

- El uso de materiales de construcción suaves (pulidos) y no absorbentes.
- El uso de tapas para cubrir los agujeros.
- Una inclinación suficiente y consistente para prevenir la acumulación de orina.

Los baños situados al exterior suelen tener la ventilación suficiente para prevenir olores indeseados, mientras que en baños de interior es necesario planificar una ventilación adecuada.

Las opciones estudiadas para el control de olores en el punto de la interfaz del usuario incluyen el carbón vegetal –que según varias fuentes tiene la habilidad de absorber olores de la orina– y una esfera de plástico, que colocada en el embudo de la orina actúa como una trampa unidireccional, permitiendo el flujo de líquido hacia abajo pero no la emisión de olores hacia arriba. Dado que no hay experiencias detalladas de este tipo de sistemas, no las recomendamos enteramente, pero damos cuenta de su existencia.

3.1.7. Diseño de sistemas de ventilación¹

El sistema de ventilación es el medio principal de evacuación de olores y humedad de la cámara de heces. Nunca debe omitirse la ventilación a la hora de diseñar un baño seco con separación de orina, incluso en climas áridos, para garantizar que no haya olores y que la deshidratación se realice correctamente.

Los sistemas de ventilación pueden ser naturales o mecánicos. Mientras que los primeros suelen ser suficientes para un sistema en exteriores, en las instalaciones interiores (especialmente en aquellas de múltiples pisos o con codos en los tubos de ventilación) requieren un soporte mecánico.

Un sistema natural consiste en un tubo vertical que va desde el interior de la cámara de heces hasta por lo menos 50 cm por encima del techo. La diferencia de temperatura en el tubo de ventilación genera la convección necesaria para una ventilación natural. Esto hace que el aire fresco ingrese a través de la interfaz del usuario, ventanas o puertas de la cámara y se evacúe a través de los tubos de ventilación. El viento también puede generar una corriente capaz de extraer el aire de la bóveda. Se ha observado que condiciones climáticas muy ventosas fuerzan el aire a través de la bóveda y hacia el cubículo del inodoro, con lo que hay una moderada presencia de olores: por esto, en estas zonas hay que tener particular cuidado en la orientación del baño en función de la dirección del viento.

El caño de ventilación debe tener al menos diez centímetros de diámetro y puede ser construido usando PVC, polietileno, metal o inclusive concreto conformado localmente. Para una mejor performance, el caño debe ser derecho y no tener curvas, lo que aumentaría la fricción y reduciría el efecto de las corrientes de aire. Para prevenir el ingreso de agua de lluvia por la descarga, ésta debe estar cubierta con un sombrerete, o tener un diseño del tipo desplazada, en forma de H u otra.

Si bien en un sistema de doble cámara es posible ventilar ambas bóvedas con un solo caño, generalmente es recomendable que cada una tenga el suyo. Si se decide por un solo caño, la interconexión de las cámaras puede hacerse a través de un agujero en la pared que las divide.

Una consideración importante es la protección contra el vandalismo y daño accidental. En áreas donde haya más posibilidad de vandalismo, deben estar instaladas del lado interior de las paredes y terminar por sobre el nivel del techo. Si se las instala por fuera, deben estar firmemente pegadas a la pared y recubiertas con pintura resistente a rayos UV para prevenir la fatiga del material.

El flujo de aire que ingresa por la ventilación de la interfaz del usuario o por las pequeñas aperturas de la puerta de la cámara de heces pasará a través del agujero por donde caen las heces, luego por la bóveda y finalmente saldrá por el tubo de ventilación. A menos que la cámara esté sellada de forma semi permanente, no es necesaria una inyección adicional de aire.

El diseño mismo del baño debería proveer un ambiente bien ventilado, adecuadamente iluminado y sin olores. Las aberturas para ventilación por lo general están por sobre la puerta y en paralelo a las paredes, con rejillas, paneles o ventanas de ventilación. Una separación de aproximadamente 10 cm entre el techo y las paredes puede ser lo apropiado donde haya climas más templados, siempre y cuando haya un alero lo suficientemente grande para prevenir el ingreso de agua. Se debe asegurar la privacidad, especialmente en escuelas e instalaciones públicas, lo que se logra instalando las separaciones para ventilación por sobre la altura promedio de una persona alta. En climas más fríos, el cubículo de un baño seco con separación de orina puede requerir ventanas para que la luz del día entre, así como también algún sistema más sofisticado para controlar los olores.



Figura 20: Ventilación 1

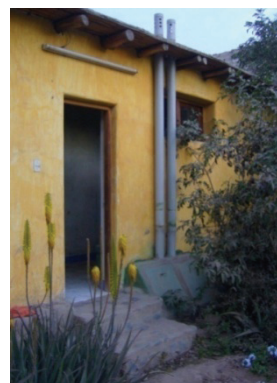


Figura 21: Ventilación 2

3.1.8. Trampas de moscas¹

Bajo circunstancias normales, la separación de las excretas y el uso de un material de cobertura apropiado para las heces previenen la invasión de moscas y otros posibles vectores. Sin embargo, en caso de una infestación persistente, es recomendable cerrar el extremo del caño de ventilación con un mosquitero para sellar una posible ruta de entrada.



Figura 22: Trampa1

Las trampas para moscas también pueden ser beneficiosas en climas cálidos y húmedos, donde los insectos proliferan. Una solución de bajo costo puede ser usar una botella de dos litros, donde el tercio superior es cortado y colocado al revés en los dos tercios restantes: de esta forma, se crea un conducto angosto donde las moscas pueden entrar, pero no salir. Esta trampa se coloca en la pared lateral de la bóveda, con el fondo de la botella encarado hacia el exterior -una fuente de luz-. De esta forma, las moscas se ven atraídas hacia la luz, pero no pueden salir.

3.2. Diseño de mingitorios secos²

Un mingitorio requiere mucho menos espacio que un baño, lo que lo hace mucho más popular en lugares donde muchos hombres necesiten orinar (estadios, restaurantes, colegios, etcétera). En general, los mingitorios están colgados de la pared y no requieren cañería ni dispositivos vinculados al agua de descarga, con lo que hay un ahorro considerable en cuanto a costos. Los dispositivos de descarga y las trampas de agua tradicional en las cañerías de desagüe tienden a atraer una cantidad considerable de vandalismo, con lo que los mingitorios secos también aportan a la reducción de costos desde el

lado del mantenimiento. Los mingitorios secos no necesitan estar conectados a cloacas, pero pueden ser conectados a tanques de almacenamiento de orina, lo cual es importante para zonas sin acceso cloacal. Obviamente, sí se necesita agua para el lavamanos: de más está aclarar que la limpieza de manos en baños secos es igual de importante que en otros sistemas de saneamiento.

3.2.1. Materiales²

Por lo general, las tazas de los mingitorios están hechas de acrílico, cerámica, acero inoxidable o poliéster reforzado con fibra de vidrio, pero también pueden hacerse de plástico de bajo costo, siempre y cuando sea una superficie lisa (como ya se dijo, es importante para el control de olores). También es posible la autoconstrucción de mingitorios secos baratos. Si se usa una taza plástica para el mingitorio, una opción es usar polipropileno lineal de baja densidad, porque es uno de los plásticos más inertes: su producción en caliente (180°) garantiza una superficie lisa y no porosa, con lo que el crecimiento de bacterias se minimiza.

3.2.2. Convertir mingitorios con agua a mingitorios secos²

En principio, esto es posible usando sistemas de reducción de olores como el ESS (explicado arriba); la factibilidad depende del diseño de la taza del mingitorio. Sin el uso de sistemas de reducción de olores esta conversión presenta olores desagradables.

3.2.3. Control de olores²

Para que los mingitorios secos consigan aceptación masiva deben regirse bajo los estándares aceptados internacionalmente para toda instalación sanitaria. Su emisión de olores debe ser menor –o en el peor de los casos, igual- al del sistema viejo. Lograr un funcionamiento sin olores requiere prestar atención a cuatro aspectos fundamentales:

- a. Mecanismo apropiado para evitar que el olor vuelva del tanque de almacenamiento hacia el baño, por ejemplo:
 - Sellador de hule para los caños.
 - Sellador de la válvula en forma de cortina.
 - Líquido sellador (fluido bloqueante).
- b. Que la superficie de la taza del inodoro sea apropiada (es decir, lisa y no pegajosa).
- c. Un acople correctamente diseñado entre el inodoro y la cañería para evitar la formación de grietas que acumulen orina.
- d. En un nivel operacional, un mantenimiento a conciencia tanto de la taza del inodoro como del dispositivo que bloquea los olores. La superficie de esta taza suele ser limpiada varias veces al día con una esponja húmeda. En lo referente al dispositivo contra olores, su mantenimiento depende de lo que el proveedor especifique.



Figura 23: Válvula 1



Figura 24: Válvula 2



Figura 25: Válvula 3



Figura 26: Válvula 4

3.2.4. Uso y mantenimiento de mingitorios secos²

Los usos e indicaciones descriptos en este apartado no están pensados para mingitorios en hogares, sino para instalaciones e instituciones públicas. En un nivel hogareño, la rutina de limpieza varía por la menor frecuencia de uso. La taza debería limpiarse todos los días, como en cualquier mingitorio. Hay opciones de limpieza 100% biodegradables, que se rocían en la taza y no se enjuagan como un pulverizador con agua pura o mezclada con vinagre, jugo de limón, bicarbonato, agua oxigenada o algún limpiador micro-bacteriológico.

Cualquier tipo de sellamiento para el olor, sea un tubo de hule chato, sello en forma de cortina o líquido sellador tiene que ser limpiado con frecuencia para que funcione correctamente. Esta frecuencia depende principalmente de cuánto se lo use al día y de la conducta de los usuarios (en el sentido de no tirar objetos ajenos al sistema en el mingitorio); por lo tanto, puede ir desde una vez a la semana o una vez a cada seis meses.

El caño de hule chato y las unidades ESS pueden ser limpiadas muchas veces antes de que sea necesario reemplazarlas. Algunos cartuchos de líquido sellador no pueden ser limpiados, pero necesitan reemplazarse cuando fallan, mientras que algunos sistemas como el Uridan (<http://www.uridan.com/en/>) pueden ser limpiados y reemplazarse el líquido sellador que contienen.

La evidencia empírica recolectada en ambientes de bajos ingresos en Sudáfrica apunta a que el sistema ESS, de sello en forma de cortina, puede funcionar con menos mantenimiento que el caño de hule chato; con lo cual, en regiones donde no se puede garantizar un correcto mantenimiento del sistema el sistema ESS es la mejor elección entre esas dos opciones.

3.2.5. Proveedores y costos²

En la actualidad en Argentina existen estas opciones para la adquisición de un mingitorio seco:

- Mingitorios secos importados, con o sin dispositivos patentados para el control de olores Mingitorios secos de plástico fabricados localmente, y un sistema ESS o líquido sellador importado.
- Mingitorio seco autoconstruido hecho de contenedores plásticos.
- Para aplicaciones de bajo costo, los mingitorios simples de plástico pueden ser una buena opción. Pueden hacerse en rotomoldeo, que es un proceso simple y barato para hacer una unidad en una pieza y que puede replicarse en cualquier parte. Es importante aclarar que, si la superficie lograda no es suave o es porosa, habrá olores no deseados.

4. Costos de baños secos con separación de orina

4.1. Costos iniciales¹

Comparando los costos con un baño convencional, los/as tomadores/as de decisiones pueden realizar una elección informada sobre las posibles soluciones de saneamiento. En particular, hay una percepción común según la cual el costo de un baño seco con separación de orina es muy elevado (comparándolo con el de una letrina) o barato (comparado con un baño conectado a la red cloacal), y esto es erróneo. Hay una gran variedad de opciones, materiales de construcción y diseños para virtualmente cualquier presupuesto existente. Aún más, por lo general los baños secos suelen ser construidos en bajas cantidades, dándole poco lugar a las economías de escala. Los costos de fabricación tienden a bajar cuando la demanda y la competencia aumenta.

A nivel mundial, los costos de un baño seco con separación de orina de doble cámara de deshidratación oscilan, aproximadamente, entre los 100 y 600 dólares, dependiendo de los materiales y los precios locales, costos de mano de obra y nivel deseado de "belleza y confort".

La implementación de diseños con bajo costo y materiales disponibles es la clave para garantizar que un baño seco sea factible de ser abonado por sectores de bajos ingresos, si ese fuera el objetivo. Sin embargo, para aquellos sectores muy desfavorecidos un baño que cueste 50 dólares sigue siendo impagable, por barato que sea. En esas circunstancias, deberían considerarse otras estrategias, como los subsidios a la construcción.

Adicionalmente, integrar estos baños a casas ya existentes también es un medio efectivo para la reducción de los costos de instalación, dado que se minimizan los requerimientos materiales para el armado de la superestructura.

El costo de la construcción edilicia de un baño seco con separación de orina no difiere del costo de construcción de cualquier otro baño. Las variaciones de precio pueden estar en el ahorro de cañerías de desagüe y el costo adicional del receptáculo de heces.

4.2. Costos de operación y mantenimiento¹

Los costos de los elementos necesarios para la operación y mantenimiento dependen mucho de la disponibilidad local. En cuanto a las actividades, los/as propietarios/as de los baños pueden realizarlas ellos/as mismos/as: este escenario es factible en áreas rurales y periurbanas, donde hay espacio suficiente para la disposición y reutilización de las excretas. Los hogares urbanos y aquellos de mayores recursos seguramente contraten servicios externos de limpieza y mantenimiento.

Elemento necesario	Frecuencia de uso	Comentarios
Agua para el limpiado anal y del inodoro	Diaria	Típicamente, son unos pocos litros al día
Materiales de limpieza	Diaria o semanal	
Material de cobertura seco (Material secante)	Diario	Debe estar disponible de forma gratuita y cotidiana
Papel higiénico y jabón	Diario	
Vaciamiento y transporte de orina (si aplica)	Diaria o semanal	Realizado por hogares o por proveedores externos de servicios
Vaciamiento y transporte de heces (si aplica)	Semanal a trimestral (Baños de cámara simple) o 6-12 meses (baños de doble cámara)	Realizado por hogares o por proveedores externos de servicios
Post tratamiento de orina y heces (si aplica)	De acuerdo a los ciclos de vaciado	Realizado por hogares o por proveedores externos de servicios
Disposición fuera del lugar de orina y heces (si aplica)	De acuerdo a los ciclos de vaciado	Realizado por proveedores externos de servicios

Elemento necesario	Frecuencia de uso	Comentarios
Limpieza de bloqueos en la cañería de orina	Infrecuente	Usualmente hecha en los hogares
Reparación o reemplazo de componentes del sistema	Meses o años	

Tabla 3: Elementos de un baño seco y sus usos

Sólo se conocen algunos ejemplos funcionales de provisión de servicios de baños secos con separación de orina. Los tres casos expuestos a continuación examinan las posibilidades y su potencial rentabilidad.

Burkina Faso: en un esquema en la ciudad de Ouagadougou, el costo de recolección y manipulación ronda los dos euros mensuales para un hogar de seis personas, de acuerdo con datos de 2011. Una asociación recolecta la orina almacenada y las heces secas de alrededor de 900 hogares y las transporta a una de las cuatro eco estaciones de almacenamiento y tratamiento. El fertilizante tratado se vende a los agricultores locales. Así, los costos se recuperaban mediante el abono mensual de los usuarios y lo obtenido por la venta de fertilizante, pero los usuarios empezaron a mostrarse reacios a la idea de pagar la tarifa, con lo que empezaron a haber serios problemas de financiamiento. Perú: según un estudio teórico de costos realizado en 2008, el costo de un servicio de descarga y saneamiento seco, incluyendo el transporte y tratamiento de heces secas y orina almacenada, rondaba los dos euros mensuales para un hogar de cuatro personas. En este cálculo no se incluyeron las potenciales ganancias que podría traer la venta de fertilizante o frutas y vegetales.

Perú: Un estudio teórico calculó los costos de operación y manejo de los sistemas con descarga y secos, incluyendo los costos de transporte y tratamiento de heces secas, así como de la orina almacenada. Según este análisis, el costo aproximado del servicio para una ciudad pequeña de Perú ronda los tres dólares mensuales por familia tipo (compuesto por cuatro personas). El ingreso potencial que podría devenir de la venta de excretas como fertilizante, así como de las frutas y verduras cosechadas con ese fertilizante, no fue incluido en el cálculo.

Uganda: un estudio de factibilidad realizado en 2011 calculó los costos de transporte y tratamiento de excreta por separado en un suburbio de Kampala. Se determinó que el valor de mercado de la orina como fertilizante y las heces como acondicionador de suelo por sí solo no cubriría todos los costos a menos que se garanticen 400 mil usuarios/as. La distancia a cubrir entre los/as usuarios/as de baños secos con separación de orina y los/as consumidores/as de fertilizante también influyó en los costos.

Los mayores determinantes de costos para la operación y mantenimiento de sistemas de saneamiento en una ciudad, sea cual sea, son los gastos de transporte y disposición final. Las distancias de transporte deberían reducirse lo máximo posible para ahorrar costos. El volumen relativamente menor de las heces -en comparación con la orina- podría hacer que sea más fácilmente transportable y más permisivo económicamente que el transporte de la orina, que requeriría vehículos mucho más grandes. La posible venta de fertilizante basada en estas excretas podría compensar los costos del servicio, pero es difícil estimar la demanda de este producto.

Al igual que con el reciclado de los residuos sólidos urbanos, cuando se hacen análisis en términos financieros -primando la sostenibilidad económica del negocio- todo indica que la relación costo-beneficio es deficiente. Estas falsas conclusiones se basan en la inconsistencia del análisis que no contempla el bien común, el consumo energético y la sustentabilidad de un proyecto serio. Así como el Estado asume los costos de un sistema de saneamiento cloacal, éste también debe asumir los costos de un sistema de recolección de heces y orina en una comunidad.

4.3. Baños secos con separación de orina de bajo costo¹

Estos baños pueden ser más baratos si se realiza un diseño creativo, si los/as usuarios/as del baño aportan mano de obra y si se utilizan materiales de construcción disponibles localmente. Los ejemplos de Ecuador y Filipinas muestran que es posible construir baños secos "minimalistas", especialmente si son de cámara simple, por un costo menor a los 50 dólares. Si bien los sistemas con cámara simple requieren una inversión inicial menor en comparación con los de doble cámara, requieren una frecuencia de vaciamiento mayor.

A través de diseño de bajo costo y materiales baratos, los costos de instalación de un baño seco de doble cámara pueden construirse por menos de 100 dólares. Usar ladrillos de adobe, como se ha hecho en Perú, también permite un ahorro considerable: en este caso, los gastos de instalación se reducen a los vinculados a cañerías, separación de orina, techado, aberturas y mano de obra.

También se pueden usar diseños alternativos en la interfaz del usuario para ahorrar costos. Por ejemplo, los embudos de plástico son una buena elección para lograr una separación de origen en mingitorios o inodoros. Esos materiales, que

poseen una superficie lisa y no porosa, también hacen que sea menos probable que aparezca olor. Otras soluciones utilizan moldes de concreto sencillo o madera barnizada.

En el diseño de un baño seco la prioridad debería estar en la higiene y luego en el precio. Su belleza dependerá del diseño, arte y parámetros estéticos que la comunidad que lo vaya a utilizar considere apropiados.

4.4. Beneficios económicos¹

La duración de vida de un baño seco con separación de orina en circunstancias normales es de al menos 15 años y más, en tanto el inodoro puede ser fácilmente vaciado: depende más de la estructura física del baño, que depende de la calidad de la mano de obra y de los materiales, así como del mantenimiento regular de todo el sistema. En comparación, las letrinas tienen una vida útil menor, especialmente en las configuraciones de fabricación usuales dado que cuando están llenas se las suele abandonar, y son propensas a colapsar cuando se las vacía.

Los baños secos con separación de orina tienen menores costos de vaciado y disposición final que los pozos sépticos y letrinas. Las heces secas de un baño seco con separación de orina pueden ser fácilmente movidos con palas, lo que elimina la necesidad de bombeo para la remoción del barro fecal húmedo. Por lo tanto, los costos operacionales a largo plazo son menores para un baño seco con separación de orina que para las letrinas, y muy menores en comparación con un sistema basado en agua.

Los baños secos podrían ser un “activo productivo” para los hogares que reutilicen las excretas tratadas en la agricultura. Esto puede reducir los costos de fertilizantes sintéticos y hacer que los hogares sean más autosuficientes en lo que hace a la producción personal de alimentos.

5. Microorganismos patógenos^{2y4}

Los descubrimientos de John Snow durante la epidemia de cólera a mediados del siglo XIX en Londres fueron el inicio de la epidemiología y el primer brote surgido en agua documentado. Snow notó que el consumo del agua implicaba un riesgo elevado de contraer la enfermedad, pero el agente patógeno (*Vibrio cholera*) aún no había sido aislado e identificado. En 1857, Pasteur estableció la teoría según la cual las enfermedades infecciosas eran causadas por gérmenes o bacterias. Otros brotes epidémicos surgidos en agua incluyen fiebre tifoidea, disentería y polio. Algunas de estas eran causadas ya sea por contaminación en el agua a nivel superficial o bien por contaminación de las napas mediante efluentes cloacales e industriales. Al día de hoy siguen identificándose nuevos patógenos como causantes de una cantidad significativa de enfermedades. Muchos se originan en las heces y tienen la habilidad de transmitirse vía comida o agua. Un ejemplo es el *Cryptosporidium parvum*, donde uno de los primeros casos fue reportado en 1976. Años más tarde se descubrió que estaba ampliamente distribuido en los lechos de agua y que causó el brote surgido en agua más grande documentado en 1993 con una población estimada de 400 mil personas infectadas.

Hay cuatro grandes grupos de microorganismos que pueden ser transmitidos a través del ambiente y causar enfermedades infecciosas: bacterias, protozoos, virus y helmintos. Además, los hongos también pueden causar enfermedades en humanos y animales, aunque sólo algunos de éstos son parasitarios u oportunistas. En referencia a los sistemas de efluentes industriales y cloacales, los patógenos que infectan el tracto gastrointestinal y causan diarrea tienen una significancia mayor. Sin embargo, hay otras manifestaciones clínicas que también son importantes y las infecciones gastrointestinales pueden causar otros síntomas severos en etapas avanzadas de la enfermedad.

5.1. Rutas de transmisión^{2y4}

La transmisión de infecciones puede ser directa a través de las distintas formas de contacto persona a persona, incluyendo la vía aérea a corta distancia; o indirecta (secundaria), que incluye un vector de contagio, vía aérea de larga distancia y parenteral.

Las rutas de transmisión secundarias se ilustran en el siguiente cuadro, y pueden definirse a grandes rasgos bajo la categoría fecal-oral, dado que involucran o bien la ingestión o la inhalación de patógenos.

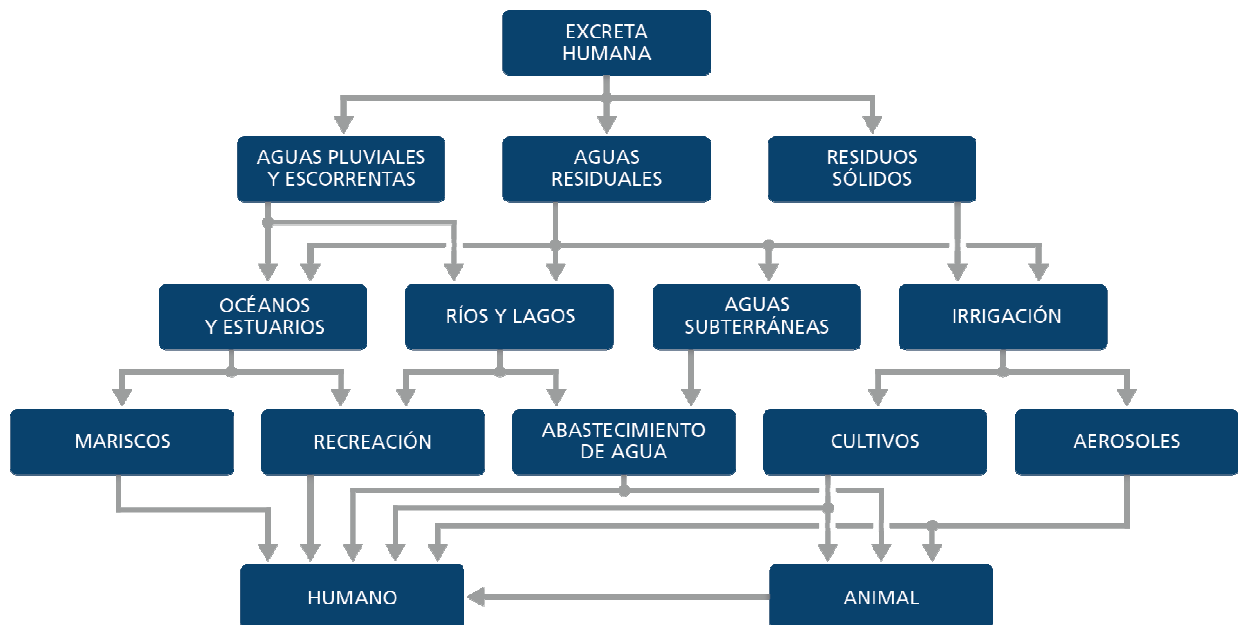


Figura 27: Ruta de transmisión secundario de patógenos originadas en orina y heces humanas (Hoglund, 2001)

Una infección es definida como el ingreso de un patógeno al cuerpo a través de, por ejemplo, el tracto gastrointestinal, el tracto respiratorio o la piel y su multiplicación y establecimiento dentro del huésped. Los/as portadores/as saludables tienen una infección que es subclínica y asintomática. Los/as portadores/as son un potencial foco infeccioso para el resto de los/as pobladores/as por esparcir organismos infecciosos, por ejemplo, en las heces.

Para los sistemas de saneamiento de agua, las aguas residuales son una fuente potencial importante de ruta de transmisión cuando aguas residuales sin tratamiento son descargadas en un curso de agua o usadas en un área cultivable. Los inodoros secos con separación de orina tienen menos probabilidades de afectar las aguas superficiales o subterráneas.

5.2. Patógenos presentes en la orina^{2y4}

Algunos tipos de bacteria pueden causar infecciones del tracto urinario. La transmisión ambiental de estos es generalmente de baja importancia. E-coli es la causa más común de las infecciones del tracto urinario, donde ciertos clones también pueden estar asociados con las infecciones gastrointestinales.

Los patógenos que se conocen, tradicionalmente, que son excretados en la orina son *Leptospira interrogans*, *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi* y *Schistosoma haematobium*. Existe una variedad de otros patógenos que se han detectado en la orina, pero su presencia no puede ser considerada significativa para el riesgo de transmisión ambiental de enfermedades.

La leptospirosis es una infección bacteriana que causa síntomas similares a los de la influenza con un porcentaje de mortalidad del 5-10%. Es generalmente transmitida por la orina de animales infectados y es considerada un riesgo laboral para los/as trabajadores/as de las aguas residuales y los/as trabajadores/as de las granjas en países (tropicales) en desarrollo. La orina humana no está considerada como una fuente importante de transmisión debido a la baja prevalencia.

