



Guía Práctica de Uso de la Orina en la Producción Agrícola

Anna Richert, Robert Gensch, Håkan Jönsson,
Thor-Axel Stenström y Linus Dagerskog

partner of

**sustainable
sanitation
alliance**

 **EcoSanRes**

Guía Práctica de Uso de la Orina en la Producción Agrícola

Anna Richert⁽¹⁾, Robert Gensch⁽²⁾, Håkan Jönsson⁽¹⁾,
Thor-Axel Stenström⁽¹⁾ y Linus Dagerskog^{(1),(3)}

Contribuciones de:

Elisabeth von Muench⁽⁴⁾, Martina Winker⁽⁵⁾, Claudia Wendland⁽⁶⁾,
Marianne Kjellén⁽¹⁾, Moussa Bonzi⁽³⁾, Cofie Olufunke⁽⁷⁾,
Almaz Terrefe⁽⁸⁾ y Peter Morgan⁽⁹⁾

Traducción al español: Jenny Aragundy Ochoa

⁽¹⁾ Stockholm Environment Institute

⁽²⁾ Sustainable Sanitation Center, Xavier University, Philippines; CIM; lead of SuSanA working group 5

⁽³⁾ Centre for Low Cost Water Supply and Sanitation (CREPA)

⁽⁴⁾ Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)

⁽⁵⁾ Hamburg University of Technology

⁽⁶⁾ Women in Europe for a Common Future (WECF)

⁽⁷⁾ International Water Management Institute (IWMI)

⁽⁸⁾ Society for Urban Development in East Africa (Sudea)

⁽⁹⁾ Aquamor

EcoSanRes Programme
Stockholm Environment Institute
Kräftriket 2B
106 91 Stockholm
Sweden

Tel: +46 8 674 7070

Fax: +46 8 674 7020

Web: www.sei-international.org and www.ecosanres.org

Se puede descargar esta publicación desde www.ecosanres.org

Jefe de Comunicaciones: Robert Watt

Director de Publicaciones: Erik Willis

Director de Investigación y Comunicaciones, Programa EcoSanRes: Arno Rosemarin

Diseño: Richard Clay

Foto de portada: Aplicación de la orina en berenjenas en pruebas de campo en la Universidad Xavier, Filipinas © William Vergara Repulo

Esta publicación puede ser reproducida en su totalidad o en parte y en cualquier forma con fines educativos o sin fines de lucro, sin permiso especial del titular de los derechos de autor(es) siempre que se cite la fuente.

Ningún uso de esta publicación puede ser realizado para reventa u otros fines comerciales, sin el permiso escrito del titular de los derechos de autor(es).

Copyright © June 2011



ISBN 978-91-86125-32-5

CONTENIDO

Prefacio	v
Instrucciones de lectura	vi
Resumen Ejecutivo	vii
PARTE I: Información general y recomendaciones para el uso de la orina en la producción agrícola	1
Características de la orina humana	1
Macronutrientes – cantidades y disponibilidad para la planta	1
Cantidades excretadas y volumen	3
Contaminantes químicos	4
Análisis de la orina humana	4
Salinización	5
Valor económico de la orina	7
Fertilización de cultivos con orina – resultados de investigación y experiencias prácticas	10
Cereales en la India	11
Hortalizas en Sudáfrica	11
Hortalizas en África Occidental	11
Hortalizas en África Oriental	12
Hortalizas en el norte de Europa	12
Hortalizas en Centroamérica	13
Frutas en la India	13
Estrategias de aplicación	15
Tiempo de Aplicación	15
Tasa de aplicación	16
Técnicas de almacenamiento	19
Almacenamiento en el suelo	19
Técnicas de aplicación	19
Olor al utilizar orina como fertilizante	22
Aplicación combinada de orina y abonos orgánicos	22
Tratamiento e higienización	23
Riesgos para la salud	23
Estrategia de barreras múltiples	23
Sistema de manejo para el uso de la orina como fertilizante	29
Sistemas a gran escala	29
Aspectos de género	33
Aspectos institucionales para el uso agrícola de la orina	35
Aspectos clave para el establecimiento de una estructura institucional para el uso de la orina en la agricultura	35
Uso de la orina en la agricultura orgánica	37
Marco normativo	37

Experimentos de cultivos aplicando orina como fertilizante	38
Experimentos de demostración	38
Experimentos controlados para probar el potencial de fertilización	38
Experimentos controlados para probar el efecto de la fertilización en la vida real	39
Plantación y los experimentos de rotación de cultivos	39
Consideraciones estadísticas	39
Difusión de los resultados	39
Herramientas de cálculo basadas en la web	41
PARTE 2 · Cómo desarrollar las directrices locales	42
El enfoque de saneamiento productivo	42
Condiciones locales del sitio	42
Necesidades de las plantas y el contenido de nutrientes en la orina	43
Recomendaciones de aplicación	44
Gestión de riesgos	45
PARTE 3 – Ejemplo de una directriz local	47
Directriz para la aplicación de la orina higienizada (Takin Ruwa) en las condiciones agrícolas de Níger	47
Extractos de la directriz	48
Referencias	54

PREFACIO

Este libro ofrece una guía práctica sobre el uso de la orina en la producción agrícola como un componente vital de la producción sostenible de cultivos y sistemas de saneamiento, incluye también, una directriz sobre cómo iniciar actividades que faciliten la introducción de nuevos fertilizantes para la comunidad agrícola. Este manual debería ayudar a establecer vínculos entre la investigación y los profesionales interesados en la implementación de sistemas de saneamiento sostenibles. Es de fácil lectura e incluye ejemplos de casos de estudio y sugerencias sobre otros textos relacionados con el tema.

Su grupo meta es principalmente profesionales y trabajadores de extensión del sector agrícola, por lo que a los autores les gustaría que este texto sea empleado por profesionales de diversas áreas como: agua y saneamiento, planificación y medio ambiente, con el fin de establecer vínculos intersectoriales, puesto que el uso de la orina en la producción agrícola está al mismo tiempo relacionado con varias de estas áreas. Lectores de importancia son los tomadores de decisión a todo nivel así como la comunidad de donantes.

Este libro es el producto de la colaboración al interior del Grupo de Trabajo 05 sobre la Seguridad Alimentaria y Sistemas de Saneamiento Productivo de la Alianza de Saneamiento Sostenible (SuSanA). El Instituto Ambiental de Estocolmo ha tomado el liderazgo en la autoría, habiéndose realizado importantes contribuciones por parte de las siguientes personas e instituciones:

Anna Richert (SEI; autor principal), Robert Gensch (Xavier University, Filipinas; líder del grupo de trabajo de seguridad alimentaria de SuSanA), Håkan Jönsson (SEI), Thor-Axel Stenström (SEI), Linus Dagerskog (CREPA y SEI), Elisabeth von Muench (GTZ), Martina Winker (Hamburg University of Technology), Claudia Wendland (WECF), Marianne Kjellén (SEI), Dr Moussa Bonzi (CREPA), Cofie Olufunke (IWMI), Almaz Terrefe (Sudea), Peter Morgan (Aquamor), participantes del taller.

El documento ha sido revisado por el Dr. Ralf Otterpohl y el señor Christopher Buzie de la Universidad Tecnológica de Hamburgo.

INSTRUCCIONES DE LECTURA

Este texto se basa en conocimientos científicos y experiencias prácticas del empleo de la orina como fertilizante y se enfoca solamente en su uso para la producción agrícola, otros aspectos técnicos relacionados con las tecnologías de soporte de saneamiento sostenible y de como se recolecta la orina sólo se incluyen si inciden en el empleo de la orina como fertilizante. Para mayor información sobre los componentes técnicos de los sistemas de saneamiento puede consultar por ejemplo: la “Revisión de tecnologías – Componentes de separación de la orina” *’Technology Review – Urine Diversion Components’* (GTZ 2009) o el “Compendio de Sistemas de Saneamiento y Tecnologías” the *’Compendium of Sanitation Systems and Technologies’* (EAWAG 2008).

Su contenido se divide en tres partes:

La PARTE I presenta información general y recomendaciones del uso de la orina en la producción agrícola, incluye también, información sobre su composición, importancia y uso en la producción de cultivos, gestión de riesgos para la salud sobre la base de las recomendaciones de la OMS, así como también, aspectos institucionales relativos al uso de la orina en la producción agrícola a nivel local. Esta primera parte funciona como una base de recursos genéricos relacionados con el uso de la orina en la producción de cultivos.

La PARTE II ofrece una introducción sobre cómo esta información puede ser aplicada a las necesidades locales y a las condiciones específicas de cada país, proponiendo recomendaciones de cómo se puede desarrollar versiones adaptadas a la realidad local y de cómo estructurarlas de manera razonable. Se sintetiza la mayoría de factores más influyentes de forma directa o indirecta en las actividades agrícolas relacionadas con el uso de la orina.

La PARTE III es la directriz utilizada en la población rural de Níger traducida al español para dar un ejemplo de una versión local.

El objetivo de los autores es que esta directriz se use como un libro de consulta general y como una herramienta de apoyo para el desarrollo de directrices locales sobre el uso de la orina en la producción agrícola. Al inicio de los capítulos principales de la Parte I se presenta un cuadro de resumen con consejos prácticos que incluye lo más importante, con lo cual se podría construir una guía simplificada, así, si el tiempo que dispone para la lectura es limitado, se recomienda centrarse en el resumen ejecutivo y los cuadros resumen de cada capítulo, antes de leer la Parte II que explica cómo desarrollar las directrices locales.

RESUMEN EJECUTIVO

La Guía Práctica de Uso de la Orina en la Producción Agrícola está dirigida a tomadores de decisión, profesionales y trabajadores de extensión del sector agrícola, agua y saneamiento, planificación y medio ambiente, así como también, a la comunidad de donantes. Su grupo objetivo principal son los profesionales del sector agrícola. El texto ofrece una guía práctica sobre el uso de la orina en la producción de cultivos como un componente vital de la producción agrícola y de los sistemas de saneamiento sostenibles. Cubre aspectos clave de cómo usar la orina de los sistemas de saneamiento productivo a modo de fertilizante en la producción de cultivos e incluye una directriz sobre cómo iniciar actividades que faciliten la introducción de nuevos abonos para la comunidad agrícola. El libro busca ayudar a establecer vínculos entre los investigadores en el campo del saneamiento sostenible y los agricultores, así como también, con los usuarios finales interesados en implementar sistemas de saneamiento sostenible. Es de fácil lectura e informativo, cuenta con ejemplos de casos de estudio y sugerencias de material adicional de lectura.

El uso de la orina como abono, puede contribuir en la mitigación de la pobreza y la desnutrición, y mejorar la balanza comercial de los países importadores de fertilizantes químicos, si se adopta a gran escala. Se puede ampliar la seguridad alimentaria mediante la aplicación de un fertilizante que está disponible de manera gratuita para todos, independientemente de la logística y los recursos económicos. Un manejo seguro de la orina, incluyendo su higienización antes de su uso constituye un componente clave del saneamiento sostenible, así como de la producción agrícola sostenible.

Los nutrientes vegetales consumidos como alimentos, son eliminados del cuerpo humano en las excretas. Una vez que el cuerpo ha llegado a su desarrollo total existe un balance de masas entre lo consumido y lo excretado. Esto tiene tres implicaciones importantes:

La cantidad de nutrientes vegetales excretados puede ser calculada a partir de la ingesta de alimentos, de la cual se obtiene información, de manera más fácil y mejor, que de la excreta.