S. typhi y *S. paratyphi* son excretadas en la orina únicamente durante la fase de la fiebre tifoidea y fiebre paratifoidea cuando las bacterias son diseminadas en el torrente sanguíneo. Estos organismos son raros en los países desarrollados. A pesar de que la infección es endémica en algunos países en vías de desarrollo con una cifra estimada de 12,5 millones de casos por año, la transmisión orina-oral es probablemente poco común en comparación con la transición fecal-oral. Para la orina desviada, el riesgo de transmisión de *Salmonella* será bajo, inclusive con períodos cortos de almacenamiento, debido a la rápida inactivación de las bacterias fecales Gram-negativas (Tabla 4). La tasa de decrecimiento de la *Salmonella* spp es similar a la del E-coli en la orina recolectada.

	Bacterias Gram-negativas	Bacterias Gram-positivas	<i>C. parvum</i>	Rotavirus	<i>S. typhimurium</i> fago 28B
4°C	1	30	29	172a	1466a
20°C	1	5	5	35	71

a Experimentos de supervivencia llevados a cabo a 5°C.

Tabla 4: Inactivación de microorganismos en la orina, dados como valores T90 en días.

Schistosomiasis, o bilharziasis, es una de las principales infecciones parasitarias humanas presente especialmente en África. Uno de los tipos de *Schistosoma* es principalmente excretado con la orina mientras que otros tipos son excretados con las heces. Cuando están infectados con el schistosomiasis urinario, causado por *Schistosoma haematobium*, los huevos son excretados en la orina, a veces durante toda la vida del huésped. Los huevos eclosionan en el medio acuático y las larvas infectan ciertas especies de caracoles acuáticos, que habitan en el agua dulce. Si los huevos no alcanzan el cuerpo del caracol dentro de unos días, el ciclo de infección se rompe. Después de una serie de etapas de desarrollo, la larva acuática emerge del caracol, lista para infectar a los humanos penetrando su piel. Si la orina es almacenada por varios días y es usada en tierra cultivable, el uso disminuye el riesgo de transmisión de la schistosomiasis. No se debe usar orina fresca cerca de las fuentes de agua superficial en áreas endémicas. *S. haematobium* se encuentra en 53 países en el Medio Oriente y África, incluyendo las islas de Madagascar y Mauricio. Existe también un foco de enfermedad definido de *S. haematobium* en India.

Patógenos	Orina como ruta de transmisión	Importancia
<i>Leptospira interrogans</i>	Usualmente a través de la orina animal	Probablemente bajo
<i>Salmonella typhi</i> y <i>Salmonella paratyphi</i>	Probablemente inusual, excretada en orina en infecciones sistémicas	Bajo comparado con otras rutas de transmisión
<i>Schistosoma haematobium</i> (huevos excretados)	No directo pero indirecto, la larva infecta a los humanos a través del agua dulce	Necesita ser considerado en áreas endémicas donde agua dulce es disponible
Mycobacteria	Inusual, usualmente transportado por el aire	Bajo
Virus: CMV, JCV, BKV, adeno, hepatitis y	Normalmente no reconocido, con excepción de	Probablemente bajo

Patógenos	Orina como ruta de transmisión	Importancia
otros	casos aislados de hepatitis A y sugerido para la hepatitis B. Se requiere más información.	
Microsporidia	Sugerido, pero no reconocido	Bajo
Causantes de las enfermedades venéreas	No, no sobreviven durante períodos significativos fuera del cuerpo	-
Infecciones del tracto urinario	No, no hay una transmisión ambiental directa	Bajo

Tabla 5: Patógenos que podrían ser excretados en la orina y la importancia de la orina como ruta de transmisión.

Los riesgos principales del uso de la excreta están relacionados con la fracción fecal y no con la fracción de orina. Por esto, es muy importante evitar o minimizar la contaminación fecal cruzada a la fracción de orina. A pesar de que algunos patógenos pueden ser excretados en la orina, la contaminación fecal cruzada que puede ocurrir por la disposición errada de las heces en el inodoro desviador de orina está relacionada con el riesgo más significativo para la salud.

5.3. Patógenos presentes en las heces^{2 y 4}

Los patógenos de cuidado en los sistemas de saneamiento son generalmente transmitidos a través de la ruta fecal-oral, es decir, los patógenos son excretados en las heces e infectan otra persona por ingestión. Los patógenos pueden ser transmitidos vía manos, a la comida o agua y otros fluidos.

Para los sistemas de saneamiento de agua, las aguas residuales son una fuente potencial importante de ruta de transmisión cuando aguas residuales no tratadas son descargadas en un curso de agua o usadas en un área cultivable. Los inodoros secos tienen menos probabilidades de afectar las aguas superficiales o subterráneas. Este puede ser el caso si son construidos o localizados indebidamente. Para letrinas excavadas, como letrinas de fosa, se han identificado problemas con el transporte de patógenos de la excreta a las aguas subterráneas en áreas con altos niveles freáticos, o debido a las características del suelo que pueden favorecer el transporte microbiano. Elevar el inodoro y recolectar la excreta sobre el suelo como se sugiere en la mayoría de sistemas de saneamiento ecológico puede en general evitar esto. Pozos superficiales son una alternativa intermedia y restringen la contaminación de aguas subterráneas. La construcción debe tomar en cuenta las inundaciones durante intensas lluvias que podrían resultar en escorrentía a las aguas superficiales de los alrededores. Las letrinas nunca deben ser vaciadas en los canales de drenaje superficial. Desde un punto de vista higiénico, es preferible un inodoro con una cámara de recolección sellada sobre la superficie.

En la siguiente tabla se listan las posibles rutas de exposición y de transmisión relacionadas con los inodoros secos junto con estas se enumeran algunas medidas a ser consideradas para evitar la exposición. No se explican las rutas de exposición posteriores por una superficie contaminada o por las aguas subterráneas. Por el contrario, las medidas listadas buscan prevenir o minimizar la contaminación fecal de los cursos de agua y del ambiente. Es importante eliminar los patógenos lo antes posible en la cadena de manejo ya que de esta manera reducen los riesgos en los siguientes pasos.

Área o procedimiento de lugar a la exposición de patógenos	Rutas de transmisión	Medidas técnicas	Medidas de comportamiento
Inodoro	Contacto directo, transporte a las aguas subterráneas, contaminación ambiental	Agua disponible para el lavado de manos, cámara de recolección elevada, cámaras de recolección impermeabilizadas	Lavado de manos, mantener el agua del inodoro limpia
Manejo primario Recolección y transporte	Contacto directo	Cenizas, cal u otro medio para reducir los microorganismos en el inodoro seco, personas informadas recolectan y transportan la excreta	Usar guantes, lavado de manos, adición de cenizas, cal u otro medio para reducir el contenido microbiano durante el uso
Tratamiento	Contacto directo, contaminación ambiental	Elección adecuada de la ubicación, tratamiento en sistemas cerrados, material informativo y señalización en el sitio	Usar guantes y ropa protectora, lavado de manos, evitar el contacto en las zonas de tratamiento
Manejo secundario aplicación, fertilización	Contacto directo	Agricultores informados reutilizan la excreta, equipo especial disponible	Usar guantes, lavado de manos, evitar el contacto en las zonas de tratamiento

Área o procedimiento de lugar a la exposición de patógenos	Rutas de transmisión	Medidas técnicas	Medidas de comportamiento
Campo fertilizado	Contacto directo, transporte a las aguas superficiales o subterráneas	Trabajando con la excreta dentro de la tierra, material informativo y señalización	Evitar campos recién fertilizados
Cultivo fertilizado	Consumo, contaminación de la cocina	Elección del cultivo adecuado	Apropiada preparación y cocción de los productos alimenticios, limpieza de las superficies de la cocina y los utensilios

Tabla 6: Patógenos.

El contacto directo se refiere a un contacto intencionado o no con la excreta, por ejemplo, tocando el material y luego accidentalmente ingiriéndolo de los dedos contaminados o utensilios. Esto puede ocurrir antes del tratamiento, durante el tratamiento, incluido el manejo o cuando el material es usado o aplicado en el suelo. La contaminación de los productos alimenticios puede ocurrir directamente de la aplicación, pero también a través de prácticas insalubres en la cocina. A pesar de que el cultivo fertilizado vaya a ser cocido antes del consumo las superficies pueden estar contaminadas y los patógenos ser transferidos a otros alimentos o líquidos.

Las infecciones entéricas pueden ser transmitidas por especies patógenas de bacteria, virus, protozoarios y helmintos. Desde una perspectiva del riesgo, la exposición a heces no tratadas es siempre considerada insegura, debido a la potencial presencia de patógenos. Existen muchos tipos diferentes de organismos que causan infecciones entéricas, parasitarias u otro tipo de infecciones que se podrían dar y su prevalencia en determinada sociedad es a menudo desconocida.

En los sistemas de vigilancia, las bacterias han sido tradicionalmente consideradas el grupo principal de organismos causantes de enfermedades gastrointestinales. Esto es en parte el caso en los países en desarrollo, donde los brotes de cólera, tifoidea y shigelosis son de las principales preocupaciones y parecen ser más frecuentes en zonas urbanas y periurbanas. Los virus entéricos son también de importancia general y son ahora considerados la mayor causa de infecciones gastrointestinales en regiones industrializadas.

Más de 120 diferentes tipos de virus pueden ser excretados por las heces, siendo los grupos más comunes los de enterovirus, rotavirus, adenovirus entéricos y calicivirus humanos (norovirus). La Hepatitis A es considerada como un virus patógeno de gran preocupación cuando se aplica los desechos a la tierra y es catalogado como un riesgo para brotes de enfermedades relacionados con el agua y los alimentos, especialmente donde las normas de sanidad son bajas. La importancia de la Hepatitis E está creciendo.

Entre las bacterias, por lo menos la Salmonella, la Campylobacter y la E-coli enterohemorrágica (EHEC) son generalmente de importancia, tanto en países industrializados como en desarrollo, cuando se evalúa los riesgos microbianos de varios productos fertilizantes incluídas las heces, los lodos residuales y el estiércol animal. También son importantes como agentes zoonóticos (transmisión entre humanos y animales, así como sus heces y estiércol). En áreas con insuficiente saneamiento, la fiebre tifoidea (Salmonella typhi) y el cólera (Vibrio cholera) constituyen los riesgos principales en relación a un inadecuado saneamiento y a la contaminación del agua. Shigella es una causa común de diarrea en los países en desarrollo, especialmente en zonas donde la higiene y el saneamiento son deficientes.

Los protozoarios, Cryptosporidium parvum y Giardia lamblia/intestinalis han sido estudiados intensamente durante la última década, parcialmente debido a su alta resistencia ambiental y bajas dosis infecciosas, el Cryptosporidium por su asociación con algunos brotes grandes de enfermedades relacionadas con el agua, y la Giardia por su alta prevalencia como patógeno entérico. La Entamoeba histolytica es también reconocida como una infección de cuidado en países en desarrollo. La importancia general de otros como la Cyclospora y Isospora está siendo debatida actualmente.

En los países en desarrollo, las infecciones por los helmintos son de gran preocupación. Los huevos (óvulos) especialmente de Ascaris y Taenia son muy persistentes en el ambiente y por eso se los considera como un indicador de la calidad higiénica. La Anquilostomiasis es generalizada en zonas tropicales y subtropicales húmedas, y afecta a casi mil millones de personas en todo el mundo. En las naciones en desarrollo, estas infecciones exageran la desnutrición e indirectamente causan la muerte de muchos/as niños/as incrementando su vulnerabilidad a otras infecciones que normalmente podrían ser toleradas. Los huevos inefectivos de los Ascaris y anquilostomas que son excretados en las heces requieren un período de latencia y condiciones favorables en el suelo o heces depositadas para que eclosionen en larvas y se conviertan en infecciosos.

Schistosoma haematobium fue mencionado antes en relación con la excreción con la orina. Otros tipos de Schistosoma, por ejemplo S. japonicum y S. mansoni son excretados en las heces. S. japonicum es principalmente prevalente en el Lejano Oriente y S. mansoni en África y otras partes de América del Sur y Central, principalmente en Brasil. Más de 20 millones de personas están actualmente infectadas con esquistosomiasis. El uso de las heces, con respecto al de la orina, no debería

tener un impacto a menos de que la materia fecal fresca y no tratada sea aplicada cerca de las fuentes de agua dulce donde el caracol está presente.

Los patógenos de cuidado por la transmisión ambiental a través de las heces causan principalmente síntomas gastrointestinales como diarrea, vómito y dolores de estómago. Algunos podrían causar síntomas que envuelvan otros órganos y secuelas severas. La Tabla 7 muestra un listado de una serie de agentes patógenos de preocupación y sus síntomas.

Grupo	Patógeno	Enfermedad – Síntomas
Bacteria	Aeromonas spp.	Enteritis
	Campylobacter jejuni/coli	Campilobacteriosis - diarrea, calambres, dolor abdominal, fiebre, náuseas, artritis, síndrome de Guillain-Barré
	Escherichia coli (EIEC, EPEC, ETEC, EHEC)	Enteritis
	Pleisiomonas shigelloides	Enteritis
	Pseudomonas aeruginosa	Varios; bacteriemia, infecciones de la piel, otitis, meningitis, neumonía
	Salmonella typhi/paratyphi	Fiebre tifoidea y fiebre paratifoidea - dolor de cabeza, fiebre, malestar general, anorexia, bradicardia, esplenomegalia, tos
	Salmonella spp.	Salmonelosis - diarrea, fiebre, calambres abdominales
	Shigella spp.	Shigelosis - disentería (diarrea sanguinolenta), vómitos, calambres, fiebre, síndrome de Reiter
	Vibrio cholerae	Cólera - diarrea acuosa, grave y mortal si no reciben tratamiento
	Yersinia spp.	Yersinioses - fiebre, dolor abdominal, diarrea, dolores en las articulaciones, erupción
Virus	Adenovirus	Varios; enfermedad respiratoria. Aquí añadido debido a los tipos entéricos (véase más abajo)
	Enteric adenovirus 40 y 41	Enteritis
	Astrovirus	Enteritis
	Calicivirus (incl. Noroviruses)	Enteritis
	Coxsackievirus	Varios; enfermedad respiratoria; enteritis; meningitis viral
	Echovirus	Meningitis aséptica; encefalitis; a menudo asintomático
	Enterovirus tipos 68-71	Meningitis; encefalitis; parálisis
	Hepatitis A	Hepatitis - fiebre, malestar general, anorexia, náuseas, molestias abdominales, ictericia
	Hepatitis E	Hepatitis
	Poliovirus	Poliomielitis - a menudo asintomática, fiebre, náuseas, vómitos, dolor de cabeza, parálisis
Protozoarios	Cryptosporidium parvum	Criptosporidiosis - diarrea acuosa, cólicos abdominales y dolor
	Cyclospora cayetanensis	A menudo asintomático; diarrea; dolor abdominal
	Entamoeba histolytica	Amebiasis - A menudo asintomática, la disentería, malestar abdominal, fiebre, escalofríos
	Giardia intestinalis	Giardiasis - diarrea, calambres abdominales, malestar, pérdida de peso
Helmintos	Ascaris lumbricoides	En general, pocos o ningún síntoma; sibilancias, tos, fiebre, enteritis; eosinofilia pulmonar

Grupo	Patógeno	Enfermedad – Síntomas
	Taenia solium/saginata	
	Trichuris trichiura	Imperceptible a vaga molestia del tracto digestivo a emaciación con piel seca y diarrea
	Anquilostomas	Picazón, erupción, tos, anemia, deficiencia de proteínas
	Shistosomiasis spp.	

Tabla 7: Ejemplo de patógenos que pueden ser excretados en las heces (pueden ser transmitidos a través del agua y de un saneamiento inadecuado) y enfermedades relacionadas, incluye ejemplos de los síntomas que ellos pueden causar.

5.4. Enfermedades relacionadas a sistemas de saneamiento³

Aunque implementados con el objetivo de proteger la salud pública, los sistemas convencionales de tratamiento de aguas cloacales no están diseñados primariamente para la reducción de patógenos. Así y todo, han sido bastante efectivos en la reducción de la transmisión de microorganismos patogénicos.

Esto se debe tanto a la minimización del contacto humano con los efluentes cloacales como a los distintos procesos de tratamiento y la dilución del agua tratada. Los brotes nacidos en agua suelen ser generados por la contaminación del agua potable con cloacales. En los países nórdicos, se identificaron agentes etiológicos en el 36% de los brotes nacidos en agua, de los cuales el 46% era bacteriana, el 43% viral y el 11% protozoario. En el 76% de los casos detectados en EE.UU. entre 1997-1998, se detectó el agente del brote, donde un 32% fue bacteriana, 8% viral y 60% protozoario. Donde no se encuentran agentes etiológicos, la gran mayoría de los brotes son causados por virus. La transmisión vía agua o comida ilustra la capacidad de un patógeno para sobrevivir y esparcirse en el ambiente.

En muchos países que carecen de sistema cloacal se usan letrinas para la evacuación de excretas. Estas, si bien son sencillas de construir y a un precio bajo, acarrearán riesgos de transmisión de enfermedades ya sea por la contaminación de las napas o por el rebalse del pozo en épocas de lluvia. En estas áreas, las enfermedades surgidas en agua, como el cólera, siguen teniendo una prevalencia considerable y el contacto con las excretas causa infecciones de helmintos. La contaminación de las napas con nitrato también puede generar metemoglobinemia.

5.5. Transmisión de patógenos en la reutilización³

En regiones donde se usa el agua de desecho en cosechas, se ha descubierto una incidencia más alta de infecciones entéricas; aunque otros estudios no comprueban la existencia de un mayor riesgo de enfermedades infecciosas. Los brotes surgidos por alimentos regados con agua de desecho han sido documentados, al igual que los riesgos que esto atañe. La seguridad del uso del barro cloacal en agricultura ha sido largamente debatida por los riesgos químicos y microbianos.

En cuanto a los riesgos microbianos, aún no han sido debidamente caracterizados, pero no hay casos concluyentes respecto donde el barro cloacal haya causado enfermedades infecciosas. El estiércol animal se ha usado tradicionalmente como fertilizante en la agricultura y recién en estos tiempos es que se empieza a ver potenciales riesgos sanitarios en esa práctica, con la presencia de agentes zoonóticos como el EHEC, que causa serias enfermedades en humanos.

La manipulación y reutilización de los distintos tipos de productos de desecho, ya sea de origen animal o humano, involucran riesgos de higiene. Si las excretas humanas se reutilizan directamente, se la diluye con agua de desecho o si son parte de barro cloacal usado en agricultura, habrá presencia de patógenos entéricos que podrían causar infecciones por la ingestión de estos productos. Los quistes y oocistos de protozoos y huevos de helmintos son una gran preocupación en cuanto a salud pública, dado que siguen activos por períodos extendidos de tiempo una vez que salen del huésped humano. Los virus también son estudiados por sus bajas dosis infecciosas y las dificultades en analizar su presencia en productos de desecho.

Algunas soluciones para el tratamiento de agua de desechos son sistemas a baja escala que demandan un involucramiento un poco más personal por parte de los/as usuarios/as, incluyendo la manipulación de los residuos. En estas soluciones los puntos de exposición a los patógenos son mayores en comparación a un sistema tradicional. Con los objetivos principales de reciclar nutrientes y reducir el uso de los recursos naturales, muchas veces se pierden de vista los aspectos higiénicos. El uso de elementos de protección (guantes, barbijo, ropa de trabajo, etc.) acompañado de una buena higienización (lavado de manos, etc) es una buena práctica para disminuir los riesgos sanitarios.

Optimizar los sistemas alternativos de tratamiento de residuos y utilizar los productos de desecho son elementos necesarios para la evaluación completa de los riesgos de higiene de acuerdo con criterios de sustentabilidad.

5.6. Factores que influyen en la remoción de patógenos⁴

El período de tiempo transcurrido es el principal factor que afecta la supervivencia de los microorganismos en el ambiente. Si bien también son afectados por diversos factores físico-químicos y biológicos, es difícil establecer una conclusión general dado que el efecto de éstos depende del microorganismo. Inclusive, todos los factores actúan a la vez, con lo que hay distintas condiciones de supervivencia en función de la zona geográfica. Los factores que afectan especialmente a los microorganismos entéricos son:

- Temperatura: la mayoría de los microorganismos sobreviven bien en condiciones de baja temperatura (5°C) y mueren rápidamente con las altas (más de 40°C). Sin embargo, para garantizar la mortandad de todos los tipos posibles de patógenos se recomiendan temperaturas de 55-65°C. Por esta razón suele ser considerado el factor predominante en lo que hace a la inactivación viral.
- pH: Muchos microorganismos se adaptan a un nivel neutro (7). Los medios altamente ácidos o altamente alcalinos van a tener un efecto de inactivación en la mayoría de los microorganismos.
- Amoníaco: En ambientes naturales, el amoníaco generado por poblaciones bacteriales afecta el desarrollo de otros microorganismos; sin embargo, la inactivación con esta forma se asocia principalmente al tratamiento cloacal.
- Humedad: La supervivencia de microorganismos en tierra y heces depende en gran parte de este factor. Un suelo húmedo favorece la supervivencia de microorganismos, mientras que uno seco no; razón por la cual secar las heces (y por ende, la separación de residuos) es fundamental para el proceso de saneamiento.
- Radiación solar y luz UV: La desinfección con estos métodos es efectiva tanto para el agua potable como para agua de desechos.
- Presencia de otros microorganismos: A pesar de que los estudios son contradictorios en algunos aspectos, es un hecho que las bacterias afectan la supervivencia de virus.
- Fuerza iónica: Altas concentraciones de sal afectan la presión osmótica y desnaturalizan las proteínas en los microorganismos.
- Disponibilidad de oxígeno: Los virus se inactivan más rápidamente en sistemas aireados. La cantidad de oxígeno libre en el suelo afecta enormemente los procesos metabólicos de las bacterias, por lo tanto, su supervivencia.

6. Recolección, almacenamiento y tratamiento de orina

6.1. Funcionamiento del sistema de recolección de orina¹

El sistema de recolección de orina está diseñado para drenar la orina sin necesidad de descargar agua, para lo que puede conducirse a un sistema de infiltración in situ, a una cloaca o a una cámara de almacenamiento para su reutilización o disposición final. La mezcla con las aguas grises drenada a través un lecho nitrificante permite la reutilización para el riego en el ámbito domiciliario cuando los usuarios del sistema son conocidos y la dilución de la orina es abundante.

En caso de que se la considere como residuo, se podría mezclar la orina con otras vertientes de aguas residuales, como las aguas grises o de limpieza anal, dado que se pueden drenar juntas en una cloaca o pozo. Sin embargo, la no dilución de la orina con agua en el sistema de cañerías puede tener efectos negativos debido a la formación de precipitados de orina (piedras de orina), lo que puede ocasionar bloqueos.

Esta dilución es también una desventaja en un sistema de almacenamiento de orina, dado que requeriría un tanque de un volumen mucho mayor o un vaciamiento más frecuente. Adicionalmente, el aumento en el pH de la orina durante la etapa de almacenamiento es menos pronunciado cuando está diluida, con lo que el proceso de saneamiento es menos efectivo. Sin embargo, podría ser una opción mezclarla con el agua de la ducha y lavamanos en caso de que la orina se use en un sistema de irrigación in situ que no requiera almacenamiento.

En resumen, las tres opciones factibles para la recolección de orina son:

1. Orina sin diluir, proveniente de baños secos con separación de orina y mingitorios, que se drena directamente en pozos para su disposición final o en un lecho nitrificante para su reutilización o disposición final.
2. Orina sin diluir, proveniente de baños secos con separación de orina y mingitorios, que se almacena en tanques para su reutilización en agricultura o transportado para su disposición final.
3. Orina mezclada con otras vertientes residuales, que se descarga en una cloaca, lecho nitrificante, sistema de irrigación subsuperficial u otra forma de tratamiento.

No deberían introducirse elementos foráneos en el sistema de drenado, dado que éstos incrementarán la probabilidad de formación de bloqueos.

6.2. Cantidad de orina²

La cantidad de orina producida por un adulto está entre los 0,8 y 1,5 litros diarios, y depende de cuánto líquido beba y de cuánto se transpire. Los niños producen aproximadamente la mitad de estos valores. Un promedio muy utilizado en diseños de sistemas de saneamiento, realizado en función de datos suecos, es 1,5 litros diarios per cápita o 550 litros per cápita por año.

6.3. Calidad de orina²

La descripción de la calidad de la orina presente en este apartado aplica a la orina no contaminada con elementos de materia fecal.

Además, cabe destacarse que la calidad de la orina recolectada depende de la salud y el estilo de vida de la persona que la excreta, así como también de cuán bueno sea el sistema de recolección. Por ejemplo, si se recolecta de un hospital o de un hogar de ancianos, es más probable que contenga residuos farmacológicos que la orina de personas jóvenes y sanas; y si fuese conducida a través de cañería de cobre, puede que tenga una concentración más alta de este metal. Esto tiene que tenerse en cuenta en la fase de diseño, principalmente si se planea la reutilización.

6.3.1. Patógenos²

La orina en la vejiga de una persona sana es estéril (no contiene patógenos). Sólo unas pocas enfermedades se transmiten a través de patógenos en la orina. La única enfermedad que debe ser considerada desde una perspectiva de riesgos posibles en cuanto al uso agrícola de la orina, es el *schistosoma haematobium*, y sólo en áreas donde esta enfermedad sea endémica.

6.3.2. Nutrientes²

Los macronutrientes en la orina incluyen nitrógeno, fósforo, potasio y azufre (N, P, K y S), de los cuales los dos primeros son los más importantes. Se estiman los siguientes datos (obtenidos en función de datos suecos, pero adoptados como universales):

- Cantidad de nutrientes excretados con la orina: 4 kgN/cap/año, 0,36 kgP/cap/año y 1 kgK/cap/año.
- Concentración de macronutrientes en la orina: 7.300 mg/L N, 670 mg/L P, 1.800 mg/L K.
- El 80% del nitrógeno que excreta una persona es a través de la orina y el resto con las heces. Por lo tanto, en términos de fertilizante en base a nitrógeno, la orina reviste mayor importancia. En cuanto al fósforo, el 55% se excreta con la orina y lo restante con las heces.

La composición química de la orina fresca y almacenada se resume en la tabla a continuación:

Parámetro	Orina fresca	Orina almacenada
pH	6,2	9,1
Nitrógeno total (mg/L)	8830	9200
Amonio/Amoníaco (mgN/L)	460	8100
Nitrato/Nitrito (mgN/L)	0.06	0
Demanda química de oxígeno (mg/L)	6.000	10.000
Fósforo total (mg/L)	800 – 2000	540
Potasio (mg/L)	2740	2200
Azufre (mg/L)	1500	1500
Sodio (mg/L)	3450	2600
Magnesio (mg/L)	120	0
Cloro (mg/L)	4970	3800
Calcio (mg/L)	230	0

Tabla 8: Composición de la Orina.