Si toda la excreta y los residuos orgánicos, así como el estiércol animal y los residuos de los cultivos se reciclaran se podría mantener la fertilidad de los campos de cultivo, puesto que los productos reciclados contienen la misma cantidad de nutrientes vegetales que fueron tomados por los cultivos.

Las diferencias de composición de las excretas entre las diversas regiones reflejan variaciones en la absorción de nutrientes de los cultivos consumidos y por lo tanto en la dotación de nutrientes necesaria para mantener la fertilidad de los campos en la región. Independientemente de las cantidades y concentraciones de los nutrientes en las excretas, una recomendación importante al fertilizar es por tanto intentar distribuir los fertilizantes de las heces y orina en un área equivalente a la utilizada para la producción de alimentos.

La separación en la fuente y el manejo adecuado de los nutrientes de los sistemas sanitarios es una de las formas de facilitar la recirculación y uso de la excreta en la producción de cultivos. La orina contiene la mayor parte de los macronutrientes y pequeñas fracciones de los

Tabla 1: Rendimiento de hortalizas como un promedio de tres años de ensayos de campo en Burkina Faso

Fuente: CREPA

	Berenjena (t ha⁻¹)	Gombo (t ha⁻¹)	Tomate (t ha⁻¹)
Control sin fertilizar	2,8 ^a	1,7 ^a	2,1 ^a
Fertilizante mineral	17,8 ^b	2,7 ^b	5,7 ^b
Orina almacenada	17,7 ^b	2,4 ^b	5,2 ^b

Orina almacenada (b) y fertilizante mineral (b) produjeron un incremento del rendimiento estadísticamente significativo en comparación con el control sin fertilizar (a). Sin embargo, no hay diferencia estadística entre los rendimientos al aplicar orina almacenada (b) o fertilizante mineral (b)



Gráfico 1: La producción y tamaño de los vegetales mejora con el uso de la orina

Foto de CREPA, Burkina Faso, Dr. Moussa Bonzi

micronutrientes excretados por los seres humanos. En la orina se encuentran nitrógeno, fósforo, potasio y azufre, así como micronutrientes en formas disponibles para las plantas. La orina es un fertilizante bien balanceado rico en nitrógeno que puede reemplazar y, generalmente, proporciona los mismos rendimientos de los fertilizantes químicos en la producción agrícola. La Tabla 1 muestra un ejemplo de rendimientos de la investigación de campo en Burkina Faso, donde los rendimientos de los cultivos abonados con orina no difieren de aquellos en los que se aplicó fertilizantes minerales.

La orina de una persona durante un año es suficiente para abonar 300 - 400 m² de cultivo con un nivel aproximado de 50 a 100 kg N/ha. La orina debe ser almacenada en tanques y recipientes cerrados y deberá ser aplicada directamente en el suelo, no en la planta. Las dosis de nitrógeno deberán ser equivalentes a las recomendadas para fertilizantes de urea y amonio. Para aplicar la orina a pequeña escala, se pueden utilizar recipientes plásticos para riego, mientras que a gran escala, es adecuado el uso de esparcidores para purines. Se debe minimizar el contacto con el aire para

evitar pérdidas de amoníaco, e incorporar la orina lo más rápidamente posible al suelo.

El valor económico de la orina se puede calcular mediante la comparación con el precio del fertilizante mineral en el mercado local o calculando el valor del incremento de la producción del cultivo abonado. En Burkina Faso el valor de un recipiente de 20 litros de orina se estima en 25 centavos de dólar americano. Una persona produce alrededor de 500 litros de orina al año lo que equivaldría de 6 a 7 dólares. Incluyendo el valor nutritivo de las heces el valor anual alcanza aproximadamente 10 dólares americanos. Sin embargo, el incremento en la producción de maíz al aplicarse esta cantidad de fertilizante se estima en 50 dólares americanos.

Un ejemplo de Níger muestra que la cantidad anual de nutrientes en las excretas (orina + heces) de una familia es más o menos equivalente a un saco de 50 kg de urea y uno de 50 kg de NPK (ver gráfico 2). La mayoría de estos nutrientes se encuentran en la orina, la cual es relativamente fácil de recolectar.



Gráfico 2: La cantidad anual de nutrientes en las excretas de una familia en Níger es igual a los nutrientes en los dos sacos de fertilizantes
Foto de Linus Dageskog, CREPA/SEI

Los riesgos para la salud asociados con el uso de la orina humana en la producción de cultivos son generalmente pequeños. La separación en la fuente de la orina es una barrera preponderante contra la transmisión de patógenos, puesto que la mayoría de ellos son excretados con la materia fecal. El riesgo para la salud

en el sistema para el uso de la orina en la producción agrícola se relaciona directamente con la cantidad de contaminación fecal cruzada. Por tanto, los sistemas de recolección de orina se deben diseñar de tal modo que el riesgo de contaminación fecal cruzada sea mínimo. Los grupos potenciales de riesgo son, principalmente, el personal de recolección y los trabajadores de campo,



Gráfico 3: Estrategia de barreras para el uso seguro de la orina como fertilizante

es decir aquellos grupos que entran en contacto directo con las excretas. Otras categorías de riesgo, sin embargo mínimo, son los hogares, las comunidades locales y los consumidores del producto.

En lo que se refiere a otras sustancias contaminantes excretadas en la orina humana (metales pesados, hormonas y productos farmacéuticos) los riesgos probables para la salud son mucho menores que los asociados con el sistema de saneamiento común; y el riesgo de efectos negativos en la cantidad y calidad de los cultivos es insignificante.

Las directrices de la OMS para el uso seguro de las excretas en la agricultura (2006) promueven una estrategia flexible de barreras múltiples para la gestión de los riesgos para la salud asociados con la utilización de las excretas. Esta estrategia comprende una serie de medidas y barreras del “sanitario a la mesa”. Cada una de las barreras tiene la capacidad de reducir los riesgos para la salud asociados con el uso de las excretas y la OMS recomienda poner en práctica varias de ellas, si es necesario, para reducir el riesgo para la salud a un mínimo aceptable, véase el gráfico 3.

Las barreras incluyen, por ejemplo, el almacenamiento, las restricciones de los cultivos, los períodos de espera y disminución del contacto, el manejo correcto y la cocción del cultivo alimenticio. Este texto presenta ejemplos de cómo la orina puede ser manejada de forma segura para minimizar el riesgo de transmisión de patógenos sobre la base de las directrices de la OMS para el uso seguro de las excretas en la producción de cultivos.

A medida que los sistemas de saneamiento productivo se tornan más comunes, los aspectos institucionales se vuelven preponderantes. Un desafío es integrar el uso de las excretas en los marcos regulatorios existentes.

Inicialmente, se sugieren las siguientes actividades al implementar sistemas de saneamiento productivos:

- Identificar las partes interesadas y aclarar los intereses y restricciones para cada uno en relación al uso de la orina en la producción agrícola.
- Incluir y enfocarse en los agricultores y en la planificación inicial.
- Organizar un espacio para la retroalimentación y la interacción entre las partes interesadas.
- Organizar a las comunidades locales para que exista una estructura para la ejecución y una estructura de control.

La mejor forma de difundir y desarrollar el conocimiento de la orina como un fertilizante es mediante pruebas de ensayo locales que involucren organizaciones que trabajan con pequeños agricultores y la comunidad local, así como organizaciones de investigación local. El nuevo fertilizante deberá ser introducido utilizando la misma metodología aplicada para introducir un nuevo abono en la comunidad agrícola.

Para aplicar la información de este texto al contexto local existe la necesidad adicional de traducirlo y adaptarlo a las condiciones locales respectivas. La segunda parte del libro da recomendaciones sobre cómo desarrollar y estructurar las directrices locales y, resume los factores más importantes que directa o indirectamente influyen en las actividades agrícolas relacionadas con el uso de la orina. Esta publicación se complementa mediante un ejemplo de la directriz local de Níger que se adjunta.

PARTE I: INFORMACIÓN GENERAL Y RECOMENDACIONES PARA EL USO DE LA ORINA EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

CARACTERÍSTICAS DE LA ORINA HUMANA

Guía práctica:

La orina es un fertilizante líquido bien equilibrado de acción rápida rico en nitrógeno. El contenido de nutrientes en la orina depende de la dieta alimenticia. Si se desconoce el contenido de nitrógeno en la orina, se puede esperar una concentración de 3 a 7 gramos de N por litro de orina. El fósforo en la orina se excreta en una forma asimilable para las plantas, siendo la orina un fertilizante de fósforo eficiente también. La cantidad de orina producida por un adulto depende de la cantidad de líquido que bebe una persona, siendo generalmente de 0,8 a 1,5 litros por adulto por día.

Una recomendación importante, independientemente de las cantidades y concentraciones de nutrientes en las excretas, es tratar de distribuir los fertilizantes de excretas en un área equivalente a la utilizada para el cultivo de la cosecha.

La orina es una solución acuosa formada por más de un 95% de agua, urea, creatinina, iones disueltos (cloruro, sodio, potasio, entre otros), compuestos orgánicos e inorgánicos o sales. La mayoría de estos permanecen en la solución, sin embargo, sustancias ricas en fósforo tienden a sedimentarse en los contenedores de almacenamiento e higienización. Esta sustancia tiene una textura semejante a la de un jarabe, y si la orina es recolectada en un sistema de tuberías, este “jarabe de orina” puede sedimentarse en los tubos, si la inclinación es insuficiente.

El texto de la siguiente sección supone que la orina se maneja de acuerdo a las directrices de la OMS (2006) para el uso seguro de aguas residuales, excretas y aguas grises en la agricultura y acuicultura.

Los nutrientes de las plantas ingeridos como alimentos abandonan el cuerpo humano con las excretas. Una vez que la persona ha llegado a su completo desarrollo existe un balance de masas entre lo consumido y lo excretado, véase el gráfico en el cuadro 1. Este tiene tres implicaciones importantes:

- La cantidad de nutrientes vegetales excretados puede ser calculada sobre la base de la ingesta alimenticia, para la cual se obtiene información más fácilmente y mejor que para las excretas.
- Si todas las excretas y residuos orgánicos, así como el estiércol animal y residuos de cultivos, se reciclaran, se podría mantener la fertilidad de las tierras de cultivo, ya que los productos reciclados contienen la misma cantidad de nutrientes para las plantas que fueron utilizados por los cultivos.
- Las diferencias en la composición de las excretas entre diversas regiones reflejan variaciones en la absorción de los cultivos consumidos, y por lo tanto en el suministro de nutrientes necesarios para la producción agrícola para mantener la fertilidad de cultivo en la región.

MACRONUTRIENTES – CANTIDADES Y DISPONIBILIDAD PARA LA PLANTA

La orina contiene cantidades significativas de los principales macronutrientes requeridos por las plantas; nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). El nitrógeno se produce en altas concentraciones (mayormente como urea), mientras que el fosfato y el potasio se encuentran en concentraciones comparativamente más bajas, en formas asimilables para las plantas.

La orina aplicada directamente o tras el almacenamiento es una alternativa de gran calidad y bajo costo a la utilización de fertilizantes minerales ricos en nitrógeno para la producción agrícola. Los nutrientes se encuentran en la orina en forma iónica y su disponibilidad para las plantas es comparable con la de fertilizantes químicos (Johansson et al. 2001; Kirchmann y Pettersson, 1995; Simons y Clemens 2004). La orina contiene además grandes cantidades de fósforo, potasio, azufre y micronutrientes, pero debido a su alto contenido de N, sus relaciones P/N y K/N son más bajas que en muchos fertilizantes minerales utilizados en la producción de cultivos, e inferiores a lo que algunos cultivos necesitan de acuerdo a las recomendaciones de fertilización.