Además, cabe aclarar las siguientes observaciones relevantes:

- La orina fresca contiene nitrógeno principalmente en forma de urea; la orina almacenada lo contiene en forma de amonio/amoniaco.
- El descenso en los niveles de fosfato, magnesio y calcio en la orina almacenada –comparada con la fresca- se da por los procesos de precipitación durante el almacenamiento.

6.3.3. Micro contaminantes²

Los microcontaminantes presentes en la orina corresponden a las siguientes categorías:

- Hormonas naturales.
- Residuos farmacéuticos, incluidas las hormonas producto de las pastillas anticonceptivas.
- Metales pesados.
- Compuestos orgánicos persistentes (COP), entre los que se encuentran agroquímicos como el glifosato o DDD, derivado del DDT.

Cabe mencionar que estudios recientes indican que los COP también están presentes en la sangre y orina independientemente de si fueron ingeridos directamente: se demostró que compuestos agrotóxicos como el glifosato se evaporan y se depositan con las lluvias.

La orina es un medio muy importante para que el cuerpo elimine los productos orgánicos tóxicos para el cuerpo, los cuales son fácilmente biodegradables por los microorganismos presentes en la tierra exceptuando los COP. Las dos primeras categorías tienen lugar con más frecuencia en la orina y pueden ser tratados.

6.4. Tratamiento de orina

El almacenamiento de la orina en contenedores cerrados es una opción viable y práctica para prepararla en miras a su uso en agricultura.

Los factores que determinan la supervivencia de los patógenos en la orina son el tiempo de almacenamiento, temperatura, pH y concentración de amoníaco. Las temperaturas de más de 20°C, un pH superior a 9, concentraciones altas de amoníaco y un tiempo prolongado hacen que los niveles de patógenos decaigan de forma significativa; en este sentido, cabe resaltar que la dilución de la orina con agua atenta contra la concentración de amoníaco y el pH.

La descomposición de la urea de la orina en amoníaco e hidrogenocarbonatos lleva a concentraciones relevantes de la primera y el incremento del pH a través de la caída de la concentración de iones de hidrógenos disueltos. Ambos procesos son confiables para la muerte de los patógenos, efecto que es más eficiente aún en temperaturas cálidas y con baja dilución de orina.

El tiempo recomendado de almacenamiento depende de si la orina se recolectó en hogares o en sistemas de mayor escala, si la orina se usará en escala familiar o si va a ser vendida como producto, así como también de la temperatura del ambiente.

Las recomendaciones siguientes aplican en la mayoría de las situaciones:

- Los sistemas hogareños o mingitorios requieren sólo una o dos semanas de almacenamiento cuando la familia usa la orina en un jardín local o en caso de que la producción sea consumida enteramente por los miembros de la familia.
- En sistemas de gran escala y situaciones donde la comida fertilizada con orina es consumida por otros: si se aplica en cosechas consumidas previa cocción, se requiere al menos un mes de almacenamiento. Si se usa en verduras que se comerán crudas, se recomienda al menos seis meses.
- La orina fresca y sin almacenar no debe usarse nunca como fertilizante en áreas donde se sospechen casos de fiebre tifoidea o paratifoidea.

6.4.1. Objetivos del tratamiento²

El tratamiento de la orina tiene los siguientes objetivos:

- Eliminar los patógenos (objetivo principal): la orina recolectada puede ser contaminada con patógenos fecales si los usuarios se descuidan y depositan heces en el compartimento de la orina de un inodoro con separación de orina (a esto se le llama contaminación cruzada). Como se ha dicho con anterioridad, la orina pura es potencialmente libre de patógenos.
- Reducción de volumen por evaporación o conversión a forma sólida (estruvita) para reducir costes de transporte.
- Extracción (y concentración) de nutrientes.
- Eliminación de microcontaminantes.

6.4.2. Tratamiento durante el almacenamiento²

La forma más simple y económica de tratar la orina con para eliminar los patógenos es a través del almacenamiento prolongado en tanques.

El almacenamiento de orina (sin diluir) es un método eficiente para la reducción de patógenos: la descomposición de la urea en amonio/amoníaco e hidrogenocarbonatos (lo que es facilitado por la ureasa) lleva a un incremento en el valor del pH (alrededor de 9) que tiene un efecto saneador, lo que quiere decir que las bacterias, parásitos protozoarios, virus y helmintos intestinales mueren con el tiempo. Un ambiente con baja dilución con agua y altas temperaturas acelera este efecto.

Para garantizar que la reutilización de la orina sea segura se deben cumplir las recomendaciones sobre el tiempo de almacenamiento. Además, se deben enfatizar en realizar análisis de las condiciones microbiológicas y químicas de efluente tratado previo a su uso, restricción de cultivos con inspección frecuente y fuerte poder de policía, cercar los canales de conducción, campañas de promoción sanitaria y exigir uso de ropas de protección y calzado.

- La orina proveniente de escalas mayores (comunitarias, por ejemplo), donde la contaminación cruzada no puede ser descartada, debería almacenarse por lo menos durante un mes. Para un margen mayor de seguridad, se puede almacenar por seis meses (en ese caso, se podría utilizar en cualquier sitio). Si el nivel de amoníaco es superior a 2 mgN/L, requiere menos tiempo de almacenamiento.
- No se necesita almacenamiento cuando es orina de producción propia (o sistemas donde la contaminación cruzada no puede tener lugar) y se utiliza en cosechas de consumo personal. Esto sucede porque la transmisión de potenciales enfermedades producto de la orina es mucho menos probable cuando la interacción cotidiana es entre los miembros de la misma familia.

6.4.3. Otras tecnologías de tratamiento²

Las técnicas avanzadas para el tratamiento de la orina incluyen procesos biológicos (nitrificación), procesos químicos (precipitación de estruvita, ozonificación) o procesos físicos (basados en membranas). Algunos de estos métodos de alta tecnología (como la ozonificación y los basados en membranas) pueden eliminar también microcontaminantes de la orina.

6.5. Sistemas de almacenamiento para orina¹

Cuando la infiltración local no es posible o deseada, se requieren tanques de almacenamiento de orina para su disposición final en otro lugar. Estos contenedores cumplen cuatro funciones.

1. Sanear la orina en caso de usarse como fertilizante en agricultura.
2. Hacer que la orina sea fácilmente transportable, en el caso de que los contenedores sean pequeños.
3. Acumular fertilizante hasta que sea necesario, especialmente con áreas con largos lapsos entre ciclos de plantado, como por ejemplo áreas con climas fríos o con temporadas de lluvias pronunciadas.
4. Proveer suficiente capacidad de almacenamiento en función de la frecuencia prevista del vaciado del tanque de orina.

6.5.1. Contenedores y tanques¹

Los recipientes donde se almacene la orina deben ser completamente impermeables y equipados con una tapa hermética para prevenir la emisión de olores y la pérdida de nitrógeno a través de la evaporación del amonio; en paralelo, deberían ser de vaciado sencillo.

Los sistemas de almacenamiento de orina típicamente emplean una de estas tres configuraciones:

1. Dos o más contenedores de plástico de 20 litros que se van llenando con la orina de un hogar con un baño seco con separación de orina, almacenados por poco tiempo y aplicados a las siembras de los usuarios. Alternativamente, estos contenedores pueden ser juntados por proveedores externos de servicios y transportados a otra parte para su almacenamiento.
2. Dos tanques de tamaño medio (por ejemplo, 1 m³) que se llenen alternativamente con la orina de varios baños secos con separación de orina, y almacenados por una duración mayor antes de su uso agrícola.
3. Un tanque grande (por ejemplo, 5 m³) compartido entre muchos baños secos con separación de orina que sea vaciado por un proveedor externo y transportado a una instalación donde se la almacene.



Figura 28: Contenedores de plástico de 20 litros



Figura 29: Tanque de tamaño medio



Figura 30: Tanque grande

Los contenedores plásticos de 20 litros son la opción más utilizada para almacenamiento de corto plazo, dado que son ampliamente disponibles y pueden ser transportados con facilidad y vaciados a mano. El uso de contenedores traslúcidos permite que se monitoree el nivel de orina y se cambie en el momento en que se llena. Los tanques de agua de lluvia (de materiales que no sean metálicos) y tambores de plástico pueden ser fácilmente modificados para la recolección de orina y almacenamiento, en caso de que se requieran mayores volúmenes de almacenamiento.

El volumen de almacenamiento requerido se calcula multiplicando la producción diaria de orina en el inodoro por el número de días de almacenamiento deseado, ya sea para su saneamiento/reutilización o frecuencia de vaciado.

Por ejemplo, una persona produce aproximadamente 1,5 litros de orina al día, lo que corresponde a 7,5 litros diarios en un hogar de cinco personas. Teniendo en cuenta que éstas no se encuentran todo el día en la casa, se estima una reducción de un tercio del volumen calculado, resultando así cinco litros en total. Después de cuatro días, se habrá llenado un contenedor de 20 litros, y debería almacenarse por 14 días; por lo tanto, un hogar de cinco personas requeriría aproximadamente cinco contenedores de 20 litros cada uno para lograr el tiempo de almacenamiento deseado.

Para los propósitos de la recolección, los contenedores de orina deben ubicarse en una cámara dedicada a ello, una sección segregada de la bóveda de las heces o afuera de la superestructura. Para que tenga lugar el drenaje de la orina mediante gravedad, los tanques deben estar a una altura tal que permita una inclinación suficiente de los caños. En muchas situaciones, esto implica que los contenedores deben instalarse en superficies subterráneas; en esos casos, los tanques tienen que ser lo suficientemente rígidos como para soportar sobrepeso adicional sin que colapse.

El uso de tanques más grandes minimiza la frecuencia de vaciado, pero a un costo considerablemente mayor. Además, puede que necesiten un caño de desagote que vaya a un pozo de orina en caso de que se llenen; esta clase de dispositivos no son necesarios en tanques más pequeños porque son más fáciles de mover y vaciar.

6.5.2. Vaciado de tanques de orina¹

Los tanques pequeños y a nivel del suelo pueden ser vaciados fácilmente, mientras que los grandes y subterráneos requieren bombeo. Es esperable la presencia de malos olores mientras se lo vacía, y si bien es durante un plazo muy corto, debe tenerse presente a la hora de la planificación logística junto con los/as usuarios/as y proveedores.



Figura 31: T. Orina 1



Figura 32: T. Orina 2



Figura 33: T. Orina 3

Para los tanques subterráneos grandes, se recomiendan canillas de plástico, así como también evitar el uso de metal para que éste no se corra. Sin embargo, las canillas de plástico por lo general son de baja calidad con lo que hay más riesgo de rotura o fatiga del material por la exposición prolongada a rayos UV. Por lo tanto, deben ser de la mejor calidad posible, protegidas del sol y firmemente adheridas al tanque para prevenir filtraciones. Se recomiendan también protecciones adicionales, como soportes, cemento y otros materiales.

Una solución simple puede ser conectar una manguera flexible a la salida del fondo del tanque, doblar la manguera y asegurar el extremo (el de salida) a un nivel de elevación superior al del máximo del tanque. De esta forma, con mover la manguera por debajo de ese nivel la orina puede ser drenada del tanque.

La orina puede ser extraída de tanques subterráneos usando bombas manuales de plástico o metal: la corrosión en este caso puede evitarse limpiando la bomba con agua inmediatamente después de cada uso.

6.5.3. Control de olor de cañería y almacenamiento¹

Los olores en los sistemas de recolección de orina pueden darse como resultado de la interacción de la orina con la atmósfera. Cuando es expuesta al aire, la urea contenida en la orina gradualmente se descompone en amoníaco, que es la fuente habitual de olores desagradables en la recolección y almacenamiento. La evaporación del amonio puede llevar a una pérdida de nitrógeno, lo que reduce su eficiencia como fertilizante.

El olor aparece cuando hay orina estancada o que quedó en algún pliegue de una manguera o en cañerías sin la inclinación necesaria. Esto se observa particularmente en baños secos con separación de orina con caños de descarga de gran longitud, como por ejemplo las instalaciones con múltiples asientos en baños de uso público. Independientemente de la longitud del sistema, el estancamiento puede evitarse si se asegura una inclinación apropiada, evitando depresiones en las juntas y minimizando la cantidad de codos.

Los pozos usados para la infiltración de orina generalmente no son fuentes de olor, pero si se inundan o si se traban con partículas o biomasa, la orina puede estancarse en la superficie y emitir olores. Se necesita una evaluación adecuada de las condiciones subsuperficiales previa a la instalación de un pozo para garantizar que la conductividad hidráulica sea apropiada para la infiltración deseada.

Si se usan tanques para la recolección y almacenamiento de orina, el flujo entrante desplaza el aire en el tanque (igualando presiones), que puede escaparse hacia el cubículo del inodoro y causar olores. Las siguientes medidas en los diseños pueden ayudar a evitar esta situación:

- La salida de la descarga de orina debe estar sumergida cerca del fondo del tanque de almacenamiento, creando un sello líquido dentro del caño (trampa de agua).
- El área periférica al tanque debe estar bien ventilada, y el tanque y el sistema mismo de cañerías debe estar ajustado (aunque no completamente hermético) para permitir que se igualen las presiones.
- El tanque puede estar ventilado con un caño situado sobre el techo. Sin embargo, esta solución sólo es apropiada en situaciones cuando la orina no se use con aplicaciones agrícolas, dado que habrá cantidades significativas de nitrógeno que se pierden en la atmósfera.

Los sellos de agua convencionales, como p-trap, codos en U o trampas de botella son incorporados, en algunos diseños, en la interfaz del usuario. La orina misma opera como sellador entre el cubículo del baño y el tanque primario de almacenamiento, y emite cantidades mínimas de olor del volumen de la orina contenida en la trampa. Sin embargo, esas trampas pueden ser lugares donde haya obstrucciones, con lo que no se recomiendan.

6.6. Transporte de orina¹

El transporte vehicular de la orina puede ser necesario cuando la disposición final en el mismo sitio no es posible y el lugar de almacenamiento y tratamiento está lejos de los baños con separación de orina. La orina puede ser transportada en recipientes plásticos, barriles o "packs grandes" (cubos plásticos de 1 m³) cargados en camiones.

Si hay volúmenes grandes de orina, inclusive pueden necesitarse camiones atmosféricos. Si bien se han implementado servicios de transporte —a una escala piloto— en Burkina Faso y Bolivia, los costos de transporte para la orina pueden ser prohibitivos por los grandes volúmenes en comparación a las heces.

6.7. Disposición de orina por infiltración¹

La infiltración de la orina en el suelo puede ser una opción viable en situaciones donde el riesgo de la polución subterránea sea inexistente, o bien donde el agua de napas no se use como fuente de agua bebible. La infiltración en el mismo lugar es el método más sencillo de administrar la orina dado que no requiere almacenamiento, tratamiento o transporte.

Por otro lado, esta disposición puede ser un desperdicio de recursos valiosos contenidos en la orina, tales como fósforo, nitrógeno, potasio, sulfuro y micronutrientes que pueden estimular el crecimiento de las plantas. Sin embargo, hay razones válidas por las cuales podría no usársela como fertilizante, incluyendo limitaciones de terreno, distancias a las zonas agrícolas o motivos culturales.

Cabe mencionar que la infiltración puede (y debe) hacerse de forma responsable con el medio ambiente. Por ejemplo, puede infiltrarse cerca de árboles frutales, arbustos u otras plantas que hagan uso de estos nutrientes y a la vez reduzcan la posibilidad de que se contaminen las napas con nitratos y otros contaminantes, como residuos farmacéuticos.

7. Colección, almacenamiento y tratamiento de heces

7.1. Funcionamiento del sistema de recolección de heces¹

Las cámaras del baño seco con separación de orina tienen la función de recolectar y almacenar las heces. Éstas necesitan ser contenidas de forma segura para asegurar que no haya contacto humano. Para esto, se requiere una puerta en la bóveda o algún otro medio para evitar el contacto directo o indirecto, ya sea humano o animal, a la vez que permita un acceso a ella con el objetivo de limpiarla y vaciarla con la frecuencia necesaria. Además de las heces, la bóveda también almacena el papel higiénico y material de cobertura vertido, recolectado directamente en la cámara (doble cámara de deshidratación) o en los contenedores intercambiables (cámara simple con contenedores).

La segunda función más importante de las cámaras es proveer un ambiente sin humedad para que la materia fecal se seque y no emita olor. Esto se logra instalando las bóvedas por sobre el nivel del suelo y evitando que la lluvia o el agua penetre; además, debe haber una correcta ventilación para que se fuguen olores y humedad.

Esta condición en la cámara facilita la deshidratación de las heces, convirtiéndolas en un material seco e inofensivo (dependiendo de la cantidad de tiempo de almacenamiento). El proceso de deshidratación también colabora con la muerte de los patógenos, aunque no es suficiente.

7.2. Cantidad de heces¹

En promedio, un adulto excreta entre 0,12 y 0,4 kilos de heces diarias –o 44 - 146 kilos anuales, en otros términos- dependiendo de la dieta y la cantidad de comida ingerida. Para el cálculo de volúmenes se suele utilizar 0,2 m³ por persona por año. Por ejemplo, en Kenia, la dieta vegetariana y con alto contenido de fibra eleva el número a 0,53 kilos diarios en promedio; mientras que la dieta con alto contenido de proteínas en Suecia da un promedio diario de 0,14 kilos.

En caso de no existir información local, la presente tabla puede servir de guía:

Parámetro	Unidad	Heces	
		Dieta con alto contenido proteico	Dieta con alto contenido de fibra
Masa húmeda	Kg/persona/día	0,12	0,4
	Kg/persona/año	44	146
Contenido de agua en la masa húmeda	%	80	80
Nitrógeno	g/persona/año	550	No disponible
Fósforo	g/persona/año	183	No disponible
Agua tras seis meses de deshidratación	%	25	25
Masa deshidratada	Kg/persona/año	20	66

Tabla 9: Composición de las heces

Como se ve en la tabla, las heces contienen alrededor de 80% de agua, con lo que el proceso de almacenamiento y deshidratación reduce considerablemente el volumen de heces: un estudio en Kenia mostró una reducción del 40% en un período de tres meses y medio.

7.3. Calidad de heces¹

Las heces contienen patógenos que pueden causar una variedad de enfermedades, incluyendo diarrea, fiebre tifoidea, cólera e infecciones de parásitos. Las especies de patógenos son microorganismos infecciosos de cuatro categorías: virus, bacteria, protozoa y gusanos intestinales (también llamados geohelminths o nematodos parasíticos). La presencia de patógenos en las

heces depende de si la persona está infectada o si es simplemente portadora de los patógenos en cuestión. Muchos se transmiten fácilmente de forma fecal-oral, ya sea directamente (contacto de manos contaminadas) o indirectamente (contaminación fecal de agua y comida). Además, muchos patógenos se ven esparcidos por las moscas, entre otros factores.

Los protozoos y virus no pueden crecer por fuera del huésped, con lo que su número decrece con el tiempo. Por otro lado, las bacterias patógenas, como el cólera o tífus, pueden sobrevivir indefinidamente por fuera del cuerpo bajo condiciones favorables. Sin embargo, mientras que las bacterias no patogénicas crecen bajo esas condiciones, las patógenas no se multiplican.

Los gusanos parasíticos son transmitidos por lo general a través del suelo contaminado con materia fecal sin tratar, ya sea por defecación a cielo abierto o por aplicaciones agrícolas de agua de desecho sin tratar o barros fecales. Éstos, conocidos como geohelminths, incluyen gusanos redondos como áscaris lumbricoides también llamada lombriz intestinal o simplemente ascaris, trichuris trichiura o tricocéfalo, el parásito gusano enrollado ancylostoma duodenale y el gusano necator americanus o necator americano causantes de anquilostomas. Una gran parte de la población mundial sufre de infecciones vinculadas a estos gusanos, especialmente en regiones con climas cálidos y húmedos con un saneamiento pobre. Los niños se ven más afectados y están más en riesgo.

Los huevos de helmintos están en las heces de personas infectadas. La infección del ascaris y el parásito gusano enrollado ocurre principalmente a través de la transmisión fecal-oral de dichos huevos; mientras que los huevos de gusanos no causan infección una vez ingeridos, sino que se incuban en el suelo, liberando unas larvas que, en su forma madura, pueden penetrar la piel de una persona.

Al tener una cáscara gruesa, los huevos de helmintos son más resistentes al tratamiento y más persistentes que otros tipos de patógenos: por ejemplo, los huevos de ascaris y los parásitos gusanos enrollados o tricocéfalos pueden sobrevivir por años en el suelo. La concentración de huevos de helmintos en las cámaras de deshidratación depende de la prevalencia y la gravedad de la infección de los usuarios del baño.

7.4. Tratamiento de heces

7.4.1. Objetivos del tratamiento en baños secos con separación de orina¹

El objetivo del tratamiento de estos baños es obtener un producto seco, inodoro, inofensivo y parcialmente saneado que pueda ser manipulado de forma segura al momento de vaciar la cámara o de su disposición final o reutilización. El objetivo no es lograr una remoción completa de los patógenos (incluyendo los huevos de helmintos) dado que toda la bibliografía indica que esto no puede ser garantizado bajo circunstancias normales en un baño seco con separación de orina. La eficiencia del tratamiento depende del almacenamiento de la materia fecal por varios meses sin que se le agregue contenido fresco.

7.4.2. Tratamiento de heces

7.4.2.1. Procesos de tratamiento durante recolección y depósito¹

El tratamiento de las heces comienza en la recolección y continúa durante el período de almacenamiento. Los cuatro factores más importantes para el tratamiento son el contenido de humedad (sequedad), duración, elevación de temperatura y valor de pH. De estos, la sequedad, la duración y en menor medida el pH son los más controlables, con lo que son los métodos más confiables de tratamiento en un baño seco con separación de orina. El incremento de temperatura, sin embargo, no debería ser el método primario en tanto es un método poco confiable en la práctica.

La deshidratación describe la pérdida de humedad en las heces en un cierto período de tiempo. El contenido de humedad en las heces frescas es de aproximadamente 80% y decrece gradualmente a lo largo del proceso de recolección y almacenamiento, evacuándose el vapor de agua por los caños de ventilación del baño. La mayor parte de la muerte de los patógenos en el tratamiento ocurre en el proceso de deshidratación. Ésta también provoca cambios físicos en las heces, desde el cambio en la textura hasta el abatimiento del olor, lo que lo hace menos ofensivo de manipular. La adición de material seco de cobertura colabora con la deshidratación, absorbiendo la humedad de las heces. Sin embargo, este proceso sólo se da efectivamente si las cámaras proveen las condiciones apropiadas (ambiente seco y almacenamiento prolongado).

La OMS recomienda un contenido de agua menor al 25% a la hora del tratamiento en su almacenado. Estos niveles pueden ser obtenidos con mayor seguridad en un baño seco con separación de orina de doble cámara y en consecuencia obtener un proceso de tratamiento relevante. La deshidratación en los sistemas con contenedores es menor por tener menos tiempo de almacenamiento y recolección, así como la capacidad inferior de ventilación de éstos.

Cuando se logra un nivel de humedad menor al 5%, resulta en el saneamiento completo de las heces y muerte de los huevos de helmintos; sin embargo, estos niveles no pueden ser obtenidos sin que haya condiciones muy cálidas, áridas y tiempos muy prolongados de almacenamiento.

El tiempo de almacenamiento juega un rol crucial en el tratamiento de heces, dado que la mayoría de los patógenos muere naturalmente una vez que se encuentra fuera del cuerpo humano (exceptuando a los huevos de helmintos). Después de la excreción, la carga de patógenos se reduce de forma natural a través de la competencia con otros microorganismos, así como la acción de antibióticos. Además, cuanto más tiempo dure el almacenamiento, más patógenos morirán por darse un mejor proceso de deshidratación e incremento de temperatura y posiblemente pH.

El tratamiento de alcalinidad involucra el incremento del pH en la bóveda. La adición de material alcalino, como ceniza de madera o cal puede resultar en un valor de pH por arriba de 9, lo que reduce de forma significativa la carga de patógenos durante la recolección y almacenamiento. Sin embargo, la experiencia práctica demuestra que la disponibilidad de este tipo de materiales suele ser limitada y que los niveles tan altos de pH no pueden ser garantizados, o por lo menos no en toda la pila de materia fecal.

El aumento de la temperatura también puede tener un impacto en los patógenos, dado que es limitado el rango en el cual pueden sobrevivir. La mayoría de los microorganismos muere rápidamente en altas temperaturas (más de 40° o 50°C); en este sentido, la tasa de mortalidad de patógenos desciende en zonas con temperatura ambiente de entre 4-20°C en comparación a aquellas con temperaturas de 20-35°C.

Muchos diseños antiguos de baños secos con separación de orina bregan por la instalación de tapas inclinadas como un mecanismo de transferencia de calor del exterior a la cámara de deshidratación. Sin embargo, estos diseños por lo general no logran sostener la temperatura necesaria (50°C) el tiempo necesario para garantizar un saneamiento efectivo de la materia fecal.

Hay una variedad de procesos de tratamiento que se dan también en la cámara de heces: durante la recolección se da una cierta cantidad de descomposición aeróbica de las heces, en caso de que el contenido de humedad sea lo suficientemente elevado. Sin embargo, la contribución al proceso de saneamiento y eliminación de patógenos es irrelevante. La tasa de descomposición orgánica en las cámaras de deshidratación se ralentiza y eventualmente se detiene cuando el contenido de humedad desciende hasta cierto punto. Es posible operar un baño seco con separación de orina como un baño de compostaje a través del incremento de humedad y adición de más material orgánico, pero el proceso de saneamiento no es tan efectivo.

7.4.2.2. Procesos de tratamiento durante el almacenamiento⁴

El número de patógenos en la materia fecal durante el almacenamiento se reducirá con el tiempo por el decrecimiento natural, sin ningún tratamiento adicional. El tiempo de reducción o eliminación está regido por el tipo de microorganismos y las condiciones de almacenamiento. La temperatura ambiental, el pH y la humedad, entre otros afectarán la inactivación, así como también la competencia biológica. Las condiciones durante el almacenamiento varían, y de igual manera lo hacen las tasas de decrecimiento, por lo que se dificulta la predicción de tiempos apropiados de almacenamiento.

En 1983, se compiló una gran cantidad de información basada en estudios de literatura de la reducción de patógenos e indicadores de reducción en diferentes materiales, incluyendo excretas usadas como fertilizantes y heces. La información se presenta como "valores menores a" como se muestra en la Tabla 10, y no considera las concentraciones iniciales, pero se enfoca en la inactivación total. De estudios adicionales se estimó los tiempos de reducción decimal para varios tipos de patógenos (valores-T90 dados para 20°C en la Tabla 10). Los estudios existentes de la inactivación de patógenos en las heces humanas son, no obstante, pocos, considerándose otros materiales como el estiércol animal y los lodos residuales para estimar las tasas de inactivación. Sobre la base de los valores T90 los tiempos necesarios para la inactivación decimal fueron similares a los valores presentados para una inactivación total. Si las concentraciones iniciales son altas y se aplica el decrecimiento de la cinética de primer orden, el tiempo para un decrecimiento total podría ser significativamente más largo. La cinética de primer orden es, sin embargo, no necesariamente aplicable durante un almacenamiento prolongado. Se debe señalar que los últimos cálculos solamente consideran almacenamiento y no un tratamiento adicional.