Tabla 2: Valores propuestos para la masa excretada y nutrientes

Vinnerås *et al.* 2006

Parámetro	Unidad	Orina	Heces	Papel higiénico	Aguas residuales (orina + heces)
Masa húmeda	kg/persona.año	550	51	8,9	610
Masa seca	kg/ persona.año	21	11	8,5	40,5
Nitrógeno	g/ persona.año	4.000	550		4.550
Fósforo	g/ persona.año	365	183		548

Una ventaja de la orina en comparación con los fertilizantes orgánicos es que el fósforo se encuentra en una forma asimilable para las plantas. Siendo la orina un fertilizante bastante eficiente en términos de fósforo, esto tiene implicaciones para el futuro en relación con el concepto del Pico del Fósforo y el hecho de que el fósforo es un recurso limitado.

Puesto que es difícil analizar el contenido de nutrientes de la orina humana, existe la necesidad de un método para calcular la composición de la orina partiendo de información de fácil acceso. Un método, que se basa en las estadísticas de la FAO (véase www.fao.org) del suministro de alimentos disponibles en varios países, ha sido desarrollado por Jönsson & Vinnerås (2004). El método utiliza ecuaciones derivadas de las estadísticas de la FAO y una estimación de la excreción media de la población sueca (Tabla 2), donde se han realizado varias mediciones de las excretas.

Sobre la base de esta estimación de la excreción promedio, en los alimentos suministrados a la población sueca

de acuerdo a las estadísticas de la FAO y en el análisis estadístico de diferentes productos alimenticios, se han desarrollado relaciones (ecuaciones 1 y 2) entre el alimento suministrado de acuerdo a la FAO y las excreciones de N y P.

$N = 0,13 * \text{Proteína total de los alimentos} \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$

$P = 0,011 * (\text{Proteína total de los alimentos} + \text{proteína vegetal de los alimentos}) \dots\dots\dots \text{Ecuación 2}$

En las ecuaciones 1 y 2, las unidades de N y P son las mismas que las de la proteína alimentaria. Como se muestra en la ecuación 2, existe una correlación positiva significativa entre el contenido de proteínas y el fósforo en los productos alimenticios. Adicionalmente, los productos alimenticios de tipo vegetal contienen en promedio el doble de fósforo por gramo de proteína que los productos animales, por lo que la proteína vegetal se cuenta dos veces en la ecuación 2.

Tabla 3: Suministro de alimentos (cultivos de materia prima) en los distintos países en el año 2000 FAO 2003

País	Energía total kcal/cap. día	Energía vegetal kcal/cap. día	Proteína total g/ cap. día	Proteína vegetal g/ cap. día
China, Asia	3.029	2.446	86	56
Haití, Antillas	2.056	1.923	45	37
India, Asia	2.428	2.234	57	47
Sudáfrica, África	2.886	2.516	74	48
Uganda, África Oriental	2.359	2.218	55	45

Tabla 4: Excreciones de nutrientes per cápita estimadas en diferentes países

Jönsson y Vinnerås 2004

	Nitrógeno (kg/ cap. año)	Fósforo (kg/ cap. año)	Potasio (kg/ cap. año)
China	3,5	0,4	1,3
Haití	1,9	0,2	0,9
India	2,3	0,3	1,1
Sudáfrica	3,0	0,3	1,2
Uganda	2,2	0,3	1,0
Suecia	4,0	0,4	1,0

Estas ecuaciones son útiles para estimar la excreción promedio de N y P en los diferentes países. La información requerida para estas estimaciones es la que suministra las estadísticas de la FAO del consumo de alimentos, que se encuentra en la página web de la FAO. Las Tablas 3 y 4 presentan ejemplos de estas estimaciones para algunos países.

Estas estimaciones asumen que la pérdida entre los alimentos suministrados y los alimentos consumidos en realidad, es decir, los residuos de alimentos generados, es relativamente igual en los diferentes países. Esta hipótesis es verificada por los datos en China. La excreción total reportada por Gao et al. (2002) de China fue de 4,4 kg de N y 0,5 kg de P. Estos valores coinciden bastante bien con los calculados en la Tabla 4, considerando cuán difícil es realizar mediciones representativas en las excreciones de una gran población.

Información básica sobre la composición de la orina puede ser encontrada también en: NASA Contractor Report No. NASA CR-1802, D. F. Putnam, Julio 1971. Este documento está disponible en línea en:

http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19710023044_1971023044.pdf

La tabla 5 muestra los valores calculados de N, P y K para la orina, heces y orina + heces para una población rural, de 10 años de edad en adelante, en la provincia de Limpopo, Sudáfrica (CSIR, 2008). La tabla muestra que en estas áreas la orina podría proveer de un fertilizante rico en nitrógeno en una relación de 10:1:4 y las heces de un fertilizante más balanceado 2:1:1. El contenido medio ponderado de nutrientes resultante de la aplicación de estos dos fertilizantes, tomando en cuenta la misma cantidad de personas durante el mismo período, rendiría una proporción de aproximadamente 7:1:3.

CANTIDADES EXCRETADAS Y VOLUMEN

La cantidad de orina producida por un adulto depende principalmente de la cantidad de líquido que bebe y transpira una persona. Los niños producen aproximadamente la mitad de orina que los adultos. El sudor excesivo da como resultado que la orina sea más concentrada, mientras que el consumo de grandes cantidades de líquidos diluye la orina. Vinnerås et al. (2006) sugirió como valor de diseño para la orina, una producción de 1500 gramos por persona por día basándose en las mediciones realizadas en Suecia, mientras que Schouw et al. (2002) encontró que en el sur de Tailandia se produce entre 0,6 y 1,2 litros por persona por día de orina.

Tabla 5: Excreción de N:P:K per capital anual y la relación fertilizante de la orina, las heces y la orina + heces en Sudáfrica

CSIR, 2008

Producto	kg/p.año			Tasa		
	N	P	K	N	P	K
Orina	3,56	0,34	1,26	10	1	4
Heces	0,42	0,24	0,21	2	1	1
Orina + heces	3,98	0,58	1,47	7	1	3

ANÁLISIS DE LA ORINA HUMANA

El muestreo y análisis exacto de la orina es difícil y los resultados de análisis de muestras individuales simples deben ser interpretados cuidadosamente. Los análisis de laboratorio proveen medidas exactas, sin embargo estos análisis no siempre se pueden ejecutar en las condiciones de campo y sin equipos de laboratorio. Métodos simples de análisis se encuentran disponibles, pero estos no han sido validados para la orina humana. Una buena sugerencia es realizar mediciones de conductividad. Se ha desarrollado una herramienta para el análisis de purines que ha sido utilizada exitosamente para la orina humana, no obstante, podría ser necesario calibrarla. El método se basa en el hecho de que el amonio disuelto en el fertilizante reacciona con un aditivo para formar amoniaco gaseoso. La herramienta mide la presión del gas resultante, e indica una cifra aproximada del contenido de nitrógeno amoniacal del compuesto (véase www.agros.se).

El muestreo de la orina se debe realizar minuciosamente. La orina debe mezclarse bien ya que las sustancias ricas en fósforo tienden a sedimentarse en los contenedores durante su almacenamiento.

Cabe resaltar que en muchos países el contenido de potasio es expresado como K_2O , y el de fósforo como P_2O_5 . La siguiente tabla proporciona factores de conversión para su uso cuando sea necesario.

Tabla 6: Factores de conversión de los nutrientes principales

Para convertir	A	Multiplicar por
K	K_2O	1,2
K_2O	K	0,83
P	P_2O_5	2,29
P_2O_5	P	0,436

CONTAMINANTES QUÍMICOS

La información de esta sección se basa en su mayoría en el trabajo de Winker (2009). Adicionalmente, se recomienda la obra publicada por Larsen y Lienert (2007).

Gruía práctica:

La separación en la fuente de la orina da como resultado uno de los fertilizantes más limpios y seguros para la comunidad agrícola. Pueden existir productos farmacéuticos y hormonas que se excretan con la orina, pero el riesgo de efectos negativos para las plantas o los seres humanos es bajo en comparación con el riesgo de usar estiércol, lodos de aguas residuales o abonos convencionales. Cuando las excretas son procesadas en una planta de tratamiento de aguas residuales, contaminantes de industrias, calzadas y aguas grises son añadidos dando como resultado un producto de baja calidad. El texto a continuación responde algunas preguntas frecuentes sobre los contaminantes químicos presentes en la orina. Sin embargo, hay que señalar que el riesgo de usar orina como abono es mucho menor que el de usar lodos de aguas residuales y menor que el de aplicar estiércol de granja.

Hormonas y productos farmacéuticos¹

Las hormonas y los residuos de productos farmacéuticos son dos tipos de micro-contaminantes que se producen en la orina (los niveles de concentración están disponibles en el trabajo de Winker 2009), cuando los seres humanos los excretan junto con la orina y las heces (como regla general: dos tercios de los residuos de productos farmacéuticos son excretados con la orina y un tercio con las heces, no obstante estos valores pueden variar considerablemente para cada sustancia).

Existe la posibilidad de que si la orina se reutiliza en la agricultura, estos micro-contaminantes sean absorbidos por las plantas y por lo tanto ingresen en la cadena alimenticia humana. Este es un riesgo, pero uno pequeño: una evaluación completa de los posibles efectos tóxicos de los productos farmacéuticos ingeridos por los seres humanos con los cultivos es muy difícil de realizar y no se la ha hecho aún. Los riesgos tienen que ser puestos en perspectiva comparados con los residuos de productos farmacéuticos contenidos en el estiércol animal, o con los riesgos resultantes del uso de pesticidas. En los sistemas de saneamiento de alcantarillado estos micro-contaminantes son descargados de las plantas de tratamiento de aguas residuales en los cuerpos de agua superficiales, pudiendo alcanzar el agua subterránea a la larga. Por ejemplo, en Alemania se ha detectado concentraciones de productos

¹ De von Münch y Winker (2009)

farmacéuticos de alrededor de 50 ng/l en aguas subterráneas (Heberer *et al.*, 2000).

Al comparar los dos métodos (mezclar la orina con agua en la gestión de aguas residuales convencional frente a la aplicación de la orina al suelo), es probable que sea más seguro descargar la orina en el suelo, que hacerlo en el agua. Los micro-contaminantes se degradan mejor en las capas de suelo aerobias, biológicamente activas (alta concentración de microorganismos por centímetro cúbico) con tiempos de residencia más largos que en los cuerpos de agua, cuyo ecosistema es mucho más sensible. Esto ha sido demostrado en el caso de las hormonas, por ejemplo, las hormonas artificiales excretadas en la orina de las mujeres que toman la píldora anticonceptiva, pero aún no ha sido probado científicamente en general. El suelo es un medio mucho más apropiado para la degradación natural de los productos farmacéuticos que el agua debido a que:

- Los niveles de oxígeno, que promueven la biodegradación, son aproximadamente 50.000 veces más altos que en el agua.
- La exposición a los rayos ultravioleta también ayuda a degradar productos farmacéuticos, sin embargo, esto sólo se aplica en la superficie (1 - 2 cm de profundidad) y los cultivos pueden dar sombra al suelo.
- Los sistemas terrestres están mucho mejor equipados para degradar los compuestos orgánicos que los acuáticos. La alta superficie específica de las partículas del suelo maximiza la exposición de los productos químicos absorbidos, maximizando la cinética de degradación, así como la oxidación, reducción, diagénesis de enzimas, etc.
- La gran biodiversidad de la flora de hongos y bacterias del suelo también se adaptan para degradar varios tipos de moléculas orgánicas simples y complejas.