La inactivación de patógenos en el suelo es adicionalmente importante para el riesgo relacionado al uso de la excreta, aunque el tratamiento del material debe buscar la reducción substancial de los patógenos antes de que este sea aplicado en el campo. En la Tabla 2 se dan valores comparativos de inactivación decimal, una vez más, con tiempos de supervivencia mayores reportados en la literatura reciente que los estimados por Feachem et al. En los cultivos, sin embargo, la tasa de inactivación es a menudo considerada más rápida con valores T90 en el rango de unos pocos días.

Si se aplica la "zona de seguridad" en la Figura 1, como mínimo un año de almacenamiento es necesario a temperatura ambiental, sin tratamiento adicional, según el valor guía establecido para los helmintos por la OMS.

En un estudio sudafricano, se encontró Salmonella en heces almacenadas luego de un año. Se roció las heces con cenizas vegetales, dando un pH de 8,6-9,4, por lo que este estudio es una combinación de almacenamiento y tratamiento alcalino. La Salmonella pudo haber crecido en el material. Volteos semanales de la pila fecal en lugar de tenerlo en contenedores de plástico causaron una alta reducción de los patógenos y de los indicadores fecales, y resultaron en una humedad baja.

La aireación puede incrementar la inactivación y un compostaje parcial puede haberse dado (no se reporta la temperatura). El volteo manual, sin embargo, expondrá a la persona que manipula el material a las heces no higienizadas.

En un estudio danés, se calcularon los riesgos posteriores relacionados con el uso de las heces que han sido almacenadas por 0-12 meses sin tratamiento adicional. Los *Ascaris* presentaron el riesgo mayor con un 100% de riesgo de infección a la exposición de personas vulnerables después de una ingestión accidental del material, si una persona en la vivienda estuvo infectada durante el período de recolección. Los protozoos *Giardia* y *Cryptosporidium*, y el rotavirus, que son de mayor preocupación en el contexto danés, dieron como resultado riesgos del 10-90% después de su ingestión accidental durante la manipulación o utilizando heces no almacenadas en el jardín. Después de un almacenamiento de 6 meses el riesgo fue extrapolado para ser del 10% mientras que luego de 12 meses era típicamente de alrededor de 1:1000. El riesgo para la hepatitis A o infecciones bacterianas fue generalmente más bajo. El almacenamiento se asumió que ocurrió a temperaturas alrededor de 20°C y la información reportada para este rango de temperatura fue usada para calcular la reducción de patógenos (Tabla 2).

En un estudio realizado en Vietnam se concluyó que un bajo contenido de humedad tiene un efecto beneficioso, con la más rápida inactivación de bacteriófagos en las letrinas con el menor contenido de humedad. Estas letrinas tuvieron también un pH alrededor de 9 y temperaturas más altas que en el estudio anterior. Una inactivación total de *Ascaris* fue registrada dentro de seis meses. La inactivación no fue estadísticamente relacionada con un único factor en las letrinas, pero se sugirió que la combinación de una alta temperatura y de un pH alto contribuyó a la reducción principal (Tabla 3).

En El Salvador, se condujo un amplio estudio de la materia fecal recolectada en los inodoros desviadores de orina. Los/as usuarios/as añaden material para incrementar el pH de la materia fecal, sin embargo, el registro de algunos valores de pH alrededor de 6 implica que, en algunos inodoros, el tratamiento se da únicamente por almacenamiento. El análisis de supervivencia indicó que los coliformes fecales sobrevivirían más de 1.000 días y que los *Ascaris* alrededor de 600 días en letrinas con un pH menor a 9.

El almacenamiento es especialmente beneficioso en climas cálidos secos resultando en la deshidratación del material y un bajo contenido de humedad que ayudan a la inactivación de los patógenos. Si toda la materia fecal se seca debidamente, el decrecimiento de los patógenos se facilita. Se da una rápida destrucción de los patógenos a niveles de humedad menores a 25% y que este nivel debería ser buscado en los inodoros de saneamiento ecológico que se basan en la deshidratación (es decir de almacenamiento). El bajo contenido de humedad es también beneficioso para reducir el mal olor y los criaderos de mosquitos. El rebrote de patógenos bacterianos puede sin embargo ocurrir luego de la aplicación de humedad (agua) o si el material es mezclado con suelo. La deshidratación no es un proceso de compostaje y cuando la humedad es añadida los componentes orgánicos fácilmente metabolizados contribuirán al crecimiento bacteriano, incluyendo por ejemplo *E-coli* y *Salmonella*, si pequeñas cantidades de estos están presentes o son introducidas en el material.

Los quistes de los protozoos son sensibles a la deshidratación y esta afecta también su supervivencia en las superficies de las plantas. Los niveles normales de humedad no inactivan los huevos de los *Ascaris*, se requieren valores menores al 5%. Se carece actualmente de información del tiempo eficaz correspondiente.

Micro 53 organismos	Hecesy lodos residuales ^a 20-30°C	Heces T ₉₀ ^b ~20°C	Suelo ^a 20-30°C	Suelo T ₉₀ ^b ~20°C	Suelo ^c max absoluto ^d / normal max
Bacteria					1 año/ 2 meses
Coliformes fecales	<90 norm. <50	15-35 (<i>E. coli</i>)	<70 norm. <20	15-70 (<i>E. coli</i>)	
Salmonella	<60 norm. <30	10-50	<70 norm. <20	15-35	
Virus	<100 norm. <20	Rotavirus: 20-100 Hepatitis A: 20-50	<100 norm. <20	Rotavirus: 5-30 Hepatitis A: 10-50	1 año/ 3 meses
Protozoos (<i>Entamoeba</i>)	<30 norm. <15 ^e	<i>Giardia</i> : 5-50 <i>Cryptosporidium</i> : 20-120	<20 norm. <10 ^e	<i>Giardia</i> : 5-20 <i>Cryptosporidium</i> : 30-400	? /2 meses
Helmintos (huevos)	Algunos meses	50-200 (<i>Ascaris</i>)	Several months	15-100 (<i>Ascaris</i>)	7 años/ 2 años

Tabla 10: Tiempos de supervivencia estimados y valores de reducción decimal para patógenos durante el almacenamiento de las heces y en el suelo, dados en días si no se establece de otra manera. No se aplica ningún tratamiento adicional.

^d Máximo absoluto para la supervivencia es posible durante circunstancias inusuales como una temperatura baja constante o en condiciones bien protegidas.^a

^e Falta información para Giardia y Cryptosporidium; sus quistes y ooquistes podrían sobrevivir más tiempo que los tiempos indicados aquí para los protozoos.^a

7.4.2.3. Tratamiento térmico⁴

El calor es una de las maneras más efectivas de los patógenos y es un parámetro usado para alcanzar la inactivación en la mayoría de procesos aplicados, por ejemplo, en el tratamiento de lodos residuales. La inactivación de patógenos se traza en función de la temperatura y el tiempo. Esto, con un margen, crea y define una "zona de seguridad". Si la relación correspondiente tiempo-temperatura es alcanzada en todo el material expuesto, se puede considerar microbiológicamente seguro para su manipulación y uso. Por ejemplo, si una temperatura $>55^{\circ}\text{C}$ es alcanzada por uno o varios días, una inactivación eficiente ha ocurrido. Las relaciones entre tiempo y temperatura para varios patógenos han sido altamente aceptadas a pesar de que "nuevos" patógenos han sido identificados y se ha publicado literatura dando pequeñas variaciones en los resultados.

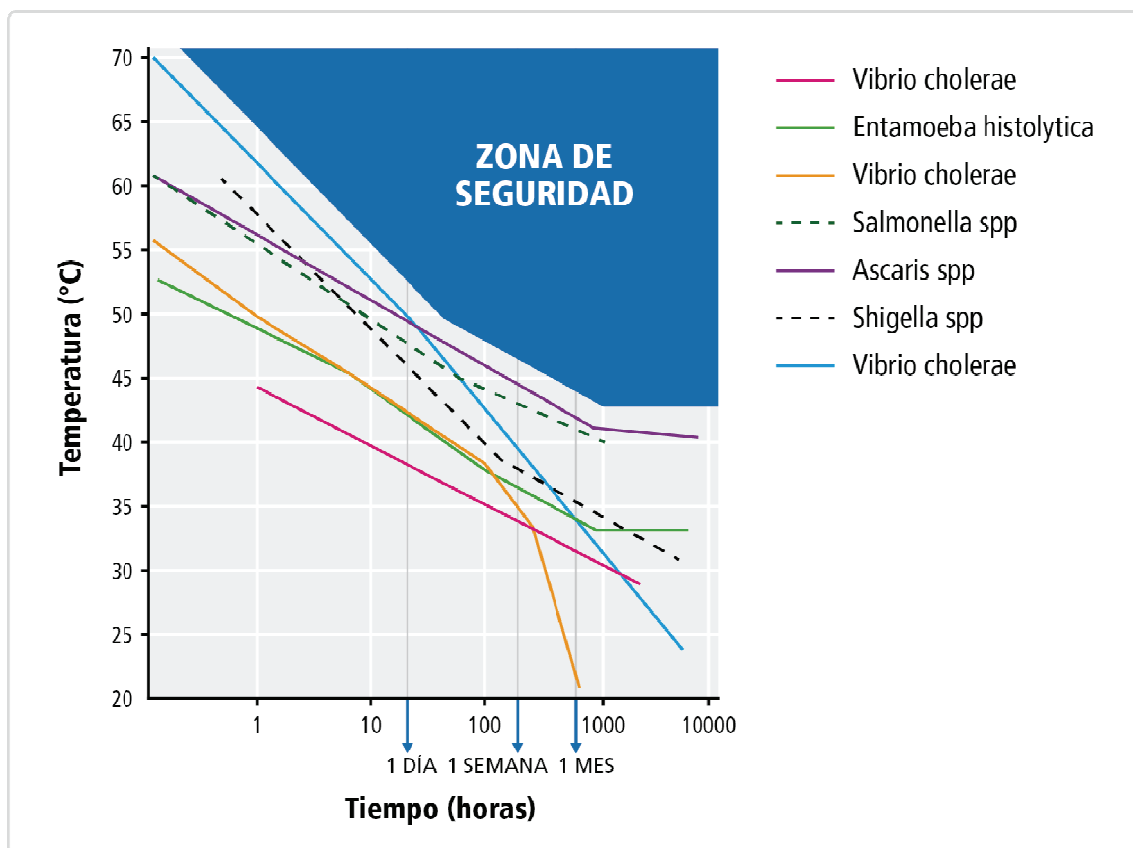


Figura 34: Zona de seguridad en el tratamiento de excretas

Para tratar la excreta, se recomienda la digestión termofílica (50°C durante 14 días) o el compostaje en pilas aireadas por un mes a $55\text{-}60^{\circ}\text{C}$ (+ 2-4 meses de maduración posterior), siendo procesos generalmente aceptados. Las recomendaciones para el tratamiento de por ejemplo los lodos activados y los residuos orgánicos domiciliarios (residuos de alimentos) se basan también en dichas temperaturas, el compostaje a $55\text{-}60^{\circ}\text{C}$ durante un día o dos será suficiente para matar esencialmente todos los patógenos. Las normas citadas anteriormente se fundamentan en períodos más largos, para dar un margen de manipulación. Es común que se formen zonas frías dentro del material digerido o compostado, dando como resultado áreas locales con menor inactivación y posiblemente rebrote de bacteria patogénica. La digestión y el compostaje adicionalmente buscan degradar y estabilizar al material orgánico. Para las heces, es de gran importancia la inactivación de patógenos. El proceso de compostaje descompondrá también el papel higiénico, volviendo el material más estético y apropiado para el uso agrícola.

Las heces también podrían ser calentadas por el sol por ejemplo en cámaras de recolección o compartimentos fecales al sol. Esto ha sido probado en versiones sencillas en sistemas de saneamiento ecológico, por ejemplo, en El Salvador y en Vietnam. En El Salvador, las temperaturas máximas registradas en estos inodoros fueron mayores a las registradas en los inodoros comunes de doble cámara con desviación de orina. Sin embargo, la temperatura medida al medio día no fue suficiente. Una temperatura promedio de 37°C (máximo 44°C) fue alcanzada en los inodoros con calentamiento solar comparada con una temperatura de

31°C en los baños secos con separación de orina de doble cámara, lo que corresponde a ~1 grado sobre la temperatura ambiente. En las casas de verano en Suecia, por ejemplo, son comunes los inodoros secos con calentamiento eléctrico.

7.4.2.4. Compostaje⁴

El compostaje es un proceso natural que ha sido considerado una opción viable para el tratamiento del material fecal recolectado por separado. Sin embargo, es difícil lograr a pequeña escala un compostaje térmico con una degradación efectiva del material orgánico y temperaturas termofílicas. El contenido de humedad, la aireación y la relación C:N (Carbono –Nitrógeno) tienen que ser los apropiados para que el proceso siga su curso con suficiente aislamiento y/o abultamiento para permitir el incremento de temperatura. En los lineamientos de la OMS, se describe el compostaje en pilas de 10-50 m de longitud por 1,5-2 m de altura y 2-4 m de ancho (OMS, 1989). Para compostar las heces es necesario añadir material voluminoso, como madera/astillas de la corteza, para permitir la aireación. Si se ha agregado cenizas o cal en la recolección primaria, es necesario añadir materiales ricos en energía como los desperdicios de la cocina y materiales ácidos para una buena composta. El secado o alcalinización del material no debe ser considerado como proceso de compostaje. Se conoce que el pH óptimo para el crecimiento de las bacterias y otros organismos de compostaje está en el rango de 6,0 a 8,0. Con los sistemas de alcalinización el pH alcanza valores de 9 o más, esto obstruye el proceso de compostaje, mientras que logra la meta de reducir los patógenos. Una mayor degradación de la materia orgánica ocurrirá cuando este sea aplicado al suelo.

El compostaje a menor escala de la mezcla de heces y residuos de alimentos (incluyendo paja como un aditivo) puede funcionar como un proceso eficiente. En experimentos controlados de pequeños reactores de compostaje bien aislados la temperatura superó los 65°C, con márgenes de seguridad satisfactorios para la destrucción de patógenos. El compostaje, en pruebas de laboratorios, solamente de heces y paja también dio como resultado temperaturas elevadas.

En la práctica, a nivel doméstico el compostaje de heces de los inodoros desviadores de orina puede ser cuestionable. En algunos experimentos se registró un aumento menor de temperatura, probablemente debido a un aislamiento insuficiente y a la adición de cenizas lo que resultó en una reducción de la degradación biológica y pérdidas de calor.

Durante el compostaje los cambios del pH y una actividad biológica elevada afectarán la inactivación de los patógenos que es mucho más importante bajo condiciones mesofílicas. En un estudio, los desperdicios orgánicos de la vivienda mezclados con paja fueron compostados y produjeron una temperatura de 29-30°C y un pH entre 4,5 a 8,6. Los indicadores fecales E-coli y *Enterococcus faecalis* se redujeron rápidamente con una reducción respectiva de 6 y 5 log¹⁰ durante los primeros tres días. El virus modelo fue reducido 3 log¹⁰ mientras que la viabilidad de los huevos de *Ascaris* (óvulos) solamente se redujo de un 91% a un 70% durante un mes.

Sin embargo, los procesos mesofílicos inactivaron los patógenos a grados variables dentro de semanas o meses. Por tanto, no es recomendado fiarse de este rango de temperaturas en el tratamiento de las heces, a menos de que los procesos mesofílicos estén combinados con otros procesos o barreras.

Muchos inodoros son llamados "inodoros de compostaje" sin llegar a conseguir un proceso que funcione adecuadamente; lo que ocurre allí es almacenamiento y descomposición anaerobia, deshidratación o alcalinización. A menos de que se garantice un buen mantenimiento, principalmente obtenido en unidades de compostaje grandes y bien aisladas que reciben heces y desperdicios de alimentos de un gran número de personas, es cuestionable el que se pueda confiar en las unidades de "compostaje" a escala doméstica como procesos eficientes para la reducción de patógenos. El compostaje no es por ende considerado como un tratamiento primario de elección de primera mano sino más bien una opción para tratamiento secundario de las heces a escala o nivel municipal.

En caso de querer comercializar el compost, en Argentina hay que contemplar los requisitos de SENASA –en específico, la Resolución N° 264/2011 y el Decreto 824/2005 del 8 de julio sobre productos fertilizantes-. Al día de la fecha, la interpretación de los requisitos impide la comercialización de abonos que hayan contenido excretas humanas.

7.4.2.5. Tratamiento alcalino⁴

La mayoría de patógenos prefieren un pH neutro, es decir alrededor de 7. Un pH de 9 o superior reducirá la carga de patógenos con el tiempo, pero para obtener una rápida inactivación es deseable un pH de 11-12 en los tratamientos donde se añade cal (por ejemplo, para el tratamiento de los lodos residuales). La adición de ceniza o cal a la excreta, practicada desde hace mucho tiempo, tiene algunos beneficios:

- Reduce el mal olor.
- Cubre el material, lo que reduce el riesgo de moscas y mejora las condiciones estéticas.
- Reduce el contenido de humedad.
- Promueve el decrecimiento de los patógenos a través del efecto del pH alto.

Los resultados de un estudio realizado en letrinas desviadoras de orina en Vietnam muestran que es posible alcanzar una eliminación total de los óvulos de *Ascaris* y de los virus indicadores (reducción 8 log¹⁰) dentro de un período de seis meses si una o dos tazas de ceniza son añadidas después de cada uso (excreción). La temperatura promedio estuvo en el rango de 31-37°C (la temperatura máxima fue de 40°C), el pH en la materia fecal fue de 8,5-10,3 y el contenido de humedad

entre 24-55%. La inactivación fue descrita como una combinación de factores, pero el pH para la inactivación bacteriófago mostró ser estadísticamente significativo como un factor único.

En un estudio de China, las cenizas vegetales fueron mezcladas con heces en una relación de 1:3 y produjeron un pH de 9-10. Una reducción mayor a $7 \log^{10}$ de fagos y coliformes fecales y un 99% de reducción de los huevos de *Ascaris* fue registrada después de seis meses, aunque la temperatura fue baja (-10°C a 10°C), dando como resultado una congelación parcial del material. Las cenizas del carbón y la tierra tienen una baja o insuficiente reducción, respectivamente. Las cenizas de carbón dieron un pH inicial de 8.

Un pH >8 resulta en la inactivación de los *Ascaris* dentro de 120 días (no proporciona información detallada sobre los aditivos).

Varios inodoros de recolección (inodoros de doble cámara con desviación de orina e inodoros de una cámara calentados por el sol) en varias comunidades rurales en El Salvador fueron evaluados sobre la base de propiedades físicas y microbiológicas de las heces recolectadas. Los hogares añadieron cal (pH 10,5), ceniza (pH 9,4) o una mezcla específica de cal y tierra (pH 8,8), dando como resultado niveles finales de pH variables. Mediante análisis de regresión múltiple se identificó el pH como el factor simple más importante que determina la inactivación de los indicadores bacterianos y colifagos, mientras que la temperatura fue el mayor vaticinador del decrecimiento de los *Ascaris*. Un pH de 9-11 ocasionó una inactivación más rápida de los coliformes fecales y *Ascaris* que un pH menor a 9. Un resultado sorprendente fue que incluso a estos altos niveles de pH, los coliformes fecales fueron encontrados como a los 500 días, con una pequeña fracción sobreviviente a más de los 1.000 días en las letrinas con un pH >11 . Para los *Ascaris* la supervivencia fue alrededor de 450 días y 700 días para los rangos de pH >11 y 9-11, respectivamente. La presencia de *Trichuris*, anquilostomas, clostridios y colifagos fue medida también y, a excepción de los anquilostomas, encontrada en algunas letrinas donde el tiempo promedio de almacenamiento fue similar a un año (306 días).

La adición de un químico elevador de pH tendrá varios beneficios y tiene el potencial de inactivar patógenos. Las condiciones para lograr una remoción total de patógenos pueden variar debido a circunstancias locales. A gran escala, el tratamiento secundario del material recolectado, puede funcionar como una barrera adicional de tratamiento, dando como resultado un nivel más alto de seguridad, cuando el material es usado como un fertilizante. Los aditivos y una mezcla adicional con material rico en energía pueden afectar el compostaje secundario y el material ácido debe ser validado. No se recomienda, de acuerdo a las prácticas chinas, añadir cenizas vegetales como material absorbente a la materia fecal cuando esta será compostada, puesto que podría darse una pérdida mayor de nitrógeno. La incineración del material luego de un tratamiento alcalino puede ser también difícil debido a su bajo contenido de energía, véase más abajo. Estos aspectos necesitan ser evaluados más a fondo.

Luego del tratamiento alcalino, el fertilizante resultante tendrá un pH (>8) elevado. Esto no es preocupante desde el punto de vista higiénico y podría ser beneficioso para algunos tipos de suelos, pero podría afectar a la producción de cultivos en suelos alcalinos.

Área de investigación	Tipo de inodoro	Aditivo	pH, temperatura, humedad	Resultados más importantes – Inactivación de patógenos e indicadores	Referencia
Vietnam (durante la estación seca y cálida)	12 letrinas, 2 de cada tipo. Todas desviadoras de orina, la mayoría de doble cámara o varios-contenedores	Cenizas vegetales y hojas. 200-700 ml por uso	pH: 8,5-10,3 temp: 31,1-37,2°C humedad: 24-55% (valores promedio para cada letrina)	Experimentos controlados del decrecimiento en pruebas de desafío: T para <i>Salmonella typhimurium</i> fago 28B varía de 2.4 a 21 días. pH factor más importante para el decrecimiento Viabilidad de <i>Ascaris</i> 0-5% después de 9 semanas (excepto en 2 letrinas). pH en combinación con la temperatura afecta el decrecimiento	Carlander & Westrell, 1999
Sudáfrica (clima cálido a frío)	Varios inodoros desviadores de orina	Viruta de madera	pH: 8,6-9,4 humedad: 4-40%	Organismos presentes en el material: Después de 10 meses: todos los indicadores presentes en grandes cantidades (10 10/g). <i>Salmonella</i> presente Después de 12 meses más: Streptococci fecal ~10/g, clostridios y colifagos presentes, <i>Salmonella</i> ausente.	Austin, 2001
Sudáfrica	2 inodoros desviadores de orina	Viruta de madera + volteo	pH: 8,4-8,6 humedad: 4-9%	Organismos presentes en el material: Después de 2 meses: Indicadores presentes, excepto colifagos (~10/g). <i>Salmonella</i> ausente. 0	Austin, 2001

Área de investigación	Tipo de inodoro	Aditivo	pH, temperatura, humedad	Resultados más importantes – Inactivación de patógenos e indicadores	Referencia
El Salvador	118 letrinas de doble cámara con desviación de orina, 38 letrinas solares de una cámara.	Cal, cenizas o mezcla de tierra y cal	pH: 6,2-13,0	Organismos presentes en el material: Coliformes fecales inactivados después de 500 días. pH el factor más importante <i>Ascaris</i> inactivados después de 450 días (pH >11), después de 700 días (pH 9-11). La temperatura el mayor agente de inactivación	Moe & Izurieta, 2003
China	2 letrinas	Cenizas vegetales mezclada con heces en una relación 1:3	pH: 9-10 temp: -10-10°C	Pruebas de desafío controladas y organismos presentes en el material: Después de 3 meses: >7 log Inactivación de <i>Ascaris</i> dentro de 120 días reducción de <i>Salmonella typhimurium</i> fago 28B y coliformes fecales. 1% de viabilidad de <i>Ascaris</i>	Wang <i>et al.</i> 1999*
China		Información detallada no disponible	pH >8	Prueba de desafío controlada: inactivación de <i>Ascaris</i> dentro de 120 días	Lan <i>et al.</i> , 2001

* Otros aditivos, cenizas de carbón, aserrín y *loess* fueron también probados y dieron como resultado un pH menor y menor inactivación.

Tabla 11: Resumen de los resultados de estudios donde las heces han sido tratadas con un aditivo para elevar el pH.

7.4.2.6. Incineración⁴

La incineración de las heces minimizará el riesgo de transmisión de enfermedades relacionado con el uso final de la ceniza ya que todos los patógenos serán removidos. Los sistemas incineradores no han sido introducidos a un nivel de planificación hasta ahora. La manipulación primaria continuará involucrando riesgos higiénicos pero los sistemas con incineración en conexión directa con el inodoro pueden ser desarrollados en el futuro. Como una alternativa, los niveles de altas temperaturas pueden tener el mismo efecto benéfico desde un punto de vista microbiano. La ceniza es un buen fertilizante rico en fósforo y potasio, aunque el nitrógeno se habrá perdido.

La incineración es un método efectivo de eliminación de patógenos que implica un costo energético extra en el proceso de esterilización.

7.5. Disposición de materia fecal

7.5.1. En sitio¹

La forma más simple y efectiva para la disposición de la materia fecal de un baño seco con separación de orina es el enterramiento in situ. Este método es posible en áreas rurales o periurbanas con suficiente espacio. Idealmente, esta disposición debería hacerse "productivamente" enterrándolas cerca de árboles frutales, arbustos o plantas que puedan hacer uso de los nutrientes y materia orgánica allí contenida. Un ejemplo interesante desde lo agroforestal es en Sudáfrica, donde un proyecto de investigación enterró el barro fecal de letrinas en zanjas y plantó árboles arriba.

La materia fecal de un baño seco con separación de orina de cámara simple debería ser recolectada y sometida a un post tratamiento previo a su enterramiento. En general, no se recomienda la disposición final in situ de la materia fecal (sin previo tratamiento) de un baño seco con separación de orina con recolección en contenedores, dado que no puede asumirse que todos los/as usuarios/as se encargarán del proceso laborioso de enterrar el contenido una vez que se llene el recipiente. Este es un punto crítico a la hora de pensar la escala del proyecto, y puede requerir la implementación de subsidios u otra clase de programas que estimulen servicios externos para el tratamiento y manipulación de excretas.

La materia fecal tratada debería enterrarse a una profundidad mínima de 25 cm. para prevenir que ésta vuelva a la superficie en caso de lluvias copiosas o excavaciones, ya sean humanas o animales. En circunstancias ordinarias, la materia fecal enterrada a una profundidad suficiente no representa ningún riesgo significativo para la salud humana. Sin embargo, los riesgos asociados con el proceso de vaciado de la cámara y el enterramiento pueden ser sustanciales para quienes lo realizan sin el debido cuidado.

Con el tiempo, las heces enterradas se mineralizan y se convierten en un material libre de patógenos. Sin embargo, la muerte total de los huevos de gusano en el suelo puede ser bastante más lento: el ascaris, por ejemplo, es viable por más de 10 años en suelos húmedos. Por lo tanto, los sitios de disposición deben estar claramente delimitados y permitir que el suelo descanse el tiempo suficiente hasta que se lo remueva.