Finalmente, se debe comparar los riesgos potenciales de consumir cultivos fertilizados con orina con los riesgos relacionados al uso de pesticidas en la agricultura, así como con los antibióticos y hormonas dados a los animales de granja (aves de corral y ganado) que se pueden rastrear por ejemplo en la leche y huevos. El uso humano de sustancias farmacéuticas es pequeño comparado con la cantidad de plaguicidas (insecticidas, fungicidas, bactericidas y herbicidas) usados en la agricultura, los cuales son tan biológicamente activos como las sustancias farmacéuticas. Estudios de flujo de sustancias han confirmado que la dosis de hormonas naturales y sintéticas y de muchas sustancias

farmacéuticas es mayor cuando se aplica estiércol que cuando se aplica orina humana (Magid, 2006; Hammer y Clemens, 2007). Según el estudio de doctorado de Muskolus (2008) la orina es muy tóxica para las lombrices de tierra. La fertilización con orina ocasionó un revés temporal en la población de lombrices de tierra, recobrándose luego de 6 meses (Muskolus, 2008). Se investigó si esta respuesta se relaciona con el amoníaco o los productos farmacéuticos en la orina, sin embargo, no se pudo realizar dichas conexiones. Las actividades de las enzimas microbianas del suelo no se vieron afectadas por el uso de la orina como fertilizante (Muskolus, 2008).

Trazas metálicas

Las heces humanas, y en menor cantidad la orina contienen trazas metálicas. Las cantidades de metales pesados perjudiciales en la orina son minúsculas y mucho menores que en los lodos de aguas residuales o incluso en el estiércol de granja (OMS, 2006). Este es el resultado de la absorción biológica que es pequeña y de su excreción, la cual es mucho menor (Vinnerås, 2002). Básicamente todos los metales pesados en las excretas de una población común provienen de los alimentos ingeridos y una gran proporción de estos metales ha sido removida de los campos con el cultivo. Por lo tanto, es posible reciclar los fertilizantes de excretas, partiendo de que no han sido contaminados durante su manipulación, sin amenazar la sostenibilidad de los suelos agrícolas (Jönsson *et al.*, 2004).

SALINIZACIÓN

Guía práctica:

El uso de la orina en áreas donde la salinización es un problema debe ser controlado. La orina es una solución de sales, y el estrés salino puede ser una limitación importante para la producción de plantas en zonas áridas. Cuando se aplica la orina en estas zonas, las prácticas de riego deben ser adaptadas, la orina debe ser diluida y su uso debe ser intercalado regularmente con el uso de agua solamente.

La concentración de sales solubles en la orina depende de la cantidad de sales excretadas, así como de la cantidad de líquido que pasa a través del cuerpo. Ganrot 2007 reporta que la orina humana contiene aproximadamente 150 mM de NaCl (cloruro de sodio), correspondiendo a una concentración de 8,8 g/l (Ganrot *et al.*, 2007). El estrés salino de cloruro de sodio puede ser un obstáculo importante en la producción agrícola, especialmente en condiciones áridas. La sensibilidad a la sal varía con

factores como la especie de planta y la temperatura. Bernal *et al.*,(1974) informó un decremento en el crecimiento de 10 a 50% en la producción de grano de trigo cuando se le aplicó una solución de 50 mM NaCl. Los suelos afectados por la salinidad se distribuyen en todo el mundo, pero la mayoría de ellos se encuentran en regiones áridas y semiáridas.

Los fertilizantes son en gran medida sales solubles y si no se manejan adecuadamente pueden contribuir a la salinización o causarla. Por ejemplo, un estudio realizado para investigar los efectos de la salinidad y la tasa de nitrógeno en el crecimiento y la producción de plantas de chile (ají) realizado por Villa-Castorena *et al.* (2003) mostró que a altas cantidades de aplicación de nitrógeno, 140 kg ha⁻¹ y más, se incrementó la salinidad del suelo y, a su vez disminuyó el crecimiento de las plantas y su rendimiento.

En un estudio sudafricano sobre la evaluación de la orina humana como fuente de nutrientes para las hortalizas realizado por Mnkeni *et al.* (2005) se encontró que en las condiciones de Sudáfrica, las tasas muy altas de aplicación

de la orina disminuyeron los rendimientos. Esto se debió a un incremento de la salinidad del suelo que llevó a altos niveles de sodio en los tejidos vegetales. Sin embargo, las tasas de aplicación de nitrógeno en el estudio fueron extremas: 1.600 kg N/ha, lo que incrementó la conductividad eléctrica del suelo, resultando en la clasificación del suelo como suelo salino muy fuerte después de la cosecha. El uso de este nivel de aplicación no es recomendable. También se sugirió controlar el estado de salinidad de los suelos fertilizados con orina para detectar posibles acumulaciones de sal.

El control en regiones áridas sería conveniente con el fin de obtener información a largo plazo sobre la posible acumulación de sal en los suelos y/o mantener las tasas de fertilización de orina en un nivel que se adapte bien al clima y a los cultivos. Las plantas varían en su capacidad de tolerar la salinidad, es por tanto importante realizar una buena selección del cultivo para optimizar su rendimiento en zonas áridas (véase tabla 7).

Tabla 7: Tolerancia relativa de las plantas comunes a la salinidad

Brady y Weil, 1999

Tolerante	Moderadamente tolerante	Moderadamente sensible	Sensible
Cebada (grano)	Fresno blanco	Alfalfa	Almendra
Gramma (pasto Bermuda)	Aspen	Haba	Manzana
Moras	Cebada (forraje)	Coliflor	Albaricoque
Algodón	Remolacha (jardín)	Col	Frijol
Dátil	Brócoli	Apio	Moras
Olivo	Caupí	Trébol	Boysenberry
Romero	Festuca	Maíz	Zanahoria
	Higo	Pepino	Apio
	Phalaris aquatica	Uvas	Toronja
	Col crespá	Lechuga	Limón
	Dactylis	Guisante	Cebolla
	Avena	Maní	Naranja
	Granada	Rábanos	Melocotón
	Centeno (heno)	Arrozal	Pera
	Ballico (Lolium perenne)	Cucúrbita	Piña
	Cártamo	Caña de azúcar	Patata
	Sorgo	Trébol de olor	Frambuesa
	Soja	Camote	Fresa
	Calabaza (calabacín)	Nabo	Tomate
	Trigo		

VALOR ECONÓMICO DE LA ORINA

Guía práctica:

El valor de los nutrientes en la orina se puede calcular mediante la comparación de la cantidad de nutrientes que ella posee y de su precio como componentes de los fertilizantes químicos en el mercado local. Dependiendo del precio local de los fertilizantes, el valor de la orina producida por una persona al año se encuentra usualmente entre 4 y 7 Euros. Para ilustrar el potencial del uso de la orina este valor puede ser multiplicado por el número de miembros de la familia, pueblo, o incluso por la población total.

La evaluación del valor económico de la orina tiene varias dimensiones. El valor de la reutilización de la orina en la producción agrícola es mucho mayor que el de los nutrientes contenidos en ella. El incremento del rendimiento que puede ser atribuido a la aplicación de orina, rica en nutrientes, comparado con no emplear fertilizantes realza la importancia de la reutilización de recursos en la agricultura y en los sistemas de saneamiento sostenibles. Los argumentos monetarios son útiles al crear conciencia sobre el potencial del saneamiento productivo. Los beneficios para la salud y el medio ambiente son bastante difíciles de evaluar en términos monetarios, mientras que el valor económico de las excretas en el fertilizante químico equivalente es más fácil de evaluar. Esto se puede hacer mediante la comparación de la cantidad de nutrientes presentes en las excretas con el precio de los mismos contenidos en fertilizantes químicos, como la urea, fosfato y otros abonos del tipo NPK.

Drechsel et al. (2004) exploró las dimensiones del valor financiero y económico de los nutrientes del suelo. Los dos modelos principales utilizados en los países en vías de desarrollo se enfocan en el valor de los fertilizantes introducidos, que se desarrollará en el texto a seguir; y en el valor de los productos procedentes de los sistemas agrícolas estudiados. Los dos métodos tienen sus limitaciones y potencial, y, la elección de la aplicación de uno u otro debe realizarse sobre la base del grupo meta, la calidad de la información y el resultado deseado.

Un estudio realizado por la GTZ sobre la comercialización de la orina y las heces de las zonas residenciales en Kampala, Uganda (Schroeder, 2010) obtuvo las siguientes conclusiones:

- Cuanto más grande sea el sistema diseñado, más alto es el beneficio económico.
- La utilidad de los sistemas puede verse afectada significativamente por una variedad de factores. Entre ellos los más representativos fueron: la distancia de transporte, el tiempo de vida útil del proyecto, y los precios de los nutrientes y combustibles.
- La distancia entre las áreas residenciales y el campo agrícola debe ser corta.
- Los instrumentos económicos pueden ayudar a las personas a cambiar las percepciones y comportamientos de manera sostenible y a dar una opción para aumentar la aplicación de los sistemas propuestos.
- Un fertilizante no será adquirido y usado por los agricultores si este no es competitivo en términos de contenido de nutrientes y disponibilidad para las plantas, manipulación, esfuerzo de gestión, costos y precio del producto

El cuadro 1 (páginas 8 y 9) describe un método desarrollado por CREPA aplicando el argumento monetario para promover el saneamiento productivo en Burkina Faso y Níger.

Análisis costo/beneficio

Llevar a cabo un análisis de costo/beneficio puede apoyar a la planificación de un sistema de saneamiento, incluyendo el reciclaje de heces y orina en el campo agrícola. Un análisis de este tipo se desarrolló en un proyecto en Sudáfrica (CSIR, 2008) donde los costos y beneficios de utilizar la orina como fertilizante fueron comparados con los costos y beneficios de no usar algún fertilizante o utilizar fertilizantes minerales. El análisis se basó en entrevistas a agricultores de sustento en zonas rurales. A pesar del alto costo de construcción e instalación de un sanitario separador de orina, esta opción tecnológica tuvo un beneficio económico mucho mayor, independientemente de la forma de manejo de los contenidos de las cámaras. Esto implica que los sanitarios separadores de orina son una mejor opción para las zonas de sustento agrícola que buscan mejorar la fertilidad del suelo.

Otro análisis de costo/beneficio se realizó en Níger (Dagerskog, comunicación personal), donde el costo de construir un sanitario se comparó con el valor del fertilizante generado en el inodoro. Esta pequeña comparación de las cifras mostró que al ser usada la orina como fertilizante la familia podría, si lo venden en el mercado a un precio menor que el valor de nutrientes en el líquido, recuperar el dinero que invirtió para construir el sanitario en menos de dos años.

Cuadro 1: Cálculo del valor económico de la orina – experiencias de Burkina Faso

¿Cuántos nutrientes existen en las excretas humanas anualmente?

La cantidad de nitrógeno y fósforo en las excretas se calcula usando las estadísticas de la FAO para el suministro de alimentos (Ecuaciones 1 y 2), sin embargo, debido al grado de incertidumbre que maneja estas estadísticas para cada país, se ha optado por promediar los valores de diez países de África Occidental con lo cual se han obtenido los datos presentados en el Gráfico 4.

Las excretas generadas por una familia representan una cantidad considerable de fertilizantes. La familia promedio en la Provincia Aguié en Níger tiene nueve miembros y, la cantidad anual de nutrientes en las excretas de una familia es más o menos igual a la cantidad en un saco de 50 kg de urea y uno de 50 kg de NPK. Urea y NPK (15:15:15; %N:%P₂O₅:%K₂O) son los fertilizantes comunes.

Tabla 8: Cantidades de nutrientes en las excretas en comparación con los fertilizantes minerales

Nutriente	Excretas Kg por persona	Excretas Kg por familia (9)	Urea (50kg) + NPK15:15:15 (50kg)
N	2,8	25	27
P	0,45	4	3,2
(K)	(1,3)	(11,7)	(6,2)

La mayoría de las familias no puede adquirir dos sacos de fertilizantes. Luego no es sorprendente que el mensaje de “una familia produce el equivalente a dos sacos de fertilizante” haya despertado mucho interés en la población rural de Níger. El costo local de dos sacos de fertilizante químico es de unos 80 \$.

Para Burkina Faso, con 13,5 millones de habitantes, la cantidad anual de nutrientes disponibles para las plantas en las excretas es equivalente a la cantidad anual de fertilizantes importados (véase Tabla 9).



Gráfico 5: Una familia en Níger produce tantos nutrientes en la orina y heces como existen en los dos sacos de fertilizantes minerales

Tabla 9: Cantidad de nutrientes disponibles para las plantas por año en los fertilizantes importados comparada con la cantidad en las excretas en Burkina Faso

	N (t/año)	P (t/año)	K (t/año)
Fertilizante importado*	22.632	8.801	14.801
Excretas producidas	38.024	5.780	19.265
Relación excreta/fertilizante	1,68	0,66	1,30

*Estadísticas de la FAO 2005

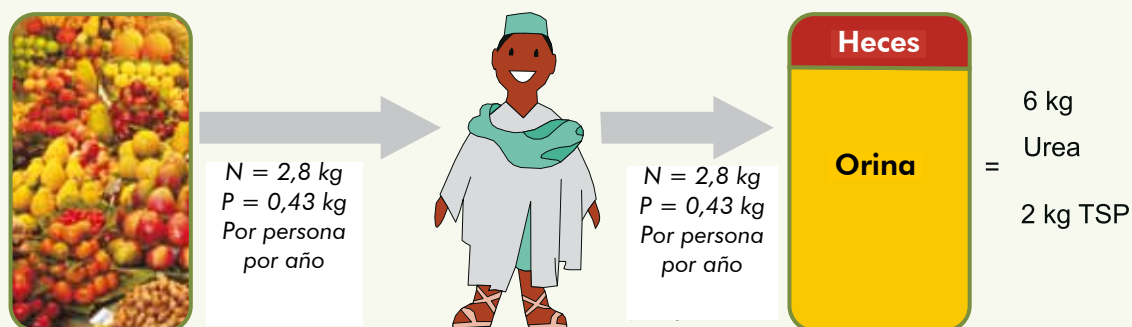


Gráfico 4: El contenido de nutrientes en las excretas de una persona promedio en África Occidental (sobre la base de datos de la FAO del consumo de alimentos de 10 países)

¿Cuál es su valor?

Calcular el precio de mercado para los diferentes nutrientes puede ser sencillo.

Tabla 10: El precio para los diferentes nutrientes en Burkina Faso

Nutri-ente	Fertili-zante	Precio por 50 kg (CFA)	Kg nutri-ente por 50 kg	Precio / kg nutriente (CFA)
N	Urea	20.000	23	870
P	TSP	20.500	9,86	2.079
K	KCl	22.500	24.,8	907

Sin embargo, este precio por kilogramo se basa en fertilizantes de nutrientes simples. El uso de este precio por kg en la fórmula del fertilizante NPK más común, muestra que comprar nutrientes de forma individual es alrededor de un 10% más caro que comprarlos como fertilizante complejo NPK. Para compensar esto, el valor de las excretas se ha reducido en un 10% en la Tabla 11.

Tabla 11: El valor anual de los nutrientes generados por una persona en Burkina Faso

Nutriente	N	P	K	TOTAL
kg/persona/año	2,8	0,43	1,3	
Precio/kg	870	2.079	907	
Valor (CFA)	2.400	900	1.300	4.600
Valor - 10 %				4.100 (~10 \$)

Para Burkina Faso, con 13,5 millones de personas, el valor del fertilizante producido por los seres humanos corresponde a 135 millones \$ por año. En muchos países, los fertilizantes químicos son altamente subsidiados. Una discusión sobre la base de las cifras de este texto podría iniciar la investigación del potencial de subsidiar sanitarios en lugar de fertilizantes químicos.

El incentivo para utilizar un fertilizante es principalmente que el valor de la cosecha adicional que se produce superará el costo del abono. El siguiente cálculo lo demuestra: el maíz necesita alrededor de 60 kg de N/ha, lo que se puede proveer con la excreta de aproximadamente 20 personas. Un campo bien fertilizado (60 kg N/ha) puede producir 3 t/ha, en comparación con uno tradicional que produce 0,5 t/ha. Dos toneladas y media adicionales por la aplicación de la excreta de 20 personas, o 125 kg extra de maíz por cada una de estas personas. Ciento veinte y cinco kilogramos de maíz tienen un costo de unos 50 dólares americanos en el mercado de Burkina Faso. Esto se puede comparar con el valor de nutrientes de la excreta (10 dólares americanos) y con el ingreso promedio anual en Burkina Faso.

¿Cuál es el valor de una cantidad específica de orina?

En Burkina Faso el recipiente más común para el almacenamiento de la orina es el bidón de 20 litros. El valor fertilizante de la orina se puede estimar en 120 CFA ó 0,25 dólares americanos. Cabe recordar que para un correcto análisis del contenido de nutrientes de la orina, la orina y su sedimento deben ser muy bien mezclados, y se debe tener cuidado para que el amoníaco en la orina no se pierda.

Tabla 12: El valor de los nutrientes en un bidón de orina

Nutriente	g/l	Kg/bidón	Precio/kg	Valor/bidón
N	5	0,1	870	87
P	0,5	0,01	2.079	21
K	1,5	0,03	907	27
TOTAL				136
TOTAL - 10 %				~ 120 FCFA

El contenido de macronutrientes secundarios, tales como azufre, magnesio y calcio, y micronutrientes es rara vez calculado, sin embargo, ellos contribuyen al valor de la orina, ya que hacen de ella un fertilizante completo.

FERTILIZACIÓN DE CULTIVOS CON ORINA – RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN Y EXPERIENCIAS PRÁCTICAS

Alrededor de todo el mundo se llevan a cabo investigaciones sobre la orina como fertilizante, yendo desde ensayos demostrativos de aplicación a estudios científicos rigurosos. En el texto siguiente se describen algunas de las actividades en curso o ya concluidas. Los ejemplos buscan proporcionar una visión general de los resultados de la investigación y puesta en marcha e, inspirar la labor futura en este ámbito.

El rendimiento que se obtiene al fertilizar con orina varía dependiendo de muchos factores. Un aspecto importante es la condición de los suelos. El efecto de la orina, así como el de los fertilizantes químicos, es probablemente algo menor en un suelo con un bajo contenido de sustancias orgánicas que en uno con un alto contenido. La experiencia muestra que es beneficioso para la fertilidad de los suelos aplicar la orina y las heces u otros fertilizantes orgánicos en el suelo, pero esto debe utilizarse en diferentes años y para otros tipos de cultivos.



Gráfico 6: Jardinería a pequeña escala usando orina en Níger
Foto: Linus Dagerskog

La orina humana ha sido utilizada frecuentemente como abono en jardinería en pequeña escala, aunque esto no ha sido documentado en su mayoría (véase el Gráfico 6).

CEREALES EN EL NORTE DE EUROPA

La orina fue probada como un fertilizante para la cebada en Suecia durante los años 1997 a 1999 (Johansson *et al.*, 2001; Rodhe *et al.*, 2004). Los resultados mostraron que el efecto del N de la orina corresponde a alrededor del 90% de la misma cantidad de fertilizantes minerales de nitrato de amonio, que se estima que corresponden a un 100% de la misma cantidad de fertilizantes de amonio, después de considerar la pérdida de N en forma de amoníaco de la orina.

La orina ha sido probada como fertilizante para la cebada y el prado en ensayos de invernadero y de campo en Alemania (Simons y Clemens, 2004). En algunos tratamientos se acidificó la orina para reducir las emisiones de amoníaco y la contaminación microbiana. Los resultados de las



Gráfico 7: Aplicación de la orina a la cebada
Foto: Ebba af Petersens, WRS Uppsala

pruebas de campo mostraron que el efecto fertilizante de la orina fue mayor que el de los fertilizantes minerales en la producción de cebada. No hubo diferencias en el rendimiento entre las parcelas fertilizadas con orina acidificada y orina no tratada (Simons y Clemens, 2004).

CEREALES EN LA INDIA

Experimentos de campo fueron conducidos en zonas agrícolas en la aldea de Nagasandra, Doddaballapura Tq, distrito de Bangalore en la India durante un año para estudiar la respuesta del maíz a la orina humana aplicada para cubrir el requerimiento de nitrógeno (Sridevi, 2009). Los tratamientos fueron de control, dosis recomendada de fertilizantes, dosis recomendada de nitrógeno mediante orina humana con y sin yeso y fertilizantes aplicados al suelo y diferentes combinaciones de orina humana y los fertilizantes. Los resultados de los experimentos de campo revelaron que la dosis recomendada de nitrógeno a través de la orina humana dividida en 6 dosis con agua de riego + yeso incrementó el rendimiento del grano (8,10 t ha⁻¹) y el rastrojo (33,88 t ha⁻¹) del maíz. Se observó en los cultivos un incremento significativo del contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en las muestras de las plantas. El resultado de la investigación reveló que los sistemas de sanitarios de separación de orina contribuyeron a dotar de un mejor saneamiento, ayudaron a los agricultores a ahorrar el costo de los fertilizantes sin que se presenten efectos negativos en la producción de los cultivos, contribuyendo así a alcanzar la seguridad alimentaria.

HORTALIZAS EN SUDÁFRICA

En Sudáfrica se realizó ensayos en macetas, donde se estudió la utilización de orina humana en la col, las espinacas, el maíz y los tomates (Mkeni *et al.*, 2006). Se controló el rendimiento, el contenido de nutrientes en el suelo y hojas, así como también la conductividad eléctrica del suelo. La orina se diluyó en una proporción de 1:3 (orina : agua). Los tratamientos se repitieron cuatro veces y fueron organizados en un diseño en bloque al azar. Se encontró que la orina humana diluida fue una buena fuente

de nutrientes, especialmente de nitrógeno, para la col y la espinaca. El maíz respondió de manera similar a la urea y a la orina. El nitrógeno agregado hasta 200 kg/ha en forma de urea u orina dio como resultado un incremento significativo de biomasa de materia seca. Sin embargo, al aplicar más de 200 kg de N/ha el rendimiento aumentó muy poco o nada. El crecimiento de los tomates respondió de igual manera que el del maíz a la adición de urea u orina humana. La estrategia de aplicación es importante, no obstante, el riesgo de elevar la salinidad fue identificado en la investigación. Los resultados mostraron que la orina puede ser considerada, desde el punto de vista agrícola, como una fuente de nitrógeno tan efectiva como la urea o el amonio.