Las heces deben estar enterradas al menos 1,5 metros por sobre la capa freática, y a un mínimo de 30 metros de los pozos de agua potable. Las lluvias pesadas y suelos altamente conductores pueden causar la migración ascendente y descendente de materia (nutrientes, bacteria, carbono orgánico disponible) y posiblemente infiltrar las fuentes acuíferas. Sin embargo, la evidencia más reciente de Sudáfrica muestra que los efectos de ese movimiento en la salud humana son limitados. Claramente la menor carga de patógenos existente en la materia fecal deshidratada de un baño seco con separación de orina de doble cámara reduce el riesgo de contaminación de la napa.

7.5.2. Alternativas de disposición en el sitio¹

Hay pocas opciones -por fuera del enterramiento- para la disposición final de la materia fecal tratada. La incineración es un método posible que requiere que la materia fecal tenga un contenido de humedad menor al 10% para que el material se queme a temperaturas lo suficientemente altas y no emita olores. Cabe decir que es difícil lograr ese porcentaje sin un post tratamiento.

7.6. Material de limpieza y desperdicios en los almacenamientos¹

Todo material de limpieza, como papel higiénico, periódicos u hojas, deben ser descartadas dentro de la cámara. La recolección por separado de estos residuos no es recomendable dado que los materiales en cuestión ya están contaminados con los patógenos fecales y su disposición en la cámara logra el objetivo de separarlos totalmente del contacto humano. El papel higiénico además puede actuar como un material absorbente adicional, beneficiando el proceso de deshidratación de fácil descomposición al momento de enterrar la materia fecal tratada.

La masa de papel higiénico usada es variable, pero cálculos realizados en Suecia la estiman en 8,9 kilos/persona/año: esta cifra depende del uso del papel o de cuán caro o barato sea, entre otros factores. Este volumen anticipado debe incluirse en los cálculos para el espacio de almacenamiento de las bóvedas.

Los otros elementos sanitarios, como trapos o toallas femeninas, generalmente deberían recolectarse por separado; aunque si la materia fecal va a enterrarse o incinerarse una vez tratada, pueden incluirse las toallas femeninas por una cuestión de conveniencia.

7.7. Uso de materiales de cobertura¹

El uso de materiales de cobertura como cal, cenizas de madera, arena, suelo seco, aserrín, viruta, hojas o cáscaras de arroz es crítico para el correcto funcionamiento del baño seco con separación de orina. Una taza de material de cobertura luego de cada deposición promueve las condiciones de sequedad necesarias dentro de la bóveda, controla el olor inicial, previene la infestación de moscas y otros vectores y crea una barrera visual para el próximo usuario.

La cal y la ceniza además de secar ayudan a aumentar el pH favoreciendo la mortandad de patógenos.



Tabla 12: Materiales de cobertura.

8. Reutilización de orina como fertilizante en la agricultura

8.1. Recomendaciones de higiene-calidad para la reutilización segura de orina tratada¹

Si la contaminación fecal cruzada no es significativa, los riesgos asociados con la reutilización de la orina son bajos. Se recomienda en paralelo que haya un enfoque de "múltiples barreras" a la hora de manejar la orina, con el fin de evitar una potencial transmisión de enfermedades, haciendo énfasis en la utilización de guantes.

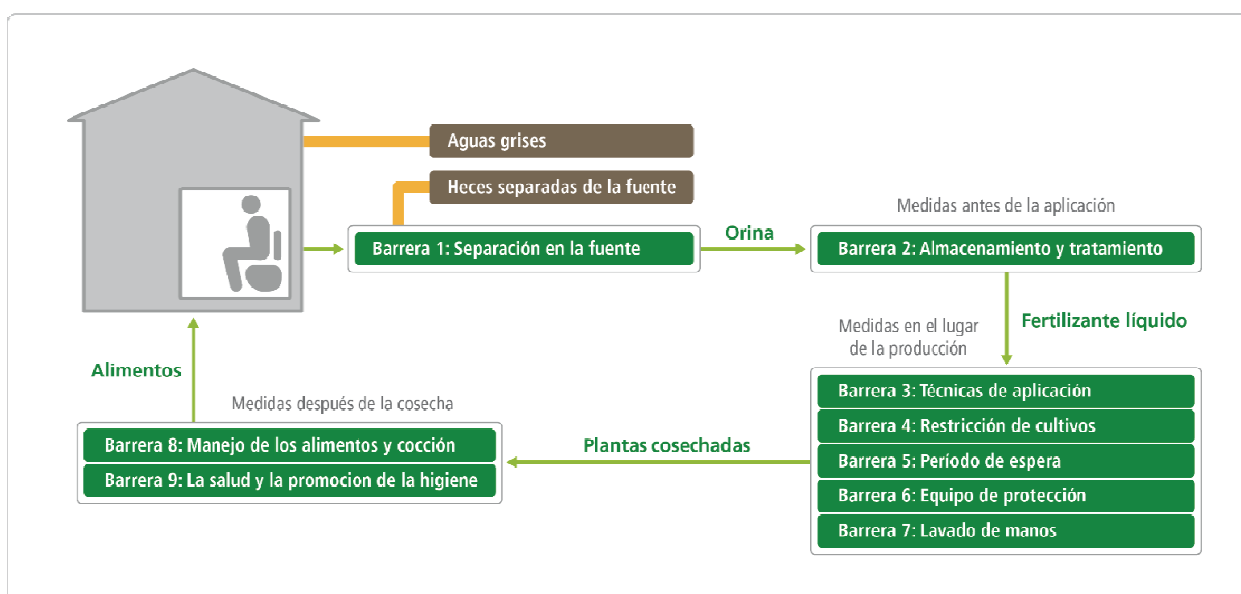


Figura 35: Estrategia de barreras para el uso seguro de la orina como fertilizante.

8.2. Contaminación cruzada de orina con fecales¹

Cuando la orina se recolecta de forma separada con una interfaz de un inodoro con separación de orina, puede suceder que una cantidad de materia fecal se deposite accidentalmente en la sección de la orina, dando como resultado una contaminación cruzada. Esto genera presencia de patógenos en la orina, con lo que se presenta el riesgo de que haya transmisión de enfermedades si la orina es luego utilizada en la agricultura. Por lo tanto, deben implementarse medidas apropiadas para el tratamiento (especialmente en lo que hace al almacenamiento) y un enfoque de múltiples barreras.

El riesgo de contaminación cruzada es mayor en sistemas a gran escala, por ejemplo, si la orina se recolecta en ambientes públicos o institucionales con una alta afluencia de usuarios, más aún si éstos no están habituados al uso de un baño seco con separación de orina.

8.3. Pautas de aplicación¹

Los siguientes puntos están tomados de la amplia documentación existente sobre el uso correcto de la orina como fertilizante.

- La orina es un fertilizante bien balanceado que contiene fósforo, nitrógeno, potasio, azufre y varios micronutrientes que pueden crear cosechas de un volumen comparable con los esperados con fertilizantes sintéticos.
- La orina recolectada por una persona a lo largo de un año es suficiente para fertilizar 300-400 m² de cosechas a un nivel de aproximadamente 50-100 kg N/ha.
- La orina puede ser aplicada en la tierra de forma pura o diluida con agua.

Tanto la orina pura como diluida deben aplicarse en el suelo alrededor de la planta, más que sobre la planta en sí misma, para evitar que las hojas de la planta se quemen y reducir el riesgo de transmisión de enfermedades. Se recomienda también regarla luego con agua pura y realizar una cobertura manual. Los nutrientes contenidos en el fertilizante son típicamente más efectivos inmediatamente luego de la cosecha y durante el período de crecimiento vegetativo de las plantas. Si la orina se mezcla con el agua de limpieza anal o aguas grises, se contamina y se convierte en insegura para su uso como fertilizante. Sin embargo, la irrigación subsuperficial puede ser una técnica de aplicación segura y puede ser especialmente ventajosa en regiones áridas. Los sistemas de irrigación por goteo se han adaptado para el uso de una mezcla de orina y agua de la ducha. Estos sistemas distribuyen el agua directamente a las plantas a través de una manguera perforada que se coloca a nivel del piso adyacente a las filas de siembra. La precipitación de la orina puede taponar los pequeños agujeros de la manguera; y dado que al momento de esta publicación no hay suficiente información disponible, no se puede recomendar este método de aplicación.

Es importante aclarar que para una correcta aplicación de orina como enmienda se deberían conocer las carencias del suelo para determinar la cantidad de nutrientes que este necesita y así determinar la dilución correcta o no de la orina.

8.4. Hormonas y residuos farmacéuticos en orina²

Las hormonas y residuos farmacéuticos son dos tipos de microcontaminantes que se dan en la orina, dado que los humanos los excretan. Suele decirse que dos tercios de estos residuos se expelen mediante la orina y el tercio restante con las heces, aunque es a modo aproximado.

Si la orina se reutiliza en agricultura, alguno de estos microcontaminantes puede ser absorbido por las plantas, ingresando así al ciclo alimenticio de las personas. Una evaluación completa de los potenciales efectos tóxicos de los compuestos farmacéuticos que ingresan al organismo a través del consumo de cosechas fertilizadas con orina es muy difícil de realizar, y aún no hay antecedentes de investigaciones en este campo. Los riesgos vinculados a esto deben cotejarse con los riesgos vinculados al uso de pesticidas en cosechas, así como también los antibióticos y hormonas que se administran a los animales de granja, rastros que pueden hallarse por ejemplo en los huevos y leche que éstos producen. En última instancia, depende de un análisis y estrategia de manejo de riesgos.

El estiércol de animales y barro cloacal, que contiene residuos farmacéuticos y hormonas, ya se usa en los campos. Se ha demostrado que la carga de hormonas y antibióticos en la orina humana es muy inferior a la presente en los residuos animales (si bien no todos los grupos de sustancias se pueden comparar, dado que no todas están presentes de igual forma en los residuos animales). En sistemas basados en cloacas, este tipo de microcontaminantes no se remueven en las plantas de tratamiento, con lo que son descargados y pueden ingresar a las napas freáticas.

Cuando se comparan los dos enfoques (descargar la orina con el agua de desechos tratada a la superficie de agua versus la aplicación de orina en el suelo), es probable que sea más seguro descargarla en el suelo antes que en el agua. Esto se debe a que los microcontaminantes pueden ser degradados mejor en las capas aeróbicas y biológicamente activas del suelo, con mayores períodos de residencia que los que se da en cuerpos de agua, cuyo ecosistema es más sensible. Esto ya se ha probado en el caso de las hormonas, pero se necesita más investigaciones en el caso de otro tipo de microcontaminantes.

Los sistemas terrestres (es decir, el suelo) son más recomendables que los acuáticos para la degradación natural de farmacéuticos por las siguientes razones:

- Los niveles de oxígeno son 50 mil veces más altos en el suelo que en el agua.
- La exposición a la luz UV ayuda a la degradación de los componentes farmacéuticos, aunque esto sólo aplica a la superficie (1-2 cm. de profundidad) y debe tenerse en cuenta la posible sombra que podrían proyectar las siembras.
- La alta superficie específica de las partículas presentes en el suelo aumenta la exposición de los químicos absorbidos, maximizando a su vez la cinética de la degradación.
- La amplia diversidad de la flora bacteriana y de hongos existente en el suelo se adapta para la degradación de varias moléculas, tanto simples como compuestas.

Los residuos de drogas en los productos de saneamiento sustentable usados para proveer nutrientes a las plantas difícilmente sean un problema serio en regiones donde la desnutrición o la polución del agua superficial y subsuperficial a causa de un saneamiento y riego con agua sin tratar es una realidad.

8.5. Análisis de la normativa relacionada²

La definición de "fertilizante orgánico" se da de acuerdo a dos categorías distintas:

1. Orgánico en el sentido analítico-químico (un compuesto que contiene carbono y puede contener otros elementos como hidrógeno, oxígeno o nitrógeno).
2. Orgánico en un sentido "verde", "ecológico" o "natural".

La orina fresca contiene urea, en consecuencia, es un fertilizante orgánico en el primero de los sentidos. La orina almacenada contiene amoníaco y no urea, con lo cual no es orgánico sino "fertilizante mineral", en un sentido analítico-químico. En otras palabras, la orina es tanto un fertilizante mineral o mineralizado, así como un fertilizante orgánico, ecológico o natural.

La normativa vinculada a la agricultura orgánica difiere entre países en referencia a qué tipo de fertilizante se permite (y lo que, en este contexto, se puede llamar "fertilizante orgánico"). Por ejemplo, los países sometidos a la normativa de la Unión Europea no consideran que la orina sea un fertilizante orgánico, mientras que China sí.

En Argentina por el momento no es posible comercializar fertilizantes que contengan residuos humanos. Actualmente el INTI se encuentra trabajando en conjunto con el SENASA para evaluar esta situación y fijar parámetros de control.

En este sentido, también cabe agregar que se están realizando nuevos estudios que buscan analizar la composición de la orina y sangre y sus grados de exposición a componentes agroquímicos a través de las posibles rutas de ingesta, con lo que debiera tenerse en cuenta para la calificación de orgánico. Dado que esta cuestión no es competencia del presente documento, no nos explayaremos más en el asunto².

8.6. Uso alternativo⁴

La desviación de orina se recomienda generalmente por razones prácticas, incluso si la orina y/o las heces no serán utilizadas. Usar la orina, concentrada o diluida con agua, es la mejor forma de utilizar los nutrientes para las plantas. Si no puede utilizarse la orina como fertilizante por razones prácticas o culturales, existen opciones alternativas. El añadir la orina al compostaje (de desperdicios de alimentos y/o heces) usualmente tiene un impacto benéfico en el proceso. Un estudio en Tailandia³ mostró que la orina facilitó el proceso de compostaje (incluía sólo residuos de alimentos). La mayoría del nitrógeno se perderá, pero el fósforo y el potasio serán retenidos. La calidad higiénica de la composta no se verá afectada negativamente por la adición de orina si la composta contiene heces. El potencial de alcanzar una mayor temperatura, debido a la generación de un ajuste en la relación C:N será beneficioso para el decrecimiento de los patógenos.

El cultivo de plantas en conexión directa con el inodoro es una mejor alternativa que infiltrar la orina en la tierra. Un inodoro de este tipo fue construido en India, por ejemplo, con infiltración subsuperficial en combinación con las aguas de la limpieza anal. En los sistemas de plantas de absorción subsuperficial, la fracción de orina puede ser combinada con el uso de las aguas grises.



Figura 36: Uso de orina

²Para más información, ver <http://www.telam.com.ar/notas/201507/113127-mar-del-plata-la-orina-del-90-por-ciento-de-personas-sometidas-a-un-estudio-contiene-glifosato.html>

³Pinsem, W. and Vinnerås, B. 2003. 'Composting with human urine: Plant fertilizer approach.' Proceedings from the 2 nd International Symposium on Ecological Sanitation. Lübeck, Germany, 7th-11th April 2003.

9. Reutilización de materia fecal como fertilizante en la agricultura/acuacultura

El uso de las aguas residuales y lodos cloacales se practica actualmente en algunas regiones del mundo. Existen varias razones que lo impulsan. La escasez del agua y el continuo crecimiento de la población, especialmente en áreas urbanas, ha forzado un desarrollo hacia la sobre utilización de los escasos recursos hídricos y los recursos de fertilización para cultivos. Un uso futuro mayor de la excreta está dado por su valioso contenido de nutrientes para las plantas. La excreta humana puede contener también microorganismos patógenos, que directamente o al ser diluidos en las aguas residuales constituyen un riesgo para la salud humana. La diarrea y las enfermedades parasitarias son importantes factores que contribuyen con la Carga Mundial de Morbilidad (GBD por sus siglas en inglés), donde la transmisión ambiental a través del agua y de los cultivos alimenticios contaminados o mediante el contacto directo con las fuentes contaminadas por materia fecal son los mayores contribuidores.

El uso directo de la excreta, heces y orina humana, da como resultado el uso benéfico de los nutrientes en la agricultura. Estos productos usualmente no contienen contaminantes químicos industriales que podrían impedir la reutilización de las aguas residuales municipales, pero deben ser tratados para reducir los niveles de patógenos a un nivel seguro. Desde una perspectiva de higiene, tanto el uso de las aguas residuales como de la excreta reducirán los riesgos de exposición al agente patógeno, si el tratamiento y otras barreras contra la exposición son consideradas. En contraste, el riesgo puede aumentar por las prácticas inadecuadas de manejo de la cadena de excreta, y por un tratamiento inapropiado.

Un marco para el control de la exposición microbiana y de gestión en relación al uso de aguas residuales y excretas fue elaborado y publicado por la Organización Mundial de la Salud en la década del 80. Estos lineamientos fueron revisados en 2006 y ratificados en 2013.

En muchas partes del mundo es una tradición mantener la orina y las heces separadas. La antigua práctica japonesa de la recuperación de los excrementos humanos de las áreas urbanas separó la orina y las heces, considerando la orina como un fertilizante valioso. En Suecia la orina se recolectó históricamente por separado. Principalmente debido a razones prácticas, era vertida en el drenaje para evitar malos olores y para prevenir que la letrina se llenara muy rápido. Existen algunos beneficios de mantener las excretas separadas que aún son válidos y pueden ser pulidos en los sistemas actuales de saneamiento ecológico. Estos incluyen:

- **Reducción de volumen**

El sistema de recolección se llenará más lentamente si la orina es desviada y el volumen de materia fecal se mantendrá más pequeño. Una mayor reducción del volumen y del peso de las heces es posible a través de la deshidratación y/o descomposición. El volumen anual promedio por persona de orina es 11 veces mayor al de heces.

- **Reducción del mal olor**

El mal olor será menor si se mantiene la orina y las heces separadas y esto resultará en un uso del inodoro y manejo de la excreta más conveniente y aceptable.

- **Prevención de la dispersión de materiales que contienen patógenos**

Una fracción fecal seca causará menos riesgo por lixiviados y transporte de patógenos a través de fluidos a las aguas subterráneas y al medio ambiente circundante.

- **Manejo y uso más seguros y fáciles de la excreta**

Las heces estarán más secas, lo cual beneficiará la reducción de patógenos. Adicionalmente, el secado facilitará una futura reducción de patógenos por otros medios de tratamiento y hará más fácil el manejo y el uso de las fracciones separadas de orina y heces.

Estos beneficios prácticos e higiénicos de mantener la orina y las heces separadas han llevado a la conclusión de que se debería optar por la desviación de orina en todos los sistemas de saneamiento secos. Sería beneficioso también complementar los sistemas de saneamiento que funcionan con agua con desviación de orina para permitir el uso de la orina como fertilizante y reducir los efectos ambientales de los nutrientes descargados por el inodoro, específicamente la eutrofización. Por tanto, los sistemas de desviación en la fuente han sido identificados como parte del desarrollo sustentable, llevándose a cabo una investigación extensa en varios países, entre los cuales Suecia ha sido uno de los pioneros.

9.1. Microorganismos causantes de enfermedades en materia fecal^{2y4}

La presencia de los organismos causantes de enfermedades en la excreta humana es el resultado de la infección en las personas. Este tipo de infecciones no se manifiestan necesariamente con síntomas clínicos, pero pueden conducir a una excreción de los patógenos en cuestión. Para los organismos que infectan el tracto gastrointestinal, esta excreción es básicamente a través de las heces.

La prevalencia de infecciones es un espejo de la situación higiénica en la sociedad. Las infecciones son siempre una excepción y no un estado general en una persona. Las infecciones en personas podrían, en muy pocos casos, ser crónicas, para enfermedades bacterianas y virales. Las personas en este caso se denominan "portadores/as". Gusanos parásitos (helmin-tos) pueden establecerse por periodos prolongados de tiempo en el cuerpo humano y tener una alta tasa de prevalencia en sociedades con condiciones insalubres.

Una persona normalmente excretará grandes cantidades de microorganismos en la materia fecal. Los números están en el rango de 10^{11} - 10^{13} (microorganismos)/g. Estos organismos saprofiticos generalmente no son de preocupación para la salud. La orina es normalmente estéril en la vejiga, pero puede tomar organismos que se encuentran en las partes bajas del tracto urinario. Así, un contenido de 10^3 organismos/ml en la orina no es un indicativo de una infección. Los organismos saprofiticos son usualmente inofensivos.

Si un organismo que causa una enfermedad infecta a una persona, las manifestaciones clínicas son gobernadas por factores relacionados con el organismo en cuestión y por factores relacionados con la persona afectada. La mayoría de los organismos causantes de enfermedades de cuidado son excretados, en una cantidad variable, en las heces, pero pocos de ellos también a través de la orina. La probabilidad de que ellos infecten a nuevas personas está en función del contacto y de la exposición. Esto a su vez se rige por factores como las cantidades excretadas y la dosis infecciosa (número de organismos que deben ser ingeridos de manera oral para causar una infección), que varía entre los diferentes organismos e incluso entre las variedades. Pocos tipos de organismos podrían infectar también a través de la piel. La probabilidad de contacto y exposición está regida por la habilidad de las diferentes especies y variedades a tolerar condiciones ambientales adversas fuera del cuerpo humano y persistir en la etapa en la cual pueden infectar a una nueva persona expuesto.

Estos factores son tratados en este texto, empezando con un resumen de los organismos causantes de enfermedades que podrían estar presentes en la orina y las heces. Puesto que la prevalencia de esta ocurrencia puede variar debido a condiciones sanitarias imperantes en diferentes regiones del mundo, ellos se presentan aquí en términos generales. Esto se justifica de igual manera por el hecho de que la prevalencia y riesgos posteriores pueden variar dentro de diversas áreas, entre la situación normal de fondo, de la situación endémica para un organismo y de la situación de alto riesgo durante las epidemias.

Al día de hoy, siguen apareciendo nuevos patógenos emergentes que se identifican y se reconocen como causantes de una cantidad significativa de enfermedades. Muchos se originan en las heces y tienen la capacidad de ser transmitidos a través del agua y comida.

Hay cuatro grandes grupos de microorganismos que pueden ser transmitidos en el ambiente y causar una variedad de enfermedades: bacterias, protozoos, virus y helmintos (gusanos que afectan a los humanos). Adicionalmente, los hongos también pueden provocar enfermedades en humanos y animales, aunque sólo una pequeña fracción de estos son parasitarios u oportunistas.

En referencia a las aguas de desecho y cloacales, los patógenos que afectan al tracto gastrointestinal causando diarrea tienen una significancia alta. Sin embargo, hay otras manifestaciones clínicas de importancia, y las infecciones gastrointestinales pueden causar otros síntomas severos en etapas avanzadas de una enfermedad.

De acuerdo con la bibliografía, los patógenos vinculados a las excretas también pueden dividirse en categorías de acuerdo a la dosis infecciosa, ruta de transmisión, latencia, persistencia y multiplicación.

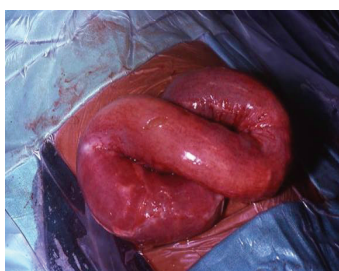


Figura 37: H1

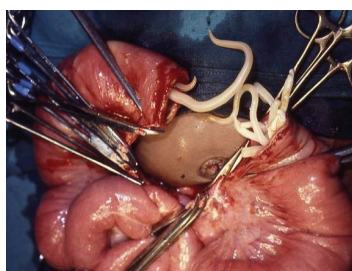


Figura 38: H2



Figura 39: H3

9.2. Barrera para disminuir el riesgo en la reutilización de la materia fecal^{3y4}

Todas las medidas de la Tabla 13 funcionan como barreras técnicas contra la transmisión de enfermedades. Un estudio sistemático de un sistema local puede identificar los factores de riesgo potenciales y sugerir medidas de acción para evitar la exposición a los agentes patógenos. Esto puede ser mediante una reducción del contacto con el material o a través de la introducción de medios de reducción del número (concentración) de los patógenos en el material que debe ser manipulado. Reducir el contacto incluye factores como sistemas cerrados, el uso de equipo de protección personal, el uso de herramientas de manipulación adecuadas y la reducción del contacto posterior en el campo trabajando con la excreta dentro del suelo. Las precauciones de manipulación general son a menudo definidas como medidas adicionales y no como barreras propiamente dichas.

Área o procedimiento que dé lugar a la exposición de patógenos	Rutas de transmisión	Medidas técnicas	Medidas de comportamiento
Inodoro	Contacto directo; transporte a las aguas subterráneas; contaminación ambiental	Agua disponible para el lavado de manos; cámara de recolección elevada; cámaras de recolección impermeabilizadas (no filtración a las aguas subterráneas o al ambiente)	Lavado de manos; mantener el área del inodoro limpia
Manejo primario – recolección y transporte	Contacto directo	Cenizas, cal u otro medio para reducir los microorganismos en el inodoro; personas informadas recolectan y transportan la excreta	Usar guantes; lavado de manos; adición de cenizas, cal u otro medio para reducir el contenido microbiano durante el uso
Tratamiento	Contacto directo; contaminación ambiental	Elección adecuada de la ubicación; tratamiento en sistemas cerrados; material informativo y señalización en el sitio	Usar guantes y ropa protectora; lavado de manos; evitar el contacto en las zonas de tratamiento
Manejo secundario – aplicación, fertilización	Contacto directo	Agricultores informados reusan la excreta; equipo especial disponible	Usar guantes; lavado de manos; lavado del equipo usado
Campo fertilizado	Contacto directo; transporte a las aguas superficiales o subterráneas	Trabajando con la excreta dentro de la tierra; material informativo y señalización	Evitar campos recién fertilizados
Cultivo fertilizado	Consumo; contaminación de la cocina	Elección del cultivo adecuado	Apropiada preparación y cocción de los productos alimenticios; limpieza de las superficies de la cocina y de los utensilios
Manejo primario – recolección y transporte	Contacto directo	Cenizas, cal u otro medio para reducir los microorganismos en el inodoro; personas informadas recolectan y transportan la excreta	Usar guantes; lavado de manos; adición de cenizas, cal u otro medio para reducir el contenido microbiano durante el uso

Tabla 13: Ruta de transmisión potenciales relacionadas con los inodoros secos y el uso de la excreta con medidas técnicas y de comportamiento sencillas para restringir la exposición y minimizar los riesgos.

Las diferentes etapas de tratamiento de la excreta son las barreras para reducir el número de patógenos, lo que hace “el producto” más seguro de manejar y de ser usado como fertilizante. En los lineamientos actuales de la OMS, el tratamiento es considerado innecesario cuando las otras barreras son satisfechas, incluyendo por ejemplo una adecuada protección de los/as agricultores/as y trabajadores/as sanitarios/as, cubriendo los desperdicios con 25 cm de suelo y no plantando. Estos lineamientos fueron revisados y están expuestos en las tres guías publicadas en 2006 por la OMS.

El tratamiento puede ser primario, esto es, directamente en el inodoro en relación con la excreción, por ejemplo, mediante la adición de cenizas (descrito a continuación), o secundario cuando el material es recogido del inodoro (o dejado en el inodoro sin la adición adicional de heces) y se trata de una forma controlada para reducir los patógenos a límites aceptables. Una combinación de un almacenamiento seguro y una rápida destrucción de los patógenos en la excreta es necesaria para prevenir la contaminación del ambiente.