HORTALIZAS EN ÁFRICA OCCIDENTAL

Una investigación se desarrolló durante el 2004 y el 2005 en Ghana para estudiar la eficiencia de los nutrientes de la orina en comparación con los fertilizantes minerales y el compost y estimar el valor de la fertilización de cereales en las condiciones locales (Germer *et al.*, 2006). Los ensayos se desarrollaron en el noreste de Accra, en la zona de la sabana costera de Ghana. El tratamiento con orina se comparó con el control sin fertilizar y el fertilizante compuesto, fertilizante compuesto más agua (la misma cantidad que la suministrada por la orina), así como el tratamiento de compost en el rendimiento de los cereales. El suministro de nutrientes se basó en la aplicación de 667<kg ha⁻¹ NPK 15:15:15 fertilizante compuesto (100<kg N, 44<kg P y 83<kg<K). Se ajustó la orina y el compost mediante la adición de TSP, KCL y urea para proporcionar la misma cantidad de N, P y K. En ambos años el rendimiento de la orina y el tratamiento con compost fue significativamente mayor que en el control (p<0.05). Se concluye que la fertilización con orina enriquecida en P

Tabla 13: Rendimiento promedio (gramos de peso fresco) en los ensayos con orina como fertilizante para las hortalizas en Zimbabue

Morgan, 2003

Planta, período de crecimiento y número de repeticiones (n)	Plantas sin fertilizar (g)	Plantas fertilizadas, 3:1 agua/orina, aplicación 3 veces por semana (g)	Rendimiento relativo fertilizado vs. sin fertilizar
Lechuga, 30 días (n = 3)	230	500	2,2
Lechuga, 33 días (n = 3)	120	345	2,9
Espinaca, 30 días (n = 3)	52	350	6,7
Covo, 8 semanas (n = 3)	135	545	4,0
Tomate, 4 meses (n = 9)	1.680	6.084	3,6

y K incrementó el rendimiento del sorgo alrededor de 3,5 veces en las condiciones dadas. Por lo tanto, como fuente de nutrientes la eficiencia de la orina es comparable a la de los fertilizantes minerales. La producción de grano de sorgo adicional de 1,4 t ha⁻¹ tiene localmente un valor de mercado actual de 1.000 € y cubre el coste equivalente fertilizante NPK de 100 € (200 € sin subsidio).



Gráfico 8: La espinaca de la derecha no fue fertilizada. La espinaca de la izquierda se fertilizó con orina diluida con 3 partes de agua a una de orina aplicadas dos veces por semana

Foto: Peter Morgan, Aquamor

HORTALIZAS EN ÁFRICA ORIENTAL

Experimentos con orina en varios tipos de hortalizas se han desarrollado en Zimbabue (Morgan, 2003 y 2008). Este texto reporta uno de los múltiples ensayos que se han llevado a cabo. Las plantas fueron cultivadas en recipientes de cemento de 10 litros y se les aplicó 0,5 litros de una mezcla de 3:1 agua/orina tres veces por semana. Se cultivó adicionalmente plantas sin fertilizar para compararlas. El incremento en la producción fue grande pero no se realizó un análisis estadístico.

HORTALIZAS EN EL NORTE DE EUROPA

Se usó orina humana en ensayos llevados a cabo en Finlandia como un fertilizante en el cultivo de col en comparación con fertilizantes industriales y controles sin fertilizar (Pradham *et al.*, 2007). Los objetivos principales del estudio fueron evaluar la utilización



Gráfico 9: Col de los ensayos de campo en Finlandia

Foto: Helvi Heinonen Tanski

de la orina como fertilizante en (1) el crecimiento y resistencia a las plagas de un cultivo, (2) la calidad microbiana y química de los cultivos, y (3) la calidad de sabor de un alimento vegetal preparado con la fermentación natural del ácido láctico. La orina alcanzó un valor de fertilización igual a los fertilizantes industriales, cuando ambos fueron usados en una dosis de 180 kg N/ha. El crecimiento, la biomasa y los niveles de cloro fueron ligeramente más altos en la col fertilizada con orina que en la col fertilizada con abonos industriales pero claramente diferentes de la col sin fertilizar. El daño realizado por los insectos fue menor en el cultivo fertilizado con orina que en aquel fertilizado con abono industrial pero mucho mayor que en las parcelas sin fertilizar. La calidad microbiológica de la col fertilizada con orina y del chucrut hecho con ella fue similar que en la col fertilizada con otro tipo de abonos. Adicionalmente, el nivel de glucosinolatos y el sabor del chucrut fueron similares en la col de los tres tratamientos de fertilización. Los resultados muestran que la orina humana puede ser utilizada como abono para la col y no plantea ninguna amenaza significativa de higiene o deja un sabor diferente en los productos alimenticios.

Tabla 14: Resultados de un ensayo de campo de la aplicación de orina humana como fertilizante en puerros. No existió una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos A, B y C

Según Båth, 2003

Tratamiento	Dosis N	Rendimiento	Rendimiento N
	kg/ha*	t/ha**	kg/ha *
A Orina cada 14 días	150	54	111
B Orina dos veces	150	51	110
C Orina cada 14 días + potasio extra	150	55	115
D Sin fertilizar	0	17	24

* kg/ha= gram/10 m²

** t/ha= kg/10 m²

En un ensayo de campo en Suecia en el año 2002, se probaron distintas estrategias de aplicación de orina como fertilizante en puerros (Båth, 2003). La fertilización con orina dio como resultado un incremento del rendimiento en tres veces. Ni el rendimiento ni la absorción de nutrientes se vieron afectados significativamente por el hecho de que la misma cantidad total de orina se aplicó en dos dosis o si se dividió en pequeñas dosis aplicadas cada 14 días. La eficiencia de N (es decir (rendimiento de N – rendimiento en parcelas sin fertilizar de N)/N adicionado), al utilizar la orina humana fue alta, entre un 47% a 66%. Esto es el mismo nivel que cuando se aplican fertilizantes minerales. La eficiencia de N para la mayoría de los otros fertilizantes orgánicos, por ejemplo, compost, es generalmente de 5 y 30%.

La orina humana obtenida de inodoros separadores fue utilizada como fertilizante para el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) al aire libre en un clima nórdico (Heinonen-Tanski *et al.*, 2007). La orina usada contenía altas cantidades de nitrógeno con algo de fósforo y potasio, el número de microorganismos entéricos fue bajo a pesar de que la orina no fue sellada antes de su muestreo. El rendimiento del pepino después de la fertilización con orina fue similar o ligeramente mejor que el rendimiento obtenido en las filas de control fertilizadas con abono mineral comercial. Ninguno de los pepinos contenía microorganismos entéricos (coliformes, enterococos, colifagos y clostridia). En la evaluación del sabor, 11 de 20

personas pudieron reconocer que pepino de los tres pepinos era diferente, pero ellos no prefirieron uno en particular, ya que todos ellos fueron evaluados como igualmente buenos.

HORTALIZAS EN CENTROAMÉRICA

En México se ha probado orina como fertilizante en lechuga de invernadero (Guadarrama *et al.*, 2002). Los tratamientos compararon la orina con el compost, la mezcla de orina-compost y sin fertilizante. La dosis de aplicación fue de 150 kg de N total por hectárea en todos los tratamientos, excepto para el control sin fertilizar. La orina dio el mejor rendimiento en la lechuga, gracias a su alta disponibilidad de N.

La orina ha sido probada como fertilizante en amaranto en México (Clark, comunicación personal). Los resultados mostraron que una combinación de orina y gallinaza dio el mayor rendimiento, 2.350 kg/ha. La gallinaza sola dio un rendimiento de 1.900 kg/ha. La orina humana sola dio un rendimiento de 1.500 kg/ha y el control sin fertilizar dio un rendimiento de 875 kg/ha. La cantidad de N aplicado fue de 150 kg N/ha en los tres tratamientos. Muestras de suelo mostraron que no hubo diferencias entre los tratamientos respecto a las características físicas o químicas.

FRUTAS EN LA INDIA

En Musiri cerca de Trichy, Tamil Nadu, la organización SCOPE implementó sanitarios separadores de orina y el



Gráfico 10: Banano de los ensayos de campo en Trichy

Fuente: www.scopetrichy.com

Centro de Investigación Nacional de la Banana (National Research Centre for Banana) inició experimentos de investigación, usando la orina humana recolectada como fertilizante mediante un sistema de riego por goteo (Jeyabaskaran, 2010). Más información puede ser encontrada en http://www.scopetrichy.com/banana_research.asp. En el estudio, plátanos enanos se cultivaron con 30, 40, 50 y 60 litros/planta de orina humana aplicados con agua de riego (1:10) junto con niveles graduales de fertilizantes de potasio comercial. Se estudió el rendimiento (número de racimos y el peso del racimo), así como también el contenido de nutrientes en las hojas, el peso de las plantas y la cantidad total de los sólidos solubles en el plátano.

El número de frutos por racimo varió significativamente con la aplicación de niveles graduales de orina junto con los diferentes niveles de potasio. La aplicación de la orina en una dosis de 50 litros/planta reportó el mayor número promedio de frutos por racimo (185) y el control (sin aplicación de orina) dio 110,3 frutos por racimo. Entre las combinaciones de los distintos tratamientos, la aplicación de 50 litros de orina/planta con el 75% de la dosis recomendada de potasio registró el mayor número de frutos por racimo (223,4), que fue un 47,7% más que cuando se aplicó fertilizantes minerales.

La aplicación de 50 litros de orina humana por planta con 75% de la dosis recomendada de potasio fue superior registrando 32,1% más en la altura de las plantas, 25,6% más de circunferencia del pseudotallo, 71,5% más de hojas y 68,8% más de área foliar, 25% más de concentración de nitrógeno en la hoja, 52,6% más de concentración de fósforo y 6,5% más de potasio en la hoja que las plantas de banano cultivadas sin aplicación de orina (controles).

La aplicación de 50 litros de orina por planta con el 75% de la dosis recomendada de potasio podría dar un beneficio neto adicional de 45.175 Rs. por hectárea si se lo compara con los fertilizantes minerales, es decir, normalmente plátanos enanos cultivados sin utilización de orina.

Experimentos de campo se llevaron a cabo también en los campos de los agricultores en la aldea de Nagasandra, Doddaballapur Tq, distrito de Bangalore por un año para estudiar la orina humana separada en el origen como una fuente de nutrientes para el cultivo de banana (*Musa paradisiaca*) para alcanzar los requerimientos de nitrógeno del cultivo (Sridevi *et al.*, 2009). Los tratamientos fueron: control, dosis recomendada de fertilizantes, dosis recomendada de nitrógeno mediante orina humana con y sin yeso y abonos aplicados al suelo y diferentes combinaciones de orina humana y fertilizantes. Los resultados del experimento que campo revelaron que el más alto rendimiento de racimo (30,0 t ha⁻¹) de banano se registró en el tratamiento que recibió RDN a través de la orina humana (después de 30 días de la siembra) + yeso aplicado al suelo en comparación con el control y las otras combinaciones de tratamiento. El contenido de nutrientes disponible de la cosecha del suelo, es decir, N, P y K influyó significativamente en él. Se observó en el cultivo un aumento importante en el nitrógeno, fósforo y el contenido de potasio de muestras de plantas. El banano cultivado con orina humana registró el más alto contenido de sólidos solubles totales (25,85%), azúcares reductores (20,93%) y azúcares totales (23,87%). El resultado de la presente investigación reveló que el sistema ecosan contribuye a proveer un mejor saneamiento, ayudar a los agricultores a ahorrar el costo de los fertilizantes sin afectar el rendimiento de los cultivos y contribuye así a lograr la seguridad alimentaria.