La inactivación de patógenos ocurrirá también en tierras agrícolas después de la aplicación de la excreta como fertilizante y en los cultivos que podrían haberse contaminado durante la fertilización, durante la etapa de crecimiento, o por salpicaduras del suelo durante fuertes lluvias. Esta inactivación con el tiempo y debido a condiciones ambientales predominantes puede proveer una barrera en contra de la exposición por el manejo y el consumo de los cultivos y para personas y animales que posiblemente entren en el campo fertilizado. La inactivación depende de la temperatura ambiental, de la humedad y de la radiación solar que incrementará la temperatura, reducirá la humedad y afectará a los patógenos con los rayos UV (véase la Tabla 8). En el suelo, los microorganismos que lo habitan naturalmente, competirán con los patógenos introducidos incrementando su decrecimiento. La reducción adicional con el tiempo, la cual constituye una "barrera en la agricultura", es de gran importancia, especialmente para los cultivos de consumo crudo. Para el manejo seguro de otros cultivos y para reducir la contaminación cruzada durante la preparación de alimentos, el período de reposo (tiempo entre la fertilización y la cosecha) es de suma importancia.

En la literatura, las enfermedades relacionadas con la excreta han sido divididas en dos grupos, dependiendo de sus características en cuanto a la transmisión, tiempo de supervivencia, etc. Junto con esta información, se dan las principales medidas de control. Estas medidas generales incluyen a menudo una combinación de mejoras en el hogar, educación para la salud, abastecimiento de agua, dotación de inodoros y tratamiento de la excreta antes de ser usada o descargada. Independientemente del tipo de inodoros proveídos, las intervenciones incluyendo los sistemas de agua y saneamiento, son por tanto importantes para mejorar la situación sanitaria.

9.3. Pautas de aplicación⁵

En las etapas iniciales de siembra, una buena disponibilidad de todos los nutrientes es importante para incentivar el crecimiento. En la producción de cultivos a gran escala, la estrategia normal de fertilización es la aplicación de nutrientes una o dos veces por temporada de crecimiento. Si el fertilizante se aplica solamente una vez, esto deberá ser realizado generalmente antes o al momento de sembrar. Si el cultivo es fertilizado dos veces, la segunda fertilización puede realizarse después de aproximadamente una cuarta parte del tiempo transcurrido entre la siembra y la cosecha, variando esto según las necesidades del cultivo.

El cultivo también puede ser fertilizado continuamente, por ejemplo, si la orina es recolectada en contenedores pequeños, y usada más o menos directamente. Sin embargo, una vez que el cultivo entre en su etapa reproductiva difícilmente tomará más nutrientes. Un ejemplo es el maíz, el fertilizante aplicado hasta antes de que la planta produzca espigas es bien utilizado, pero después de esta etapa la absorción de nutrientes del suelo disminuye, ya que en esta etapa los nutrientes son trasladados principalmente dentro de la planta. Esto se aprecia completamente en las recomendaciones del uso de fertilizantes químicos. Por ejemplo, en Zimbabue, donde el maíz es cosechado de 3-5 meses después de la siembra, la recomendación es fertilizar el maíz tres veces, pero a más tardar 2 meses después de haber sido sembrado.

Como regla general, la fertilización debería parar como máximo entre las dos terceras y tres cuartas partes del tiempo transcurrido entre la siembra y la cosecha. Algunas verduras, especialmente las de hojas, son cosechadas antes de alcanzar su etapa reproductiva y por tanto el fertilizante aplicado cerca del tiempo de cosecha puede ser utilizado. Sin embargo, un tiempo de espera de un mes entre la fertilización y la cosecha es muy ventajoso desde el punto de vista higiénico y es recomendado para todos los cultivos de consumo crudo).

Un aspecto recalado a menudo es el riesgo de lixiviación de los nutrientes. En regiones donde hay fuertes lluvias durante la etapa de cultivo, la aplicación repetida de orina podría ser un seguro contra la pérdida de todos los nutrientes en un evento de lluvia. Cabe recordar que la lixiviación después de la fertilización es pequeña en comparación con la lixiviación de una letrina o de dejar que la orina desviada se infiltre en la tierra cerca del inodoro.

La cantidad total de orina aplicada y su número de aplicaciones dependerán de la necesidad de N de las plantas y del tamaño de sus raíces. El tamaño de las raíces varía ampliamente entre los diferentes tipos de cultivos. Las plantas con sistemas de raíces ineficientes o pequeños, por ejemplo, las zanahorias, las cebollas y la lechuga pueden beneficiarse de repetidas aplicaciones de orina durante el tiempo de cultivo.

Temperatura	La mayoría de microorganismos sobreviven bien a bajas temperaturas (<5°C) y decrecen rápidamente a altas temperaturas (>40-50°C). Este es el caso en el agua, suelo, aguas residuales y en los cultivos. Para asegurar la inactivación en procesos de compostaje, por ejemplo, se necesitan temperaturas alrededor de los 55-65°C para matar todos los tipos de patógenos (excepto las esporas de las bacterias) en unas cuantas horas (Haug, 1993).
pH	Muchos microorganismos están adaptados a un pH neutro (7). Las condiciones altamente ácidas o alcalinas tendrán un efecto inactivador. La adición de cal a la excreta en las letrinas secas y a los lodos residuales puede incrementar el pH e inactivará a los microorganismos. La velocidad de inactivación depende del valor de pH, por ejemplo, es mucho más rápido a un pH de 12 que a uno de 9.
Amoníaco	En ambientes naturales, el amoníaco (NH) químicamente hidrolizado o producido por bacterias puede ser tóxico para otros organismos. La adición de químicos generadores de amoníaco facilitará la inactivación de patógenos en la excreta o los lodos residuales (Ghigletti <i>et al.</i> , 1997; Vinnerås <i>et al.</i> , 2003a).
Humedad	La humedad está relacionada con la supervivencia del organismo en el suelo y en las heces. Un suelo húmedo favorece la supervivencia de los microorganismos y un proceso de secado reducirá el número de patógenos, por ejemplo, en las letrinas.
Radiación Solar / Rayos UV	La radiación ultra violeta reducirá el número de patógenos. Esta es usada como un proceso para el tratamiento tanto de agua potable como de aguas residuales. En el campo el tiempo de supervivencia será menor en el suelo y en la superficie de los cultivos donde la luz solar pueda afectar a los organismos.
Presencia de otros microorganismos	La supervivencia de los microorganismos es generalmente más larga en el material que ha sido esterilizado que en una muestra ambiental que contiene otros organismos. Los organismos pueden afectarse unos a otros por depredación, liberación de sustancias antagonistas o competición (véase los nutrientes a continuación).
Nutrientes	Las bacterias se desarrollarán en el ambiente, si los nutrientes están disponibles y otras condiciones son favorables. La bacteria entérica adaptada para el tracto gastrointestinal no es siempre capaz de competir con organismos nativos por los escasos nutrientes, limitando su habilidad de reproducirse y de sobrevivir en el ambiente.
Otros factores	La actividad microbiana depende de la disponibilidad de oxígeno. En el suelo, el tamaño de las partículas y la permeabilidad impactarán la supervivencia microbiana. En el suelo, así como en los ambientes de las aguas residuales y del agua, varios organismos y componentes químicos inorgánicos pueden afectar la supervivencia de los microorganismos.

Tabla 14: Factores físico-químicos y biológicos que afectan la supervivencia de los microorganismos en el medio ambiente.

9.4. Pautas de seguridad¹

Para todos los tipos de excreta que se reutilizan, deben aplicarse varias medidas de seguridad. Las barreras más importantes en relación los baños secos con separación de orina son:

- Separación de origen. La orina no se contamina con las heces, y éstas se mantienen secas.
- Almacenamiento y tratamiento. Los procesos de deshidratación de las heces durante el almacenamiento en las cámaras y el post tratamiento de la materia fecal luego de su remoción.
- Las relacionadas con la agricultura, como las correctas técnicas de aplicación, restricciones de siembras, períodos de reposo.
- Equipo protector (como guantes y botas) y lavado de manos.
- Manejo adecuado del alimento y su cocción.
- Promoción de la higiene y salud.

9.5. Transporte de heces¹

Cuando la disposición in situ o la reutilización de la materia fecal no es posible, se requiere un servicio de proveedores que se encarguen de trasladar la materia fecal a otra locación para su disposición final. Este es el caso típico en áreas urbanas o periurbanas donde el espacio es limitado. El transporte debería realizarse en contenedores cerrados para evitar derrames y prevenir la contaminación de los vehículos y el ambiente, así como también minimizar las vías de exposición para las personas involucradas. Esto seguramente haga que sea más conveniente el uso de contenedores en los baños secos con separación de orina de cámara simple, si es que las heces van a ser transportadas para su disposición.

Generalmente los proveedores de servicio o los gobiernos locales son quienes se deberían encargar de la recolección, transporte y manejo de la materia fecal.

9.6. Recomendaciones para la reutilización segura de fecales⁵

Las prácticas de uso agrícola (y recomendaciones) dependerán del tratamiento seguido. Incluso si un tratamiento está dirigido a eliminar el riesgo de la transmisión de patógenos y su potencial ha sido probado en laboratorio y/o en experi-

mentos de campo, las etapas del proceso podrían fallar, dando como resultado un fertilizante que no es higiénicamente seguro por completo. Consecuentemente se deben tomar medidas adicionales para minimizar el riesgo de transmisión de enfermedades. Así como:

- No usar el equipo utilizado para el transporte de excretas no higienizadas para transportar el producto tratado (higienizado).
- Cuando se aplica las heces al suelo, se deben tomar precauciones relacionadas con la manipulación de material potencialmente infeccioso. Estas precauciones deben incluir protección personal e higiene. Naturalmente, se debe lavar las manos.
- Las heces se deben trabajar en el suelo cuanto antes y no deben ser dejadas en la superficie del suelo.
- Las heces inadecuadamente higienizadas no deben usarse para hortalizas, frutas o tubérculos que serán consumidos crudos, excluyendo árboles frutales.

Las heces incineradas serán higiénicamente seguras. La manipulación de las cenizas resultantes se encuentra fuera del alcance de este sumario de recomendaciones.

Trabajar la excreta en el suelo reducirá una exposición adicional de personas o animales excepto para algunos helmintos transmitidos por el suelo, y reducirá el riesgo de transporte de patógenos en la escorrentía a aguas cercanas. Un tiempo de espera entre la fertilización y la cosecha, como el sugerido para la orina, es recomendado también para las heces. Esto permitirá una reducción adicional de patógenos por factores ambientales como la actividad microbiana, los rayos ultravioletas y la deshidratación, añadiendo así una barrera adicional contra la transmisión de enfermedades. Este período de espera deberá ser mínimo de un mes.

9.7. Reúso alternativo de heces⁴

El uso de las heces permite la utilización de nutrientes adicionales contenidos en la excreta que no se encuentran en la orina. Las heces también actúan como acondicionador del suelo. La incineración de las heces produce una ceniza que puede ser usada como fertilizante, lo cual en algunos contextos podría incrementar su aceptación para el uso.

La digestión anaeróbica es otra opción si el uso directo no es posible. La digestión anaeróbica requiere un material húmedo y es aplicable a veces cuando se utiliza agua para descargar las heces, un sistema no considerado en estos lineamientos.

El material de los inodoros secos puede ser también mezclado con estiércol animal en los digestores de biogás, donde es utilizado como energía y la mezcla residual heces-estiércol es usada en los campos agrícolas. Esto se practica a gran escala en China e India. Las temperaturas obtenidas están en el rango mesofílico y falta evaluar la inactivación de patógenos.

La siembra de árboles en pozos poco profundos con heces podría utilizar en parte los nutrientes. Esto ha sido practicado en Zimbabwe (Arborloo)⁴, por ejemplo. Las heces pueden ser también movidas a un pozo excavado especialmente para este propósito, lo que, sin embargo, añadiría riesgos de manipulación. No se requiere demasiado almacenamiento previo para este tipo de uso cuando no existe riesgo de filtración a las aguas subterráneas o desbordamiento y si las heces son adecuadamente manipuladas y cubiertas con otro material.

Si no es posible el reúso las heces, estas deberán ser eliminadas de manera segura. Nunca deberán ser dejadas al descubierto en el suelo a causa de la exposición directa de personas y animales. Es importante desarrollar sistemas de manejo seguros, con una mínima exposición de los/as residentes y otras personas, a nivel domiciliar y municipal. La eliminación a nivel municipal puede incluir el transporte a la planta de tratamiento de aguas residuales si existe una en la municipalidad.

9.8. Acuicultura⁴

Los lineamientos actuales de EcoSanRes no han considerado específicamente el uso de la excreta en acuicultura. El concepto de saneamiento ecológico se basa fundamentalmente en el uso de nutrientes en el suelo. Para la acuicultura es necesario adaptar las opciones de tratamiento, con excepción, quizás, del almacenamiento. De acuerdo a la OMS, unas pocas semanas de almacenamiento de la excreta inactivarán los parásitos de preocupación, y para alcanzar el lineamiento de calidad con respecto a coliformes fecales se recomiendan la digestión o el compostaje. Adicionalmente, la exposición se considera difícil de controlar especialmente si el pez o el molusco cultivado en estanques es consumido crudo y si los estanques son usados para nadar. En áreas donde se carece de una adecuada dotación de agua, el estanque podría ser utilizado para otros propósitos. Los/as trabajadores/as de los estanques de acuicultura son otro grupo que debe ser considerado y el equipo de protección necesario puede ser costoso e inasequible. Por lo tanto, no se recomienda el uso o la disposición controlada de las heces en ambientes acuáticos en la actualidad.

⁴Morgan, P. 1999. Ecological sanitation in Zimbabwe - A compilation of manuals and experiences. Conlon Printers, Harare, Zimbabwe.

10. Operación y mantenimiento

Como con cualquier baño, los beneficios completos de un baño seco con separación de orina sólo pueden ser notados una vez que se usa, opera y manipula correctamente. Sin embargo, las actividades vinculadas a la operación y manejo por lo general son inadecuadas por la falta de "cultura del mantenimiento", poco sentido de apropiación, poco entrenamiento y financiamiento insuficiente.

La operación de un baño seco con separación de orina es relativamente simple, con ciertas reglas y rutinas que deben seguirse con regularidad. Si el baño está operado correctamente, la necesidad de un mantenimiento intensivo es muy infrecuente. La adherencia a estas reglas mantiene el baño limpio, libre de olores y moscas, y hacen que no se formen obstrucciones en las cañerías de orina. Todas estas tareas bien pueden ser realizadas por los mismos usuarios, incluyendo el vaciado de las cámaras y el mantenimiento. Sin embargo, tanto los baños secos con separación de orina instalados en colegios, ambientes institucionales/públicos y áreas urbanas se beneficiarían con un proveedor externo de estos servicios.

En este sentido, es importante clarificar los procesos de operación y manejo durante la etapa de planeamiento, así como asignar responsabilidades e incentivos antes que el baño sea operacional.¹

10.1. Uso correcto del inodoro¹

Los usuarios deben tomar completa conciencia de los procedimientos para el uso del inodoro y deben ser capaces de diferenciar las divisiones de la interfaz del usuario, es decir, la parte de orina y la parte de heces.

Debe haber un responsable de la provisión de material seco para la cobertura. Las heces caen directamente por el agujero sin tocar o manchar las paredes, sin embargo, si se utiliza ceniza como material cobertor puede fácilmente ensuciar la tabla o el pedestal. En casos de diarrea, borrachera, uso por parte de niños/as sin acompañamiento adulto y actos de vandalismo puede que se requiera una limpieza adicional. Por esto es que debería haber un trapo, esponja o material de alguna clase que permita que el usuario o cuidador limpie rápidamente. Es aconsejable también dejar a mano una pequeña botella con spray con agua pura o mezclada con vinagre, jugo de limón, bicarbonato, agua oxigenada o algún limpiador micro-bacteriológico para facilitar la limpieza del receptáculo de orina.

La instalación de posters o cuadros ilustrados dentro del baño ayuda a orientar a los/as usuarios/as para un uso correcto. En paralelo, debería ser obligatorio un entrenamiento o capacitación de algún tipo en cuanto al uso diario del baño y medidas básicas para solucionar problemas.

10.2. Operación de rutina

10.2.1. Tareas diarias¹

Una operación correcta de un baño seco con separación de orina requiere que las siguientes tareas se realicen diariamente o cuando sea necesaria:

- Provisión de material de cobertura.
- Provisión de agua o papel higiénico para la limpieza anal.
- Provisión de agua y jabón para la limpieza de manos.
- Barrer el cubículo del baño y limpiar con un trapo.
- Limpiar el asiento del inodoro con un trapo húmedo o solución de agua y vinagre, jugo de limón, bicarbonato, agua oxigenada o algún limpiador micro-bacteriológico.
- Vaciado de la papelera.
- Chequear el volumen de las heces en las cámaras y nivelarlas en caso de que sea necesario.
- Chequear el nivel de orina en el recipiente de recolección y vaciarlo cuando sea necesario.

10.2.2. Limpieza de la cañería de orina¹

En caso de que la cañería de orina se obstruya, con herramientas sencillas como limpiadores de cañería o limpiadores de botella alcanza. Deberían instalarse puntos de acceso en cada codo de las cañerías para facilitar la inserción de las herramientas de limpieza. También se debe enjuagar periódicamente la cañería de descarga de orina con agua tibia y soda cáustica, que además previene la formación de depósitos de piedras urinarias.

10.2.3. Cambio de la cámara de deshidratación en los baños secos con separación de orina de doble cámara¹

Cuando la cámara activa se llena, debe cubrirse el agujero de heces de la interfaz del usuario, y la cámara debe descansar. Esta tapa debe ser firmemente colocada, de forma tal que no se la remueva accidentalmente, y sirve para evitar la adición de más heces frescas en la cámara que está descansando.

Si se usa sólo una interfaz de usuario, tiene que ser trasladada sobre la segunda cámara, y debe cubrirse el agujero en la primera. Cuando se realinea la interfaz del usuario sobre la segunda cámara, el embudo de orina debe alinearse perfectamente sobre el caño de descarga para evitar el derrame de orina en la cámara de heces.

10.2.4. Vaciado de la cámara de deshidratación en los baños secos con separación de orina de doble cámara¹

Cuando la cámara inactiva descansó entre seis y dieciocho meses después de su último uso –tiempo que depende de la zona y clima-, debe vaciarse a través de las entradas traseras. Las heces secas pueden ser removidas con una pala de mango largo, luego colocados en una carretilla o cualquier medio para transportarlas fácilmente hacia el sitio dispuesto para su disposición final o transporte a otro lugar.

Los riesgos sanitarios durante el vaciado suelen ser altos, especialmente para los proveedores de servicios externos que son quienes están expuestos con mayor frecuencia. Para minimizar los riesgos, debe seguirse el enfoque de múltiples barreras, expuesto más arriba. De igual manera, es de una importancia crítica que quienes manipulan estos residuos tengan equipo de protección: guantes, botas, máscaras y cobertura total del cuerpo. Luego del manejo de estas heces, se deben lavar las manos con agua y jabón y hay que limpiar el equipo utilizado. En paralelo, debe tenerse cuidado para que el área circundante a las cámaras no se contamine con derrames.

10.2.5. Cambio de contenedores en sistemas con cámara simple¹

Cuando un contenedor se llena, debe ser reemplazado por uno vacío. El que está lleno puede ser empujado a un extremo de la cámara para el almacenamiento temporal, o bien ser quitado de la cámara. El contenedor debería cubrirse mientras se lo mueve para evitar que haya derrames accidentales, y en este sentido, el uso de bolsas biodegradables o papel adentro del contenedor puede que reduzca la cantidad de limpieza necesaria.

El reemplazo de estos contenedores es una tarea relativamente frecuente, con promedios que oscilan entre una vez por semana y una vez a cada tres meses. Las heces frescas, que estarán al tope del contenedor, deben ser cubiertas con material seco, convirtiendo el proceso en inofensivo. Cuando esto se hace correctamente, no existe ningún tipo de contacto directo con la materia fecal.

10.2.6. Vaciado del tanque de orina¹

Cuando la orina se recolecta en contenedores y tanques, el/la usuario/a o cuidador/a debe reemplazarlos antes de que se llenen (y, por lo tanto, se derramen). Instalar un caño de seguridad que conecte el tanque con un pozo o desagüe cloacal puede ayudar a mitigar los efectos de derrames accidentales.

10.3. Mantenimiento constante¹

Las rutinas de mantenimiento de un baño seco con separación de orina requieren:

- Remover las obstrucciones de las cañerías de orina, tal como cenizas, heces, suciedad o precipitaciones que puedan acumularse a lo largo del período de uso.
- Mantener las puertas de la cámara intactas para proteger los contenidos de la cámara del ingreso de agua de lluvia o animales. Esto puede incluir el reemplazo de bisagras y juntas, o el resellado de los paneles de la puerta.
- Mantenimiento de las cañerías de ventilación y la protección contra la lluvia.
- Inspección regular del sistema de infiltración de orina para evitar el estancamiento u otros indicadores de obstrucciones.
- Reparaciones menores relacionadas al uso.

10.4. Organización y método de proveedores de servicio¹

En contextos urbanos y ambientes institucionales, deberían contratarse proveedores externos de servicio de recolección, transporte y disposición y tratamiento de las excretas de una forma que no sea peligrosa para la salud humana o que vaya en detrimento del medioambiente.

El manejo de las heces puede ser complicado en áreas urbanas. La mayoría de las personas que habitan en una ciudad prefieren no tener ninguna clase de interacción con las heces, especialmente en caso de un inodoro compartido. Además,

el problema del espacio limitado disponible hace que sea imposible para los/as usuarios/as lidiar con sus excretas. El problema que se presenta es que, si bien los/as usuarios/as urbanos de un baño seco con separación de orina suelen estar bien dispuestos/as a pagar por el servicio, no suele haber buenos proveedores (tanto en calidad como en precio). También puede ser difícil hacer que un servicio como este sea comercialmente viable si el número y densidad de este tipo de baños no es acorde.

Es esencial proveer un servicio financieramente accesible y que sea sostenible a largo plazo. Las tarifas prohibitivas y pocos incentivos incrementan los riesgos de que los/as usuarios/as lidien mal con los residuos: ya sea por no tratar los residuos o por tirarlos donde no corresponde. Estas conductas tienen implicancias muy severas para la salud pública, con lo que lograr que el servicio sea práctico y económico ayuda a que estas prácticas no tengan lugar.

Adicionalmente, los proveedores deben seguir todas las normativas legales y estándares aceptados. En áreas donde no haya proveedores confiables, puede que sea más seguro empezar con baños secos con separación de orina que puedan ser convertidos a sistemas de contenedores cuando el servicio de proveedores sea más confiable.

Si la recolección se organiza adecuadamente municipal o provincialmente, el costo final debería ser menor al de un sistema cloacal tradicional con el valor agregado de los beneficios socio-ambientales debidos a la no contaminación y aprovechamiento de nutrientes.

10.5. Problemas comunes y soluciones¹

El uso y mantenimiento de un baño seco con separación de orina no siempre es tan intuitivo o inmediatamente aparente para esos/as usuarios/as que están acostumbrados/as a los sistemas más tradicionales, que están acostumbrados/as a "olvidarse" de qué sucede con los residuos una vez que se tira la cadena. En consecuencia, los/as usuarios/as, propietarios/as y proveedores de servicio deben recibir capacitaciones para entender los procedimientos específicos de un baño con estas características y los protocolos durante la fase de planeamiento e implementación. También debe delimitarse una clara cadena de responsabilidades para el mantenimiento y solución de los problemas más frecuentes.

Los baños secos con separación de orina muchas veces dejan de usarse por problemas cuya solución es realmente sencilla. La siguiente sección provee respuestas a muchos de estos:

1. La orina se acumuló en la sección de la separación de orina de la interfaz del usuario.

Causas posibles:

Objetos foráneos, como cenizas, papel higiénico o heces, que se acumulan en el embudo de la cañería o en la descarga. La formación de precipitados de orina o problemas en la construcción (como un tamaño reducido del diámetro del caño, demasiadas curvas, mala unión en la cañería, una inclinación insuficiente o una mala selección de material) pueden también ser una causa.

¿Qué hacer?

- Desbloquear el caño de orina. Por lo general alcanza con un palo, un alambre, una caña o una herramienta similar.
- Si el caño se atascó por precipitados de orina y barro, habría que fregarlo con un cepillo. Si persiste, se debe verter agua caliente con soda cáustica a la cañería para que se remuevan las formaciones. Hay que volcar medio litro de solución en cada mingitorio y en cada inodoro (en la separación destinada a la orina), y enjuagarlo con agua tibia.
- Asegurarse de que la cañería tenga al menos cinco centímetros de diámetro y una inclinación no menor al 5%.
- Asegurarse de que no haya dobleces en las mangueras. Si las hay, deben reemplazarse por caños rígidos.
- Montar posters instructivos en el cubículo del baño para ofrecer un entrenamiento continuado a los usuarios del baño.
- Proveer asientos especiales para los/as niños/as e insistir en la necesidad de que vayan acompañados/as de sus padres o algún responsable que los ayude en la correcta utilización del sistema.

2. Hay emisión de olores desde la bóveda de heces hacia el recinto del baño.

Causas posibles:

Los contenidos de la cámara de heces se han humedecido demasiado. La causa más común es un error del usuario, que se da como resultado de que los hombres orinen en la cámara de heces, que el agua de la limpieza anal ingrese a esa cámara, descuidos al momento de limpiar el cubículo del baño, aplicación insuficiente del material de cobertura o que haya demasiados/as usuarios/as para la capacidad del baño. También deberían investigarse errores en la construcción, como agujeros en las cañerías, en el piso del baño o la fatiga propia del material.

¿Qué hacer?

- Agregar más material de cobertura y asegurarse que todas las heces estén correctamente cubiertas. Para asegurar que se usa un volumen apropiado de material, podría servir cortar una botella de plástico de acuerdo a la cantidad deseada y dejarla al lado del balde de material. Adquirir o implementar un sistema de dosificación automática o semiautomática de material secante.
- Chequear el sistema de plomería y sellar cada posible fisura.
- Asegurarse de que la cañería de la orina esté perfectamente alineada con el embudo de drenaje y que no se haya dañado, por ejemplo, al momento de mover el inodoro de un lugar al otro.
- Asegurarse de que el material de cobertura realmente sea seco y absorbente. Si no puede garantizarse la provisión constante de material, habría que pensar en métodos alternativos, como mezcla de materiales disponibles (cáscaras de arroz, aserrín, ceniza o suelo seco). La arena no es un buen material secante.
- Asegurarse de que el toldo se extienda correctamente sobre la puerta de la bóveda para resguardarla del ingreso de agua de lluvia.
- Asegurarse que la interfaz del usuario está correctamente colocada en la abertura que va hacia la bóveda, y si no lo está, sellarla.
- Garantizar que las puertas de la bóveda estén intactas y puedan prevenir la infiltración de agua de lluvia o de inundaciones. En caso de que estén averiadas, deben reemplazarse o construirse con materiales más resistentes.
- Chequear si se ha juntado líquido en el piso de la cámara. Esto puede ocurrir si el piso se inclina en una dirección que no sea hacia la puerta. En caso de que sea así, rehacer el piso con la inclinación correcta.
- Reducir la incidencia de usos incorrectos del baño a través de la instalación de mingitorios. Esto es especialmente importante en escuelas o ambientes públicos.
- Contar la cantidad de usuarios/as que van al baño regularmente. Si esta cantidad excede a la planeada originalmente, deben construirse más baños o adaptar las cámaras a un sistema de contenedores.
- Chequear si el baño está instalado en un área inundable. Si es así, reubicarlo.
- En caso de que haya períodos de sobreutilización, como una reunión familiar o comunitaria, las heces pueden ser removidas inmediatamente y tratadas en otro lugar. Esto elimina los olores y permite retomar el uso normal del baño rápidamente.
- Inspeccionar las paredes de la cámara por si hay humedad. Si la hay, debe aplicarse material hidrófugo a las paredes y sellar el piso con concreto.