ESTRATEGIAS DE APLICACIÓN

Guía práctica:

La orina de una persona durante un año es suficiente para fertilizar 300 – 400 m² de cultivo a una dosis de alrededor 50 – 100 kg N/ha. La orina debe ser manejada en tanques y recipientes cerrados y debe ser aplicada directamente en el suelo, no en la planta, en dosis de N equivalente a las recomendadas para fertilizantes de urea y amonio. El contacto con el aire debe ser minimizado y la orina deberá ser incorporada al suelo tan pronto como sea posible

Al fertilizar las plantas, el rendimiento primero incrementa hasta una cierta tasa de aplicación, y luego decrece si la tasa de aplicación es mayor. Si la tasa de aplicación óptima es desconocida, como regla general se puede aplicar la orina de una persona durante un día completo por metro cuadrado (aproximadamente 1,5 litros de orina/ m², correspondientes a 40 - 110 kg N/ha) y por temporada de cultivo. Si existe una restricción en el tamaño de la parcela, por lo general es posible incrementar la fertilización hasta tres o cuatro veces sin ningún efecto negativo sobre los cultivos o en el medio ambiente e incluso cantidades mayores pueden ser favorables esto es si el riesgo de salinización no existe o es bajo. Sin embargo, la cantidad y la calidad del rendimiento son importantes y altas tasas de N disponible pueden afectar la calidad, positiva o negativamente. Por ejemplo, la calidad del trigo mejora generalmente con una dosis alta de N, mientras que la calidad de las patatas puede decrecer ya que los tubérculos pueden volverse acuosos. El momento de aplicación también es importante ya que la absorción de nutrientes en la mayoría de cultivos disminuye luego de que el cultivo entra en la fase reproductiva, como en la formación de mazorcas del maíz.

Las estrategias de aplicación práctica son una parte del enfoque de barreras de seguridad introducidas en el capítulo sobre manejo seguro de la orina. Las siguientes secciones presentan diferentes maneras de aplicar la orina en la producción agrícola.



Gráfico 11: A la izquierda, sorgo fertilizado con orina

Foto: Linus Dagerskog

TIEMPO DE APLICACIÓN

Guía práctica:

La orina debe ser aplicada de acuerdo a las necesidades de las plantas. Una buena disponibilidad de los nutrientes es importante en las primeras etapas del cultivo, sin embargo, cuando el cultivo entra en su etapa reproductiva la absorción de nutrientes disminuye. Desde el punto de vista de la salud esto es beneficioso puesto que un período largo entre la aplicación y la cosecha disminuye los riesgos de transmisión de patógenos. Debiéndose cumplir siempre un período de un mes de espera entre la fertilización y la cosecha. Aplicaciones frecuentes de orina pueden ser un seguro contra la pérdida de nutrientes durante un evento de lluvia, en regiones donde la precipitación es alta durante la temporada de cultivo.

En las primeras etapas de cultivo, una buena disponibilidad de todos los nutrientes es importante para mejorar el crecimiento. Si el fertilizante se aplica una sola vez, esto deberá ser llevado a cabo de manera que los nutrientes en la orina estén disponibles durante la primera mitad del tiempo entre la siembra y la cosecha. Si el cultivo se fertiliza dos veces, la segunda fertilización se puede realizar después de aproximadamente un cuarto del tiempo entre la siembra y la cosecha, según las necesidades del cultivo. La plantación también puede ser fertilizada continuamente, por ejemplo, si la orina se recolecta en recipientes pequeños y se aplica

directamente. Sin embargo, una vez que el cultivo entra en su etapa reproductiva la mayoría de cultivos no absorben cantidades importantes de nutrientes. Un ejemplo es el maíz, el abono aplicado hasta que las plantas empiezan a formar las mazorcas es bien utilizado, pero luego de esta etapa la absorción de nutrientes del suelo se reduce. Después de esta etapa los nutrientes son reubicados en la planta (Marschner, 1995). Esto se aprecia plenamente en las recomendaciones del uso de los fertilizantes químicos. Por ejemplo en Zimbabue, donde el maíz se cosecha 3 - 5 meses después de la siembra, la recomendación es fertilizarlo tres veces, pero no después de 2 meses luego de la siembra. Como regla general, la fertilización debe parar después de 2/3 a 3/4 de tiempo entre la siembra y la cosecha. Los cultivos que no entran en una etapa reproductiva, por ejemplo la lechuga, espinaca, así como las raíces y tubérculos (ejemplo, las patatas y los camotes)



Gráfico 12: Aplicación de orina diluida en las primeras etapas de cultivo Foto: Linus Dagerskog

continúan absorbiendo los nutrientes durante su período de crecimiento. No obstante, un período de espera de un mes entre la fertilización y la cosecha es recomendado desde el punto de vista de la higiene para todos los cultivos que se consumen crudos (Schönning y Stenström, 2004; OMS, 2006).

Un aspecto que a menudo se recalca es el riesgo de lixiviación de los nutrientes. En regiones donde la precipitación es alta durante la temporada de cultivo, aplicaciones frecuentes de orina pueden ser un seguro contra la pérdida de todos los nutrientes en un evento de lluvia. Sin embargo, desde el punto de vista de la eutrofización, es preciso recordar que la lixiviación después de la fertilización es pequeña comparada con la lixiviación de una letrina de pozo o

de simplemente descargar la orina en el suelo cerca del sanitario.

La cantidad total de orina aplicada y si esta debe, preferentemente, ser aplicada una o varias veces depende también de la necesidad de nitrógeno de la planta y del tamaño de la raíz. El tamaño de la raíz varía considerablemente entre los diferentes tipos de cultivos. Las plantas con sistemas radiculares ineficientes o pequeños, por ejemplo, la zanahoria, la cebolla y la lechuga pueden beneficiarse de la aplicación repetida de orina durante todo el tiempo de cultivo (Thorup-Kristensen, 2001).

TASA DE APLICACIÓN

Un punto de partida para la estimación de la demanda de orina adecuada son las recomendaciones locales para el uso de fertilizantes minerales comerciales de N, especialmente de fertilizantes de urea o amonio. Si no se dispone de estas recomendaciones, otro punto de partida puede ser estimar las cantidades de nutrientes extraídos por el cultivo, donde la extracción de nutrientes tiene que ser ajustada al nivel de rendimiento esperado. La orina es recomendable para la mayoría de los cultivos.

El área productiva (por ejemplo, hierba, flores, huerta, árboles) necesaria por persona para el uso de toda la orina a nivel de hogar depende de varios factores:

- La demanda de nitrógeno y tolerancia del cultivo
- La concentración de nitrógeno en la orina recolectada
- La pérdida de amoníaco al aplicar la orina
- Cuantas cosechas pueden ser realizadas por año

Cuadro 2: Tengo una cama de flores de un metro cuadrado, ¿cuánta orina necesito para fertilizarla?

Una cama de flores necesita alrededor de 1,5 litros de orina para una temporada, pero esta cantidad puede ser aumentada hasta cuatro veces de ser necesario, dependiendo del tipo de flores. Flores de verano (anuales) demandan una buena estructura y un buen estado de nutrientes del suelo. Las rosas necesitan pequeñas cantidades de nutrientes en el otoño para pasar el invierno. Una buena estrategia sería aplicar la orina algunas ocasiones durante la temporada de flores, por ejemplo, 2 - 3 decilitros cada vez, y diluir la orina después.

Cuadro 3: Cálculo del área productiva necesaria en una huerta para maximizar el uso de nutrientes en la orina.

Una familia de cinco personas posee una parcela de 300 m² en la cual desean utilizar la orina que recolectan de su sanitario de separación de orina. La familia vive en un clima que permite realizar dos cosechas anuales. Si se asume que aplican 4 litros por m² en la primera cosecha y 2 litros por m² para los siguientes cultivos, ¿cuántos m² necesitarán para usar su orina en la huerta?

Respuesta: Ya que ellos viven en una zona donde se puede realizar dos cosechas por año y 6 l/m² pueden ser aplicados anualmente. Cada per-

sona excreta alrededor de 550 l, pero asumiendo que algo del tiempo se pasa fuera del hogar, alrededor de 300 l por persona se recolectaran anualmente. El resultado es 1.500 litros de orina de una familia de cinco personas. Esto fertilizará 250 m² puesto que cada m² recibirá 6 l/m² al año, proporcionando un nivel alto de fertilización de nitrógeno. Por tanto el área de la parcela será más que suficiente para usar productivamente la orina recogida.

Tabla 15: Niveles e intervalos de aplicación especificados para cultivos en Burkina Faso

Fuente : Moussa Bonzi, CREPA, Burkina Faso

Días (semanas) después de la siembra o de la aparición de la primera planta de las plántulas.	Berenjena	Tomate	Cebolla / zanahoria	Lechuga	Pimienta	Sorgo / mijo	Maíz
14 (2)	0,5 litros por planta	0,4 litros por planta (cuando la planta empieza a florecer)		1 litro /m ² (asumiendo 20 plantas por m ² y una dilución: 1 parte de orina a 1 parte de agua)	0,5 litros / planta	0,5 litros por planta antes de la siembra	0,6 litros
21 (3)			1 litro de orina por m ² (asumiendo 50 plantas por m ² y parte de orina a 1 parte de agua)				
28 (4)		0,4 litros por planta		1 litro / m ² (asumiendo 20 plantas por m ² y una dilución: 1 parte de orina a 1 parte de agua)	0,6 litros por planta (cuando los primeros frutos aparecen)		
35 (5)	0,5 litros por planta					0,5 litros por planta	0,6 litros por planta
42 (6)			1 litro de orina por m ² (asumiendo 50 plantas por m ² y parte de orina a 1 parte de agua)		0,5 litros por planta		
56 (8)	0,5 litros por planta						

Cuadro 4: Mi recipiente de 20 litros para la orina está lleno. ¿Cómo lo puedo usar en el jardín?

Veinte litros de orina son suficientes para 4 a 13 m² de superficie de cultivo, dependiendo de cuanto nitrógeno es necesario o favorablemente tolerado.

- Si el suelo es salino o si existe un alto riesgo de que se vuelva salino

Reglas generales son útiles cuando las cifras exactas de los factores antes mencionados se desconocen. La demanda de nitrógeno para los cultivos comunes varía entre 100 – 200 kg/ha, dependiendo del tipo de cultivo y del rendimiento. La concentración de nitrógeno en la orina depende de la dieta alimenticia. La orina sin diluir usualmente contiene entre 3 y 7 g N/l. Una persona excreta alrededor de 300 - 550 l de orina al año, dependiendo de la ingesta de líquidos, clima, etc. La cantidad de N excretada por una persona al año en la orina varía entre 1,6 kg a 3,8 kg. Si la demanda de nitrógeno del cultivo es de 100 kg/ha y la concentración de N en la orina es de 7 g/l la orina de una persona puede fertilizar 385 m² (1,5 litros de orina por m²), si se tiene un solo cultivo por año. Si existe una restricción del tamaño de la parcela, se puede aumentar la fertilización a tres o cuatro veces, usando de esta manera hasta 6 litros por m² sin que exista un efecto negativo en el cultivo o en el medio ambiente, incluso cantidades mayores pueden ser favorablemente aplicadas, si no existe riesgo de salinización ó si este es bajo. Estas aplicaciones grandes de orina pueden ser favorables para el rendimiento del cultivo, si el amoníaco excesivo se pierde en la aplicación y, especialmente en suelos deficientes en fósforo ya que la aplicación de fósforo aumenta. Sin embargo, se debe tener cuidado en utilizar los nutrientes en la orina de manera más eficiente en suelos y en regiones propensas a la eutrofización de los cursos de agua.