3. Malos olores se emiten desde el sistema de drenaje de orina al baño.

Causas posibles:

Estancamiento de la orina. Esto puede resultar en derrames que causen este estancamiento en algunas superficies, acumulación de orina en el sistema de cloacas o acumulación de orina en el pozo de contención de derrames.

¿Qué hacer?

- Inspeccionar el sistema de cañerías y sellar todo punto de filtrado. Suelen ocurrir en los codos o en las juntas.
- Asegurarse de que las cañerías de la orina y el agua de limpieza anal tengan la pendiente apropiada.
- Chequear que el desagote del pozo de contención de derrames no esté tapado, y si lo está, hacer uno nuevo.
- Chequear las cañerías en busca de obstrucciones, y si las hay, removerlas.
- Asegurarse que la interfaz del usuario esté siempre limpia.
- En caso del almacenamiento de orina
- Asegurarse que el extremo final de la salida del caño de orina esté sumergido dentro del contenedor, con aproximadamente cinco centímetros de distancia entre la manguera y el fondo del contenedor. De esta forma se crea un sellamiento líquido que impide el flujo reverse de olores.
- Chequear los tanques en búsqueda de posibles excesos de volumen. Si es posible, sería recomendable que los tanques sean traslúcidos para poder revisar mejor el nivel de orina.
- Instalar un caño de evacuación de orina para evitar derramamientos en caso de que haya una cantidad excesiva en el tanque.
- Chequear que la cámara del contenedor de orina esté bien ventilada.

4. La bóveda está infectada de moscas, insectos o roedores

Causas posibles:

La materia fecal está húmeda o no se aplicó la suficiente cantidad de material de cobertura. Esto es probable que suceda si uno/a o más usuarios/as tienen diarrea, o si hubo un pico de usuarios/as que no conocen la tecnología (ver el punto 2).

¿Qué hacer?

- Asegurar un correcto entrenamiento de todos los/as usuarios/as en el correcto uso de la tecnología.
- Asegurar que haya una cantidad suficiente de material de cobertura y que éste sea correctamente aplicado.
- Chequear que se haya instalado un mosquitero en el caño de ventilación, y que no esté averiado. Si es necesario, arreglarlo o reemplazarlo.

- En caso de que el vector de infección sea persistente, el sistema puede reemplazarse por uno de contenedores para permitir la remoción inmediata de las heces de la cámara ante el primer signo de infestación.

5. Hay heces frescas en la cámara inactiva (relevante sólo para sistemas con doble cámara de deshidratación).

Causas posibles:

Los/as usuarios/as removieron la tapa y defecaron en el agujero de la cámara inactiva. Esto puede interrumpir el ciclo de alternancia de cámaras y hacer que en ambas haya heces sin tratar.

¿Qué hacer?

- Asegurarse de que la tapa del agujero de la cámara inactiva esté firmemente sellada y claramente delimitada para evitar un uso accidental.
- Realizar actividades de entrenamiento periódicas para que todos/as los/as usuarios/as estén al tanto de cómo usar la tecnología.
- Asegurar que no haya demoras en el vaciado de las cámaras llenas.
- Proveer un servicio de recolección, transporte y manejo de las heces.

11. Consideraciones adicionales

11.1. Manejo de agua de limpieza anal¹

El agua de limpieza anal puede ser recolectada sin diluir o mezclada con orina o aguas grises para su disposición. En promedio, la gente que practica este método de limpieza usa entre uno y dos litros de agua por excreción. Debido a la presencia de contenidos fecales en el agua, debe tratársela de forma segura.

En la mayoría de los casos, esta agua se drena a un pozo para su disposición. Otros métodos incluyen la evapotranspiración en lechos de mulch (mantillo) e infiltración en trincheras. En todas las circunstancias, debe descargarse en materiales de filtrado y contención bajo tierra, pero siempre sobre el nivel de la napa para evitar la polución.

Las partículas fecales suspendidas en el agua de limpieza anal pueden eventualmente tapan los pozos, con lo que siempre se tiene que usar un material de filtro grueso, como piedras, grava o ladrillos aplastados. Si se mezcla con otras fuentes domésticas de aguas grises, puede que se requiera un pretratamiento. El atascamiento es inevitable en la mayoría de los pozos, con lo que eventualmente habrá que reubicarlo o reacondicionarlo.

11.2. Aplicaciones en interiores¹

Los baños en interiores por lo general se benefician menos que los exteriores de la ventilación pasiva de la cámara y cubículo del baño, por lo que pueden requerir sistemas de ventilación más importantes para prevenir los olores dentro de la vivienda. Si la locación no permite una ventilación adecuada, el usuario debería aplicar una cantidad superior de material seco de cobertura para absorber más los olores y mantener bien ventilado con las ventanas de la casa.

Hay evidencia que sugiere que el uso de compost como material de cobertura podría absorber los olores de forma eficiente. Adicionalmente, cubrir el agujero de caída de las heces con una tapa podría prevenir la transmisión de olores hacia el cubículo del baño.

Los sistemas de ventilación natural debido a ventanas u aperturas pueden ser efectivos en ambientes ventosos, pero no proveen un flujo de aire significativo en condiciones calmas. La opción más efectiva, pero también la más cara, es la instalación de ventiladores eléctricos para evacuar la humedad y el olor de la cámara de heces.

11.3. Contenedor de material para cubrir¹

Debe proveerse un balde u otro contenedor para que haya siempre material seco de cobertura dentro del cubículo del baño. Tanto cucharas, palitas como cualquier clase de elemento sirven para juntar una cantidad apropiada de material y verterla en el agujero. Este material debería ser almacenado en un recipiente pesado para evitar que se lo vuelque accidentalmente.

Algunos inodoros secos modernos tienen incluidos con contenedores y dosificadores de material secante en su tapa o en una mochila similar a la mochila de descarga de agua de un baño tradicional con descarga de agua.

11.4. Tacho de basura para artículos higiénicos¹

Las toallas sanitarias y otros productos higiénicos deben recolectarse separadamente en otros tachos, dado que por lo general no son biodegradables y no se descompondrán en la cámara de heces. Deben estar equipados con una tapa que cierre firmemente. Si los contenidos de la cámara se van a enterrar, en ese caso sí podrían descartarse los productos por ese agujero, aunque cabe mencionar que el aumento en el volumen hará que se llene más rápidamente.

Las indicaciones para los tachos de basura son las mismas que para cualquier tipo de baño. En circunstancias ideales, debería adherírseles a la pared para evitar que se vuelquen. También deberían incluir una bolsa de residuos para una remoción fácil e higiénica; en caso de que no sea posible, el tacho debería poder desmontarse de la pared. En cualquier caso, deben ser vaciados con frecuencia para evitar la presencia de olores.

11.5. Manejo de higiene menstrual¹

Los diseños de baños muchas veces no tienen en cuenta las necesidades específicas de las usuarias. Es crucial tener presente estas cuestiones, tales como seguridad, privacidad, lugar para tirar las toallas sanitarias y algún lugar para lavar ítems sanitarios o ropas, más aún en caso de escuelas o ambientes públicos. Para asegurar que se cumplan estos parámetros, las usuarias deben involucrarse desde el primer momento en la construcción y planificación de un baño seco con separación de orina.

Para el manejo de la higiene menstrual, es sumamente importante que las mujeres puedan descartarlas de forma privada, en tachos preferentemente cubiertos, y la disposición final de estos elementos debe estar contemplada desde el inicio. Muchos ambientes públicos plantean la incineración de este material, pero por lo general carecen del combustible o las capacidades necesarias para realizarlo.

Las usuarias también seguramente necesiten lavarse a sí mismas y a sus ítems de higiene menstrual con frecuencia durante los días de menstruación. Preferentemente, esto tendría que realizarse dentro del cubículo del baño, asumiendo que haya espacio para ello. En zonas donde se practique el lavado anal con agua, el bidet puede ser apropiado para la higiene menstrual: en este sentido, los/as usuarios/as deben tener cuidado de no salpicar agua a las bóvedas durante este proceso de lavado.

Si se usa un baño seco con separación de orina durante el período menstrual, puede que haya manchas de sangre en la taza del inodoro, con lo que debería haber materiales adecuados para garantizar la limpieza e higiene. Para la limpieza se recomienda tener un pulverizador a mano que en su interior tenga agua pura o mezclada con vinagre, jugo de limón, bicarbonato, agua oxigenada o algún limpiador micro-bacteriológico y un cepillo de mango largo.

Cabe aclarar que este contenido de sangre no representa ningún riesgo en la condición de la orina, heces o agua de limpieza, dado que la cantidad de patógenos o volumen total de esta sangre es muy mínima.

11.6. Modificaciones para niños¹

Los/as niños/as en colegios pueden requerir un tamaño reducido de inodoro y una altura menor de sentado para que su uso sea cómodo; lo mismo ocurre con los mingitorios.

En un nivel hogareño, no es práctico incorporar otros inodoros al baño, pero sí adaptadores móviles.

11.7. Lavamanos¹

Todos los baños deberían tener un lugar para el lavado de manos, ya sea dentro o fuera del cubículo. Si no hay conexión de agua, se recomienda el uso de una estación de lavado de manos ya sea con un tanque de agua, canilla y lavatorio específico para tal fin o con toallas húmedas. En cualquier caso, pueden construirse instalaciones sencillas con latas, botellas de plástico o tanques modificados con una canilla.

11.8. Integración de duchas¹

La mayoría de los/as propietarios/as están de acuerdo con la idea de tener una ducha integrada al baño seco con separación de orina para proveer un lugar de lavado que tenga privacidad y a la vez minimice los costos. Si se construye un baño seco con separación de orina con un diseño similar a un banco, con un inodoro y bidet, podría agregársele una división para agregarle una ducha en forma paralela, y drenar el agua de forma separada al del resto de los residuos. Cabe mencionar que el riesgo de que el agua de la ducha entre a las bóvedas es considerable, con lo que no es enteramente recomendable.

12. Descripción de proyectos en ambientes diferentes

12.1. Instalaciones al aire libre¹

Los baños secos con separación de orina en exteriores son por lejos la forma más frecuente de instalación en todo el mundo. Éstas tienen la ventaja de una buena ventilación pasiva, pero comprometen la seguridad y privacidad de los/as usuarios/as. A continuación, se presentan ejemplos de estas instalaciones.

Un gran programa de las áreas rurales y periurbanas de la municipalidad de Thekwini en Durban, Sudáfrica, instaló más de 75 mil baños secos con separación de orina en hogares desde 2003. Los/as usuarios/as no desembolsaron ningún monto para esto, pero tienen a su cargo las tareas de vaciado de la cámara, mantenimiento y demás actividades relacionadas. Actualmente, este programa no contempla la reutilización de las excretas. La orina se infiltra directamente en un pozo adyacente, y las heces secas se entierran in situ o un proveedor externo las transporta a otro lugar para su disposición final.

Como parte de un proyecto de baños secos con separación de orina también llamados baños ecológicos o ecosan, implementado en conjunto entre la Unión Europea, la agencia de Desarrollo y Cooperación Internacional de Suecia y la GIZ de Alemania, se instalaron baños secos con separación de orina en hogares y escuelas de áreas rurales de Kenia. Esta iniciativa apunta a que los/as usuarios/as se beneficien en miras a una agricultura de subsistencia, con un fuerte énfasis en la reutilización de excretas. El programa fue pensado como un proyecto piloto, y utilizaba diseños de baño "lujosos", que fueron construidos con un 20% de financiamiento de los/as usuarios/as y el resto con fondos del proyecto.

La ONG Sanergy montó una empresa de baño seco con separación de orina en las áreas suburbanas de Nairobi, Kenia, llamada Fresh Life (vida fresca en inglés). Con esto, se instalaron baños secos con separación de orina de cámara simple y enterrada, y recipientes de recolección de orina que se intercambian diariamente. Estos baños están integrados en un modelo de negocios de cuatro partes, que involucra la construcción de una red de baños públicos de bajo costo, el otorgamiento de franquicias de los baños públicos a constructores locales, la recolección de las excretas y su transformación vía compostaje en fertilizante para su venta y tal vez, en el futuro, generar electricidad.

12.2. Instalaciones en el interior¹

Hay muchos ejemplos documentados de baños secos con separación de orina en interiores de casas y edificios públicos. Estos van desde los modelos sofisticados prefabricados que produce la empresa sueca Separett, a los diseños de múltiples pisos instalados en el proyecto de viviendas de la empresa alemana Gebers (<http://www.susana.org/en/resources/library/details/1216>).

Un proyecto en Perú, organizado entre la compañía Rotaria del Perú y la GIZ alemana, formó un consorcio público-privado para la construcción de baños secos con separación de orina en hogares y escuelas a escala piloto. Éstos se construyeron con un diseño de banco y podían ser de cámara simple o doble, e instalados dentro o fuera del hogar. La única responsabilidad de los/as usuarios/as es la adquisición de los materiales del baño, mientras que este consorcio provee el asesoramiento y dirección de obra.

La ONG WECF (<http://www.wecf.eu/english/publications/2011/experiences-uddt.php>) logró armar baños secos con separación de orina en hogares rurales y escuelas en Europa central y del este, así como también en la región del Cáucaso y Asia central. Los sitios para el proyecto fueron elegidos frecuentemente en función de las concentraciones elevadas de nitratos en el agua subterránea, causada por la polución del ganado y las letrinas. Los usuarios de estos baños han manifestado su satisfacción por el hecho de que el baño esté dentro de la vivienda, en contraposición a las letrinas en exteriores, especialmente en los meses fríos del invierno.

12.3. Instalaciones en escuelas y el sector público¹

Los baños secos con separación de orina pueden funcionar bien en ambientes escolares si se siguen estricta y regularmente las rutinas de operación y mantenimiento y si hay un fuerte sentido de apropiación de esta tecnología. Esto requiere una capacitación regular para los/as nuevos/as estudiantes, maestros/as y plantel docente, así como la presencia de un servicio de proveedores o cuidadores para que mantengan el sistema. Es importante no sólo prevenir el mal uso, sino asegurarse que haya una respuesta rápida en caso de alguna falla. Estos programas de capacitación podrían ser incorporados dentro

de la currícula regular. Es crucial además establecer una clara delegación de responsabilidades y un cronograma de limpieza que involucre a todo el personal y los proveedores externos, cuando esto sea posible.

En instituciones escolares se recomienda el uso de baños secos con separación de orina de doble cámara para minimizar los riesgos durante la manipulación y para reducir la carga laboral del personal docente. De igual manera, se sugiere fuertemente que no sean los/as alumnos/as quienes manejen las heces, aunque sí podrían hacerlo con la orina almacenada.

Además, se recomienda que las heces que se produzcan en estos baños escolares se entierren o se dispongan de alguna forma, pero que no se las reutilice, dado que el alto número de usuarios/as aumenta la probabilidad de transmisión de enfermedades durante el manejo o reutilización. Por la misma razón, la irrigación subterránea seguramente sea la forma más práctica para disponer de la orina.

En relación al vaciado de las cámaras, mantenimiento regular y solución de problemas técnicos, las escuelas por lo general dependen de la asistencia de ONGs o proveedores. Sin embargo, para una sostenibilidad a largo plazo, el plantel escolar debería tener entrenamiento en cómo realizar el mantenimiento cotidiano. La importancia de este punto suele ser dejada de lado en cualquier sistema de saneamiento en un ámbito escolar o público, y la realidad indica que un baño seco con separación de orina requiere más atención que una letrina; sin embargo, esto se contrapesa con una experiencia sanitaria libre de olores, más limpia y menos contaminación ambiental.

Se debe enfatizar en las siguientes pautas de diseño para un baño seco con separación de orina escolar:

- Que los asientos del inodoro y tazas sean de materiales firmes, resistentes y fáciles de limpiar, y que estén firmemente pegados o montados en la estructura.
- Que el número de baños esté bien calculado para poder albergar a la cantidad esperada de alumnos/as, y de esta forma, asegurar una frecuencia de uso y tiempo de almacenamiento correcto.
- Que se instalen mingitorios dado que es mucho más probable que los baños se usen para orinar que para defecar en estos contextos; la existencia de mingitorios reduce la probabilidad de que la orina entre a la cámara de heces.
- Debe también tenerse presente la modalidad del colegio: si es de escolaridad simple o doble, si es diurna o nocturna, y todas las variantes posibles.
- Se sugiere que se cuelguen posters o cuadros indicativos en los cubículos, y que siempre haya disponibles manuales de operación y manejo para los administradores del colegio.

12.4. Accesibilidad para gente discapacitada¹

El desafío más importante para los usuarios con discapacidades es la existencia de escaleras, que por lo general se construyen para subir al cubículo del baño que está instalado por sobre la cámara de deshidratación. Si bien hay diseños que minimizan esta distancia, la realidad es que suelen ser necesarios al menos uno o dos escalones para otorgar la altura requerida. En estos casos pueden colocarse rampas en vez de escaleras, junto con pasamanos que faciliten el ascenso y descenso. Cabe destacar que los costos de construcción para estos baños con más accesibilidad son sólo marginalmente más altos que los baños secos con separación de orina que no contemplan esta inclusión social, si es que estas cuestiones se prevén desde el primer instante y se lo construye desde cero con estas especificaciones.

En miras a la accesibilidad, lógicamente los baños secos con separación de orina en interiores son la respuesta más apropiada para personas con discapacidades, dado que son distancias más cortas y fáciles; lo cual es especialmente importante en zonas con terreno difícil o sin pavimentar. En comparación, las letrinas suelen estar instaladas en exteriores y lejos de la vivienda a causa del olor que emiten, la presencia de moscas y la necesidad de infiltrar líquidos.

El cubículo puede que también requiera adaptaciones, principalmente en tamaño, para que puedan entrar muletas o sillas de ruedas.

12.5. Baños secos con separación de orina móviles¹

Los baños móviles suelen ser requeridos en zonas de alta densidad poblacional o donde la tenencia de tierra no es segura. Pueden ser una solución para asentamientos informales, en caso de algún evento de concurrencia masiva o bien en casos de emergencia natural. Éstos pueden ser movidos manualmente o instalados en trailers, y transportados por animales, camiones, autos o cualquier forma que se disponga.

Por lo general se los construye de cámara simple, dado que es sumamente poco práctico que una unidad móvil almacene las heces por el período de seis meses necesario para un sistema de doble deshidratación.

12.6. Baños públicos¹

En principio, los baños secos con separación de orina también son aplicables en ambientes públicos. Se recomienda los de cámara simple, dado que la alta frecuencia de usuarios/as genera una alta cantidad de excretas rápidamente. Debe haber un proveedor de servicios, posiblemente el/la operador/a del baño, para que recolecte y cambie los contenedores de excretas y garantice el correcto tratamiento y disposición.

Los baños públicos funcionan mejor cuando el/la operador/a está en el lugar todo el tiempo para educar a los/as usuarios/as, limpiar los baños y reaccionar rápidamente en casos de malos usos. La mira de el/la operador/a debe estar en mantener las cámaras de deshidratación lo más secas posible, logrando así que el baño no emita olores y sea atractivo para quienes lo usan.

Si bien los buenos ejemplos de uso de un baño seco con separación de orina público son raros o no suficientemente documentados, hay experiencias exitosas en Ruanda, Austria y Sudáfrica.

12.7. Inundaciones¹

Las áreas con inundaciones frecuentes requieren una ingeniería estructural específica que prevenga que las cámaras se llenen de agua y que logre una estabilidad en la estructura del baño. Un baño seco con separación de orina estándar con escaleras de acceso puede mantenerse seco con un nivel de agua de entre 10 y 20 cm. Hay medidas adicionales de seguridad que pueden implementarse, como levantar el nivel de acceso a las puertas de las cámaras unos centímetros. En estos casos, las cámaras deben construirse con estándares de impermeabilidad muy altos.

En algunas áreas proclives a inundaciones, las casas o casillas se construyen sobre pilares o sitios; el mismo concepto aplica al baño seco con separación de orina, que pueden construirse de igual forma e integrarse a los hogares. En Filipinas, se implementaron diseños de cámara simple con contenedores intercambiables que siguen estos preceptos, utilizando materiales que van desde la caña de bambú hasta piedras o pilares de concreto.

13. Conclusiones

La tecnología asociada a un sistema de saneamiento seco es tan sólida y robusta como la de cualquier otro sistema de saneamiento; de la misma manera, la seguridad sanitaria de un sistema de saneamiento seco está asociada al buen uso y manejo de los componentes de riesgo del sistema.

El riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas en relación a la orina separada en origen depende fuertemente de la contaminación cruzada con las heces:

- La orina humana generalmente no contiene patógenos que puedan ser transmitidos a través del ambiente.
- El análisis de esteroides fecales indicó una media de 10 ppm de contaminación fecal en aproximadamente la mitad de las muestras en al menos una ocasión y en el 22% de todas las muestras de orina.
- Los indicadores bacteriológicos no son apropiados para la determinación de contaminación cruzada en la orina separada en origen por la rápida desactivación de la *Escherichia coli* en mezclas de orina y el crecimiento del *Streptococcus fecalis* dentro de los sistemas.

El riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas depende de la temperatura y duración del almacenamiento de la mezcla de orina antes de ser utilizada como fertilizante:

- Las bacterias entéricas de mayor consideración (bacterias Gram-negativas) fueron rápidamente desactivadas en la orina separada en origen, tanto a 4°C como a 20°C, con una tasa de T90 en menos de cinco días.
- La tasa de inactivación de oocistos de *Cryptosporidium* a 4°C corresponde a un T90 de 29 días, y se estimó que a 20°C se reduce a cinco días. Estas tasas inferen que serán más altas con otros protozoos.
- Los virus, con la excepción de las esporas de clostridia, fueron el grupo más persistente. Durante un almacenamiento de seis meses, la cantidad de rotavirus y bacteriófagos no se redujeron en orina a una baja temperatura (5°C). A 20°C, el T90 se logró a los días 35 y 71, respectivamente.
- El pH elevado (pH 9) causado por la conversión de urea a amonio es beneficioso para la inactivación de microorganismos en la orina.
- Un tiempo de almacenamiento más corto a una temperatura menor involucrará riesgos más altos para los individuos que manipulan la orina y para aquellos que están en contacto con los campos fertilizados o cultivados con ella, incluidos los animales. Se espera una mayor inactivación de patógenos en los campos, lo que hace que los riesgos de infección por consumo de cosechas se reduzcan en el período entre la fertilización y el consumo.

Para minimizar el riesgo a la exposición de patógenos en la orina separada en origen, se incluyen las siguientes recomendaciones:

- Protección (guantes, por ejemplo) y conciencia de los riesgos involucrados, principalmente para quienes manejan orina sin almacenar.
- El uso de técnicas apropiadas de fertilización, así como dejar pasar un tiempo entre ésta y la cosecha, disminuye la exposición de humanos y animales a los patógenos potenciales.
- Si la orina se usa en cosechas que se procesarán comercialmente, el riesgo de infección es despreciable.
- La orina recolectada en hogares y usada en cultivos para el propio consumo involucra menos riesgos que los sistemas de gran escala y son apropiados para todo tipo de cosechas en tanto pase un mes entre la fertilización y la cosecha.

Los sistemas de separación de orina pueden contribuir a un desarrollo sustentable tanto en países desarrollados como en vías, así como en áreas urbanas y rurales:

- Los criterios de sanidad para las aguas de residuos serán cumplidos si se siguen las recomendaciones para el uso y manejo de orina. Los riesgos sanitarios microbianos son muy bajos, inclusive si se los compara con los sistemas convencionales.
- En Suecia, los análisis de sistemas que separan la orina en origen en comparación con los tradicionales resultaron en un decrecimiento en las emisiones de nitrógeno eutrofizado, fósforo y en el consumo de energía. Los sistemas de baja escala pueden ser especialmente apropiados para complementar con la separación de orina.
- Como fertilizante, la orina probablemente tenga mejor uso en una agricultura orgánica, pero su efecto puede ser comparable al de fertilizantes minerales.
- En países en desarrollo, se requiere urgentemente un mejor manejo de las excretas y fertilizantes. Los organismos internacionales promueven un saneamiento seco y concebir a las excretas humanas como un recurso.

La forma en que se manejen los riesgos y cuáles son aceptables es uno de los asuntos principales que definirán el futuro de este y otros sistemas de reciclaje de aguas de desecho:

- En relación al agua potable, se discuten riesgos aceptables de entre 1:1.000 y 1:10.000 por año.
- La reutilización de excreta humana y aguas residuales en países en desarrollo, especialmente en países tropicales, puede involucrar mayores riesgos debido a la mayor prevalencia de enfermedades entéricas. Sin embargo, los riesgos necesitan ser contrastados con los posibles beneficios en la fertilización del suelo y los riesgos de los sistemas sanitarios actuales.

14. Terminología y abreviaciones

14.1. Terminología

Aeróbico: significa 'que requiere oxígeno'. Los procesos aeróbicos sólo pueden funcionar en presencia de oxígeno molecular (O_2), y organismos aeróbicos son aquellos que usan oxígeno para la respiración celular y almacenan energía.

Aguas Residuales: tradicionalmente descritas como cualquier agua que ha sido usada y no es apta para usos adicionales. El término se aplica en general a todas las aguas que se originan en inodoros, duchas, lavabos, áreas de lavado, fábricas, etc.

Aguas Negras: la mezcla de orina, heces y agua de arrastre junto con agua de limpieza anal (si se practica la limpieza anal) o material seco de limpieza (p.ej. papel higiénico). Tiene alto contenido de material orgánico y patógeno.

Aguas Grises: el volumen total de agua generada del lavado de alimentos, ropa, platos y cubiertos, y personas. No contiene excrementos, pero contiene patógenos y materiales orgánicos.

Anaeróbica: significa la ausencia de oxígeno. Los procesos anaeróbicos son obstaculizados o detenidos por la presencia de oxígeno. Los procesos anaeróbicos son a menudo de olor más desagradable que los procesos aeróbicos.

Bacterias mesófilas: Bacteria que descompone la materia orgánica a temperaturas que oscilan entre 30 y 40 C. El agua es utilizada como medio de eliminación de excretas y otros desechos; puede también contener microorganismos patógenos de asiento no intestinales.

Bacterias termófilas: Las bacterias termófilas son aquellas que se desarrollan a temperaturas superiores a 45°C, pudiendo superar incluso los 100°C (hipertermófilos) siempre que exista agua en estado líquido.

Baño Seco: Un inodoro seco ("baño seco") es un inodoro que opera sin agua. Estos sistemas secos pueden ser con o sin separación de orina. En ambos casos los excrementos (orina y heces) caen juntos o en forma separada en un recipiente.

Baño con separación de orina: En inglés UDT (Urine Diversion Toilet), es un inodoro que separa los excrementos, orina y heces, en su origen (con ó sin uso extra de agua).

Baño seco con separación de orina: En inglés UDDT (Urine Diverting Dry Toilet) es un inodoro seco con separador de orina que opera sin agua y tiene un separador para que el usuario, pueda desviar la orina lejos de las heces.

Demanda Bioquímica de Oxígeno: La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una medida de la cantidad de oxígeno usado por las bacterias para degradar la materia orgánica en las aguas residuales (en mg/l). Es una medida aproximada de la cantidad de material orgánico que está presente en el agua: a mayor contenido orgánico, mayor cantidad de oxígeno para degradarlo (alta DBO); a menor contenido orgánico, menos oxígeno requerido para degradarlo (baja DBO).

Demanda Química de Oxígeno: La demanda química de oxígeno (DQO) es una medida cuantitativa de la cantidad de oxígeno requerido por la oxidación química de materiales a base de carbón (orgánicos) en una muestra por un oxidante químico fuerte, expresada en mg/l. La DQO es siempre igual o mayor que la DBO ya que es la suma del oxígeno requerido para la oxidación biológica y la química.

Heces: se refiere a excremento (semisólido) sin orina ni agua adicional.

Microorganismos: organismos que no son ni plantas ni animales, sino pequeños, unicelulares simples o multicelulares tales como los protozoarios, algas, hongos, virus y bacterias.

Nutriente: cualquier sustancia (proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas, o minerales) usada para el crecimiento. En los sistemas de tratamiento de aguas residuales, 'nutriente' se refiere usualmente a nitrógeno y/o fósforo ya que son los responsables primarios de la eutrofización.

Orina: es el desecho líquido producido por el cuerpo para eliminar la urea y otros productos de desecho.

Saneamiento: término general usado para describir una serie de acciones que están todas dirigidas a reducir la diseminación de patógenos y mantener un ambiente habitable y saludable. Las acciones específicas relacionadas con el saneamiento incluyen, tratamiento de aguas residuales, manejo de desechos sólidos y manejo de aguas pluviales.

El uso del término 'saneamiento' varía en diferentes países e idiomas. En algunos el significado es más amplio, como en la definición mencionada (Inglaterra, Bolivia); en otros el uso técnico es limitado al tratamiento de aguas negras sin incluir el alcantarillado sanitario (Alemania, México).

Saneamiento básico: Saneamiento básico es la tecnología de más bajo costo que permite eliminar higiénicamente las excretas y aguas residuales y tener un medio ambiente limpio y sano tanto en la vivienda como en las proximidades de los/as usuarios/as. El acceso al saneamiento básico comprende seguridad y privacidad en el uso de estos servicios.

Saneamiento Sustentable: El objetivo principal de un sistema sanitario es proteger y promover la salud humana al proporcionar un ambiente sano y rompiendo el ciclo de la enfermedad. Para ser sustentable, un sistema sanitario debe ser, socialmente aceptable, técnica e institucionalmente apropiado, proteger el medio ambiente y los recursos naturales.

Separación de orina: En inglés UD (Urine Diversion) hace referencia a la separación de las heces y la orina al momento de excretar.

Sustentabilidad: Priorizar la continuidad y cuidado de la vida (humana y no humana) por encima de cualquier otro aspecto. "cumple con las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para cumplir sus propias necesidades" (Comisión Brundtland, 1987)

Urea: molécula orgánica (NH₂)₂CO que es expulsada en la orina como una forma de liberar al cuerpo de un exceso de nitrógeno. Con el tiempo, la urea en la orina se separa en dióxido de carbono y amonio, que es fácilmente utilizada por los organismos en el terreno.

14.2. Abreviaturas

COP:	Compuestos orgánicos persistentes
DBO:	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO:	Demanda Química de Oxígeno
Ecosan:	Ecological Sanitation (Saneamiento Ecológico)
EcoSanRes:	Ecological sanitation research (Investigación en Saneamiento Ecológico)
ESS:	EcoSmellStop (Barrera de olor ecológica)
GIZ:	Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional)
GTZ:	Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Agencia Alemana para la Cooperación Técnica)
INDEC:	Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina
JMP:	Programa de Monitoreo Conjunto
OMS:	Organización Mundial de la Salud
PE:	Polietileno
PP:	Polipropileno
PVC:	Cloro polivinílico
UD:	Urine Diversion (Separación de Orina)
UDDT:	Urine Diverting Dry Toilet (Baño seco con separación de orina)
UDT:	Urine Diversion Toilet (Baño con separación de orina)
UNICEF:	United Nations International Children's Emergency Fund (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia)
uPVC:	PVC sin plastificar
UV:	Ultra Violeta
SENASA:	Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria de la República Argentina

15. Documentos de Referencias

- **EcoSanRes (2004)**
Ecological Sanitation-Revised and enlarged edition, Stockholm Environment Institute, EcoSanRes Publications Series, Stockholm, Sweden.
URL: http://www.ecosanres.org/pdf_files/Ecological_Sanitation_2004.pdf
- **EcoSanRes (2004)**
Lineamientos para el uso de la orina y heces en la produccion de cultivos, EcoSanRes Publications Series, Stockholm, Sweden.
http://www.ecosanres.org/pdf_files/Usa_Orina_Heces_Cultivos_2004-2.pdf
- **EcoSanRes (2004)**
Guidelines for the Safe Use of Urine and Faeces in Ecological Sanitation Systems, Stockholm Environment Institute, EcoSanRes Publications Series, Stockholm, Sweden.
http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR1web.pdf
- **GIZ (2011)**
Technology Review of Urine diversion components - Overview of urine diversion components such as waterless urinals, urine diversion toilets, urine storage and reuse systems, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, Germany.
<http://www.susana.org/en/resources/library/de-tails/875>
- **GIZ (2012)**
Technology Review of Urine-diverting dry toilets (UDDTs) - Overview of design, operation, management and costs, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Eschborn, Germany.
<mailto:http://www.susana.org/en/resources/library/details/874>
- **Höglund Caroline (2001)**
Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source-separated human urine, Stockholm, Sweden.
<http://www.ircwash.org/sites/default/files/Hoglund-2001-Evaluation.pdf>
- **MMAyA (2011)**
Guía Técnica Baños Secos Ecológicos, Ministerio de Medio Ambiente y Agua – Estado Plurinacional de Bolivia
<http://www.sswm.info/category/step-gass-en-al/gass-en-castellano/gesti%C3%B3n-de-agua-y-saneamiento-sostenible-en-am%C3%A9rica-l-18>
- **WHO (2006)**
Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater, World Health Organization, Geneva, Switzerland
http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/gsuww/en/

16. Enlaces a fuentes de imágenes

Contra tapa

Museo de México

2.5

Figura 1: Mingitorios e Inodoros históricos: biblioteca@aysa.com.ar - Biblioteca Agustín González "Palacio de las Aguas Corrientes" Riobamba 750 - 1° piso. (C1025ABP) Ciudad de Buenos Aires- Argentina.

2.7.2

Figura 2: Baño seco con separación de orina: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/3044632716/in/photostream/>

Figura 3: Baño (común) con separación de orina: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/3331066762/in/dateposted/>

2.9

Figura 4: PR: Músculo puborectal: Imágenes renderizadas por Gabriel Vaccaro.

3.2

Figura 5: Inodoro seco con separación de orina: <http://natsol.co.uk/wordpress/wp-content/uploads/2013/07/ecologen-urine-separator.jpg>

Figura 6: Inodoro con separación de orina y descarga de agua para heces:

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/08/Urine_diverting_flush_toilet_in_Stockholm_\(Dubbletten\).jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/08/Urine_diverting_flush_toilet_in_Stockholm_(Dubbletten).jpg)

3.2.2.1

Figura 7: Tipo 1: <http://www.sswm.info/sites/default/files/toolbox/CREPA%202007%20Tecpan%20I,%20Tecpan%20II.jpg>

Figura 8: Tipo 2: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/84/UDDT_in_Addis_Ababa_\(3562076439\).jpg/220px-UDDT_in_Addis_Ababa_\(3562076439\).jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/84/UDDT_in_Addis_Ababa_(3562076439).jpg/220px-UDDT_in_Addis_Ababa_(3562076439).jpg)

Figura 9: Tipo 3: <http://www.letsogreen.com/images/Centrex1000NE.jpg>

3.2.2.2

Figura 10: Baño seco con separación de orina de doble cámara de deshidratación: Imagen retocada sin fuente.

3.3

Figura 11: Mingitorio 1: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/3348431925/in/photostream/>

Figura 12: Mingitorio 2: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/5051360302/in/photostream/>

4.1.1

Figura 13: Inodoro 1: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/3330209129/in/photostream/>

Figura 14: Inodoro 2: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/3044632334>

Figura 15: Inodoro 1 en corte: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/5612371917/in/photostream/>

Figura 16: Inodoro 3: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/3040765252/in/photostream/>

Figura 17: Inodoro 4: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/3513116450/>

4.1.2

Figura 18: bóveda elevada: Elaboración propia

4.1.3

Figura 19: Accesibilidad: <http://blhumacons.com/rehabilitacion/accesibilidad/>

4.1.7

Figura 20: Ventilación 1: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/4216253011/in/album-72157623075080702/>

Figura 21: Ventilación 2: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/4217026526/in/album-72157623075080702/>

4.1.8

Figura 22: Trampa1: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/6147019524/in/photostream/>

4.2.3

Figura 23: Valvula 1: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/3533356254/in/album-72157623389091930/>

Figura 24: Valvula 2: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/3989655643/in/photostream/>

Figura 25: Valvula 3: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/4046565638/in/photostream/>

Figura 26: Valvula 4: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/4011785729/in/photostream/>

6.1

Figura 27: Ruta de transmisión secundario de patógenos originadas en orina y heces humanas (Hoglund, 2001)

7.5

Figura 28: Contenedores de plástico de 20 litros : <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/3156553593/in/photostream/>
<https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/3331804602/in/photostream/>

Figura 29: Tanque de tamaño medio : <http://www.greenbuildingadvisor.com/sites/default/files/Urine%20I.jpg>

Figura 30: Tanque grande : http://www.rotoplas.com/productos/01_Almacenamiento/06_Nodrizas/Images/Nodrizas3.jpg

7.5.2

Figura 31: T. Orina 1: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/315653593/in/photostream/>

Figura 32: T. Orina 2: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/3331804602/in/photostream/>

Figura 33: T. Orina 3: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/3331804272/in/photostream/>

8.4.2.3

Figura 34: Zona de seguridad en el tratamiento de excretas: "Diagrama de zona segura" en Feachem et. al., 1983 Feachem, R.G., Bradley, D.J., Garelick, H. and Mara, D.D. 1983. En EcoSanRes (2004).

9.1

Figura 35: Estrategia de barreras para el uso seguro de la orina como fertilizante: Pagina IX http://www.susana.org/_resources/documents/default/2-1191-2011-05-ecosan-urine-in-crops-spanish.pdf

9.6

Figura 36: Uso de Orina: Musiri, Tamil Nadul, India – Fotografo Dominik Hock

10.1

Figura 37: H1: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/15806559913/in/album-72157648282032913/>

Figura 38: H2: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/15806559973/in/album-72157648282032913/>

Figura 39: H3: <https://www.flickr.com/photos/gtzecosan/16424898321/in/album-72157648282032913/>

17. Índice de figuras

Figura 1: Mingitorios e Inodoros históricos	13
Figura 2: Baño seco con separación de orina	15
Figura 3: Baño (común) con separación de orina	15
Figura 4: PR: Músculo puborectal.....	17
Figura 5: Inodoro seco con separación de orina.....	18
Figura 6: Inodoro con separación e orina y descarga de agua para heces.....	18
Figura 7: Tipo 1	19
Figura 8: Tipo 2	20
Figura 9: Tipo 3	20
Figura 10: Baño seco con separación de orina de doble cámara de deshidratación.....	21
Tabla 2: Tipos de Baño Seco.....	22
Figura 11: Mingitorio 1	23
Figura 12: Mingitorio 2	23
Figura 13: Inodoro 1.....	25
Figura 14: Inodoro 2.....	25
Figura 15: Inodoro 1 en corte.....	26
Figura 16: Inodoro 3.....	26
Figura 17: Inodoro 4.....	26
Figura 18: bóveda elevada.....	26
Figura 19: Accesibilidad.....	28
Figura 20: Ventilación 1	31
Figura 21: Ventilación 2	31
Figura 22: Trampa1	31
Figura 23: Válvula 1	32
Figura 24: Válvula 2	32
Figura 25: Válvula 3	32
Figura 26: Válvula 4	32
Figura 27: Ruta de transmisión secundario de patógenos originadas en orina y heces humanas (Hoglund, 2001).....	37
Figura 28: Contenedores de plástico de 20 litros	47
Figura 29: Tanque de tamaño medio	47
Figura 30: Tanque grande	47
Figura 31: T. Orina 1	48
Figura 32: T. Orina 2	48
Figura 33: T. Orina 3	48
Figura 34: Zona de seguridad en el tratamiento de excretas.....	54
Figura 35: Estrategia de barreras para el uso seguro de la orina como fertilizante.....	59
Figura 36: Uso de orina.....	61
Figura 37: H1.....	63
Figura 38: H2.....	63
Figura 39: H3.....	63

18. Índice tablas

Tabla 1: Tipo de desagüe del Inodoro en Argentina (CENSO 2010).....	14
Tabla 3: Elementos de un baño seco y sus usos	35
Tabla 4: Inactivación de microorganismos en la orina, dados como valores T90 en días.	38
Tabla 5: Patógenos que podrían ser excretados en la orina y la importancia de la orina como ruta de transmisión.	39
Tabla 6: Patógenos.....	40
Tabla 7: Ejemplo de patógenos que pueden ser excretados en las heces (pueden ser transmitidos a través del agua y de un saneamiento inadecuado) y enfermedades relacionadas, incluye ejemplos de los síntomas que ellos pueden causar.....	42
Tabla 8: Composición de la Orina.....	45
Tabla 9: Composición de las heces	50
Tabla 10: Tiempos de supervivencia estimados y valores de reducción decimal para patógenos durante el almacenamiento de las heces y en el suelo, dados en días si no se establece de otra manera. No se aplica ningún tratamiento adicional.....	53
Tabla 11: Resumen de los resultados de estudios donde las heces han sido tratadas con un aditivo para elevar el pH.....	57
Tabla 12: materiales de cobertura	58
Tabla 13: Ruta de transmisión potenciales relacionadas con los inodoros secos y el uso de la excreta con medidas técnicas y de comportamiento sencillas para restringir la exposición y minimizar los riesgos	64
Tabla 14: Factores físico-químicos y biológicos que afectan la supervivencia de los microorganismos en el medio ambiente	66

Anexo

I. Lista de proveedores

NACIONALES

ba.seco

Zoraida y Rafael
Córdoba, Argentina
basecocba@gmail.com

Biosanita

Martín Monti
Tandil, Argentina
0059-0249 15 4575482
comercial@biosanita.com.ar
<http://biosanita.com.ar/>

Permapreta

<http://permapreta.com.ar/>
gaia@gaia.org.ar

INTERNACIONALES

Biolan

http://www.biolan.fi/spanish/default4.asp?active_page_id=102

Falcon

<http://www.falconwaterfree.com/>

Separett

<http://www.separett.com/home>

Urimat

<http://www.urimat.ch/fr/suisse/home.html>

II. Páginas web de interés

EAWAG

http://www.eawag.ch/index_EN

EcoSanRes

<http://www.ecosanres.org/>

Millennium Development Goals

<http://www.un.org/millenniumgoals/>

Stockholm Environment Institute

<http://www.sei-international.org/>

Sustainable Sanitation Alliance

<http://www.susana.org/en/>

Sustainable Sanitation and Water Management

<http://www.sswm.info/home>

Swedish Institute for Infectious Disease Control

<http://www.folkhalsomyndigheten.se/about-folkhalsomyndig-heten-the-public-health-agency-of-sweden/>

UN Water

<http://www.unwater.org/>

III. Publicaciones de interés

EcoSanRes (2004)

Guidelines for the Safe Use of Urine and Faeces in Crop Production, Stockholm Environment Institute, EcoSanRes Publications Series, Stockholm, Sweden.
mailto:http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR2web.pdf

EcoSanRes (2006)

Urine Diversion-One Step towards Sustainable Sanitation, Stockholm Environment Institute, EcoSanRes Publications Series, Stockholm, Sweden.
http://www.ecosanres.org/pdf_files/Urine_Diversion_2006-1.pdf

EcoSanRes (2008)

Fact Sheet 1 - The Sanitation Crisis.
<http://www.ecosanres.org/factsheets.htm>

EcoSanRes (2010)

Guidance on the Use of Urine in Crop Production, Stockholm Environment Institute, EcoSanRes Publications Series, Stockholm, Sweden.
http://www.ecosanres.org/pdf_files/ESR2010-1-PracticalGuidan-ceOnTheUseOfUrineInCropProduction.pdf

EcoSanRes (2011)

Microbial Exposure & Health Assessments in Sanitation Technologies, Stockholm Environment Institute, EcoSanRes Publications Series, Stockholm, Sweden.
http://www.ecosanres.org/pdf_files/Micro-bial_Exposure_&_Health_Assessments_in_Sanitation_Technologies_&_Systems.pdf

EcoSanRes ,(2011-2)

Guía Práctica de Uso de la Orina en la Producción Agrícola,EcoSanRes Publications Series, Stockholm, Sweden.
http://www.susana.org/_resources/documents/default/2-1191-2011-05-ecosan-urine-in-crops-spanish.pdf

Feachem Richard G. (1983)

Health Aspects of Excreta and Wastewater Management, World Bank, Washington D.C., USA.
mailto:http://www-wds.worldbank.org/servlet/WDSContentServer/IW3P/IB/1999/12/23/000178830_98101911180473/Rendered/PDF/multi0page.pdf

Jönsson, Håkan (2001)

Source separation of human urine - Separation efficiency and effects on water emissions, crop yield, energy usage and reliability, Swedish University of Agricultural Sciences, Stockholm, Sweden.
http://www.ecosanres.org/pdf_files/Nanning_PDFs/Eng/Jonsson%2011_E19.pdf

Las Cañadas (2012)

Cacofobia-Sanitarios Ecológicos, Mexico.
<http://www.scribd.com/doc/91276179/cacofobia-Banos-secos#scribd>

MMAYa (2010)

Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Saneamiento con Tecnologías Alternativas, Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Estado Plurinacional de Bolivia.
http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/MMAYa%202010%20Gu%C3%ADa%20T%C3%A9cnica%20de%20Dise%C3%B1o%20y%20Ejecuci%C3%B3n%20de%20Proyectos%20de%20Agua%20y%20Saneamiento%20con%20tecnolo%C3%ADas%20alter-nativas%20SPANISH.pdf

Schönning, Caroline (2001)

Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source-separated human urine, Swedish Institute for Infectious Disease Control, Stockholm, Sweden.
http://www.ecosanres.org/pdf_files/Nanning_PDFs/Eng/Caroline%20Schonning%20%2029_E26.pdf

Stenström, Thor Axel (2001)

Reduction efficiency of index pathogens in dry sanitation compared with traditional and alternative wastewater treatment systems, Swedish Institute for Infectious Disease Control, Stockholm, Sweden.
http://www.ecosanres.org/pdf_files/Nanning_PDFs/Eng/Stenstrom%2002_E07.pdf

WECF (2007)

Ecological Sanitation and Associated Hygienic Risk, Women in Europe for a Common Future, Hamburg, Germany.
mailto:<http://www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/en-ecological-sanitation-and-associated-hygienic-risk-2007.pdf>

WHO, Caroline Schönning (2001)

Urine diversion - hygienic risks and microbial guidelines for reuse, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
mailto:http://www.who.int/water_sanitation_health/wastewater/urineguidelines.pdf

IV. Datos del CENSO 2010

1. Total del país. Población en viviendas particulares por tipo de desagüe del inodoro, según provisión y procedencia del agua.

Provisión y Procedencia del Agua	Población en viviendas particulares	A red pública (cloacal)	%	A cámara séptica y pozo ciego	%	A pozo ciego	%	A hoyo, excavación en la tierra	%	Sin retrete	%
Total	39672520	19.381.029	48,85%	10.401.879	26,22%	8.024.672	20,23%	793.340	2,00%	1.071.600	2,70%
Por cañería dentro de la vivienda	34.367.977	18.952.785	55,15%	9.284.513	27,02%	5.601.544	16,30%	177.994	0,52%	351.141	1,02%
Red pública	29.865.934	18.479.112	61,87%	6.728.520	22,53%	4.231.908	14,17%	128.501	0,43%	297.893	1,00%
Perforación con bomba de motor	3.866.626	415.682	10,75%	2.301.651	59,53%	1.093.654	28,28%	19.614	0,51%	36.025	0,93%
Perforación con bomba manual	76.265	4.578	6,00%	30.808	40,40%	37.163	48,73%	1.767	2,32%	1.949	2,56%
Pozo	382.135	29.485	7,72%	136.801	35,80%	187.813	49,15%	18.618	4,87%	9.418	2,46%
Transporte por cisterna	93.229	19.762	21,20%	43.521	46,68%	24.532	26,31%	2.787	2,99%	2.627	2,82%
Agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia	83.788	4.166	4,97%	43.212	51,57%	26.474	31,60%	6.707	8,00%	3.229	3,85%
Fuera de la vivienda pero dentro del terreno	4.321.354	427.957	9,90%	991.116	22,94%	2.000.019	46,28%	417.281	9,66%	484.981	11,22%
Red pública	2.576.672	393.137	15,26%	535.504	20,78%	1.147.427	44,53%	191.589	7,44%	309.015	11,99%
Perforación con bomba a motor	951.172	25.095	2,64%	337.953	35,53%	478.549	50,31%	36.562	3,84%	73.013	7,68%
Perforación con bomba manual	181.334	2.580	1,42%	33.474	18,46%	107.217	59,13%	21.087	11,63%	16.976	9,36%
Pozo	360.905	4.155	1,15%	43.699	12,11%	162.328	44,98%	104.489	28,95%	46.234	12,81%
Transporte por cisterna	116.208	2.196	1,89%	20.603	17,73%	51.452	44,28%	24.772	21,32%	17.185	14,79%
Agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia	135.063	794	0,59%	19.883	14,72%	53.046	39,28%	38.782	28,71%	22.558	16,70%
Fuera del terreno	983.189	287	0,03%	126.250	12,84%	423.109	43,03%	198.065	20,15%	235.478	23,95%
Red pública	335.213	124	0,04%	52.236	15,58%	152.666	45,54%	50.379	15,03%	79.808	23,81%
Perforación con bomba a motor	140.067	0	0,00%	31.379	22,40%	73.711	52,63%	11.793	8,42%	23.184	16,55%
Perforación con bomba manual	47.662	0	0,00%	5.803	12,18%	23.854	50,05%	8.094	16,98%	9.911	20,79%
Pozo	190.060	1	0,00%	12.266	6,45%	74.345	39,12%	57.362	30,18%	46.086	24,25%
Transporte por cisterna	126.555	129	0,10%	16.470	13,01%	55.544	43,89%	23.911	18,89%	30.501	24,10%
Agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia	143.632	33	0,02%	8.096	5,64%	42.989	29,93%	46.526	32,39%	45.988	32,02%

Nota: las Islas Malvinas, Georgias del Sur, Sandwich del Sur y los espacios marítimos circundantes forman parte integrante del territorio nacional argentino. Debido a que dichos territorios se encuentran sometidos a la ocupación ilegal del REINO UNIDO DE GRAN BRETAÑA e IRLANDA DEL NORTE, la REPÚBLICA ARGENTINA se vio impedida de llevar a cabo el CENSO 2010 en esa área.

Fuente: INDEC, CENSO Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.

2. Total del país. Población en viviendas particulares por instalación sanitaria, según provincia.

Provincia	Población en viviendas particulares	Con descarga de agua	Sin descarga de agua o sin retrete
Total	39672520	33.658.892	6.013.628
Ciudad Autónoma de Buenos Aires	2827535	2.743.059	84.476
Buenos Aires	15481752	13.186.391	2.295.361
Catamarca	362534	8.165.417	1.694.241
Chaco	3258534	5.020.974	601.120
Chubut	985404	306.026	56.508
Córdoba	1047853	3.007.049	251.485
Corrientes	497969	764.333	221.071
Entre Ríos	1222585	649.259	398.594
Formosa	526996	459.196	38.773
Jujuy	666480	1.101.556	121.029
La Pampa	314749	309.920	217.076
La Rioja	331174	527.601	138.879
Mendoza	1720870	304.770	9.979
Misiones	1091733	289.411	41.763
Neuquén	541984	1.550.524	170.346
Río Negro	626142	723.899	367.834
Salta	1202595	495.274	46.710
San Juan	673335	560.869	65.273
San Luis	428486	897.699	304.896
Santa Cruz	264919	581.841	91.494
Santa Fe	3165670	388.273	40.213
Santiago del Estero	868355	253.950	10.969
Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur	124048	2.775.258	390.412
Tucumán	1440818	2.743.059	372.652

Nota: las Islas Malvinas, Georgias del Sur, Sandwich del Sur y los espacios marítimos circundantes forman parte integrante del territorio nacional argentino. Debido a que dichos territorios se encuentran sometidos a la ocupación ilegal del REINO UNIDO DE GRAN BRETAÑA e IRLANDA DEL NORTE, la REPÚBLICA ARGENTINA se vio impedida de llevar a cabo el CENSO 2010 en esa área.

Fuente: INDEC, CENSO Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.

Sistemas de saneamiento seco, baño seco / Federico Augusto Dabbah ... [et al.].
1a ed. - San Martín: Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI, 2015.
142 p. ; 22 x 15 cm.

ISBN 978-950-532-253-4

1. Saneamiento. I. Dabbah, Federico Augusto
CDD 628

© INTI, Instituto Nacional de Tecnología Industrial / Gerencia de Proyectos Especiales,
San Martín, Buenos Aires, Argentina, www.inti.gob.ar.

Se permite la reproducción de este material con un fin educativo, científico o relato al desarrollo excepto el uso comercial,
citando su procedencia.



www.inti.gob.ar
0 800 444 4004
consultas@inti.gob.ar

Parque Tecnológico Miguelete

Avenida General Paz 5445
Casilla de correo 157
B1650WAB San Martín, Buenos Aires
Teléfono (54 11) 4724 6200/6300/6400