DILUTION

La orina puede aplicarse pura (sin diluir) o diluida con agua, esto se practica en muchos lugares. El nivel de dilución varía entre 1:1 (una parte de agua a una parte de orina) y 1:15 (una parte de orina a quince partes de agua), 1:3 parece ser la más común. La dilución tiene como resultado el aumento del volumen a ser aplicado, por lo tanto el trabajo, el equipo necesario, el uso de energía y el riesgo de compactación del suelo se incrementan.

Guía práctica:

La orina puede ser aplicada pura o diluida con agua. No existe una recomendación estándar para la dilución o no-dilución y las recomendaciones existentes varían dependiendo de las condiciones locales. Los niveles de dilución pueden variar entre 1:1 (1 parte de orina a 1 parte de agua) y 1:15. Las tasas de dilución más comunes son 1:3 o 1:5. Sin embargo, la orina debe ser aplicada siempre en la tasa correspondiente a la dosis de aplicación deseada de nitrógeno, mientras que el agua adicional se debe aplicar de acuerdo a las necesidades de riego de las plantas.

La dilución tiene la ventaja de reducir o eliminar, el riesgo de una aplicación excesiva de la orina que se torne tóxica para el cultivo. Sin embargo, independientemente de si la orina se aplica diluida o pura, la orina es un fertilizante y debe, al igual que muchos de los fertilizantes químicos concentrados, ser aplicada en la tasa correspondiente a la aplicación deseada de dosis de N, mientras que el agua adicional debe ser aplicada de acuerdo a las necesidades de las plantas. Por lo tanto, la orina puede aplicarse pura, o incluso concentrada en el suelo, que luego será regado de acuerdo a los requerimientos de agua del cultivo. La orina también puede ser diluida en el agua de riego a una tasa que depende de las necesidades de nutrientes y agua del cultivo. La aplicación de la mezcla agua/orina generalmente necesita ser intercalada con el riego con agua solamente.

La orina diluida debe ser manejada de la misma manera que la orina. Para evitar olores, pérdida de amoníaco, generación de aerosoles, quemaduras y una posible contaminación de las plantas por los patógenos restantes, la orina debe ser aplicada cerca, o ser incorporada en el suelo. La fertilización foliar no es recomendable debido al olor, la pérdida de nitrógeno, el riesgo de toxicidad de las plantas y los riesgos higiénicos.

La orina concentrada tiene un pH más alto, y consecuentemente, la dilución significa que el efecto del almacenamiento sobre el contenido de patógenos en la orina se reduce. Se debe mantener la orina concentrada durante el almacenamiento, y si se elige diluirla, esto se debe realizar tan cerca como sea posible de la aplicación. Se ha observado que si la orina diluida se almacena en recipientes abiertos (lo cual no es recomendable), esto se puede convertir en un criadero de mosquitos que pueden actuar como vectores de enfermedades. Esto no se ha observado en la orina concentrada.

TÉCNICAS DE ALMACENAMIENTO

Guía práctica:

La orina debe ser almacenada siempre en un recipiente cerrado para evitar las emisiones de amoníaco

La orina debe ser almacenada para lograr una higienización adecuada, especialmente si es recogida de varios hogares. Existe también la necesidad de almacenamiento, si la orina se recoge en temporadas que no son de cultivo. Algo en común para todos los sistemas de almacenamiento es que la orina debe ser almacenada en recipientes cerrados para evitar la pérdida de amoníaco. Esta sección presenta diferentes técnicas para el almacenamiento de la orina. Existe la necesidad de desarrollar métodos de almacenamiento de bajo costo para sistemas de recolección de orina a pequeña y gran escala.

Los bidones son la forma más común de recolectar orina, y una muy buena manera de almacenar la orina por un período corto. Un buen ejemplo fue presentado por CREPA Burkina Faso, donde los bidones usados para la recolección de la orina son amarillos y los bidones usados para el transporte de la orina higienizada desde el lugar del almacenamiento al campo son verdes, véase el Gráfico 14.

Tanques de un metro cúbico son también bastante comunes en sistemas de recolección de pequeña o mediana escala, véase el gráfico 13. La ventaja es que los tanques son fáciles de obtener, pueden ser llenados y vaciados fácilmente, y son durables.

Para un almacenamiento a gran escala, se pueden usar tanques para mezcla (véase el Gráfico 16). Sin embargo, estos tanques rara vez poseen una cubierta que minimice las pérdidas de amoníaco, y se debe construir estas cubiertas. También se puede adquirir tanques prefabricados para el almacenamiento de la orina a gran escala, como se ha realizado en Suecia (véase el Gráfico 15).

ALMACENAMIENTO EN EL SUELO

El acopio de la orina puede ser una limitación en los lugares donde opciones de bajo costo son necesarias. Por lo que se ha desarrollado diferentes métodos para evitar el uso de recipientes de recolección. En las regiones donde los períodos de intervalo entre cultivos son secos, el almacenamiento de los nutrientes de la orina en el suelo

Guía práctica:

La orina puede ser almacenada en el suelo si falta espacio para el almacenamiento. El almacenamiento en el suelo se realiza mediante la aplicación de la orina donde se utilizará durante un período seco entre cultivos.

es una alternativa para ampliar la capacidad de acopio y también el intensivo período de trabajo de fertilización. Esto se lleva a cabo mediante la aplicación e incorporación de la orina en el suelo durante los períodos de intervalo secos entre cultivos, seguidos de un cultivo normal en la temporada de siembra, en el suelo ya abonado. La idea es que la parte principal de los nutrientes permanezca en el suelo y esté disponible para las plantas durante la etapa de crecimiento. Investigaciones adicionales son necesarias para determinar la pérdida y disponibilidad de nutrientes, especialmente de N y de P, para los cultivos durante y después de dicho almacenamiento. Los resultados de SUDEA en Etiopía (Terrefe, comunicación personal), al igual que en el proyecto en ejecución en Níger (Dagerskog, comunicación personal) indican que el método es una alternativa interesante donde almacenar la orina en recipientes hasta la temporada de cultivo es imposible, a pesar de que la pérdida de N puede ser bastante alta. En una medición donde los nutrientes de la orina fueron almacenados durante 28 días en el suelo, la pérdida de N mineral fue de 37% (Sundin, 1999). Existe también el riesgo de que algo de P pueda haber formado compuestos de modo que sea menos asimilable para las plantas durante el almacenamiento, pero el K y el S deberían permanecer completamente disponibles. Una ventaja adicional del almacenamiento en el suelo es que la labor de aplicar la orina se realiza durante la temporada seca, lo cual es generalmente menos trabajoso que en la temporada de cultivo.

TÉCNICAS DE APLICACIÓN

Técnicas de aplicación manual

La elección de la técnica de aplicación varía de acuerdo al tipo de cultivo. Para cultivos que se siembran en filas, la orina puede ser aplicada en una zanja al lado de la fila del cultivo. Para cultivos que se siembran en hileras con una separación entre las plantas, la orina puede ser aplicada en un hoyo excavado junto al cultivo. Para los árboles, la orina debe ser aplicada en círculo alrededor del árbol correspondiente a la circunferencia de las ramas. Todas estas recomendaciones de aplicación son también



Gráfico 13: Almacenamiento de la orina en tanques de un metro cúbico Foto: Anna Richert



Gráfico 15: Almacenamiento prefabricado para la orina a gran escala en Bornsjön, Suecia Foto: Ebba af Petersens, WRS Uppsala



Gráfico 14: Bidones amarillos para orina fresca, bidones verdes para orina almacenada que será vendida a los agricultores Foto: Linus Dagerskog, CREPA/SEI



Gráfico 16: Tanques de mezcla en temporada de invierno, Suecia. Estos tanques de mezcla serán usados para orina humana, y serán equipados con una cubierta para minimizar las pérdidas de amoníaco. Foto: Lennart Qvarnström

convenientes desde la perspectiva de la salud ya que evitan el contacto directo de la orina con los cultivos.

Para mejorar el efecto de fertilización y disminuir las pérdidas de amoníaco y el olor, la orina debe incorporarse en el suelo tan pronto como sea posible después de su aplicación, instantáneamente de ser posible (Rodhe *et al.*, 2004). Una incorporación superficial es suficiente, existiendo varios métodos. Uno es aplicar la orina en pequeños surcos que se cubren después. Otra opción es lavar los nutrientes en el suelo con la posterior aplicación de agua.

No se debe aplicar la orina en las hojas u otras partes de las plantas, ya que esto puede causar quemaduras foliares ocasionadas por las altas concentraciones de amoníaco y



Gráfico 17: Tanques de almacenamiento durante la construcción del área de viviendas en Kullön, Suecia. Cada tanque tiene 12 m³ Foto: Mats Johansson, VERNA

Guía práctica:

Para una mejor fertilización y para evitar pérdidas de amoníaco la orina debe incorporarse lo más pronto posible en el suelo después de su aplicación, instantáneamente de ser posible. Esto limita también posibles riesgos para la salud por la exposición directa. Una incorporación superficial es suficiente, existiendo varios métodos. Uno es aplicar la orina en pequeños surcos que son cubiertos luego. Al aplicar la orina, no se lo deberá hacer en las hojas u otras partes de las plantas, ya que esto puede causar quemaduras foliares. También se debe evitar rociar la orina en el aire debido al riesgo de pérdida de nitrógeno por las emisiones de gases de amoníaco y el riesgo de higiene a través de los aerosoles. El riego por goteo de la orina es otra técnica de aplicación posible. Sin embargo, cuando se emplea esta técnica, se deben tomar medidas para evitar la obstrucción de los emisores. A gran escala se utiliza el equipo para aplicar los purines

sales al secarse, así como por consideraciones de higiene. También se debe evitar rociar la orina en el aire debido al riesgo de pérdida de nitrógeno por las emisiones de gases de amoníaco (Johannsson *et al.*, 2001; Rodhe *et al.*, 2004), el olor y el riesgo de higiene a través de aerosoles.

Algunos cultivos, por ejemplo, los tomates, son sensibles a la exposición de sus raíces a la orina, cuando las plantas son pequeñas, mientras que en muchos cultivos no se ha visto efectos negativos. Por lo tanto, si se desconoce la sensibilidad de un cultivo, es aconsejable no exponer al mismo tiempo todas las raíces de la planta a la orina, ya sea pura o diluida. En lugar de esto, la orina puede ser aplicada antes de la siembra o a una distancia de las plantas tal que los nutrientes estén al alcance de las raíces, pero no todas ellas estén empapadas. Para las plantas anuales esta distancia puede ser de unos 10 cm.

Técnicas de aplicación a gran escala

La aplicación a gran escala se realiza de mejor manera con el equipo que generalmente es empleado para los purines. En las zonas donde la compactación del suelo es un problema, se debe tener cuidado de mantener la orina tan concentrada como sea posible. No se recomienda diluirla con agua en este caso, y la aplicación es mejor antes de una ligera lluvia.

Riego por goteo

Otra técnica de aplicación de la orina como fertilizante es el riego por goteo. Sin embargo, cuando se usa esta técnica, se deben tomar medidas para evitar las obstrucciones por la precipitación de las sales en los sedimentos que se forman, ya que la cantidad total de precipitación a menudo aumenta tras la dilución, debido a que el agua de dilución generalmente contiene magnesio y calcio. Por lo tanto, cuando se usa el riego por goteo, podría ser una buena idea, en lugar de aplicar la orina mezclada con agua, aplicar la orina pura y filtrada (sin sedimentos) durante un tiempo y después aplicar solamente agua el resto del tiempo.

El riego por goteo de arroz, hortalizas y camotes ha sido probado por CREPA, Costa de Marfil (Como, comunicación personal). Tuberías de polietileno, con 30 cm de separación entre los agujeros, son probadas en un campo de 500 m². La orina fluye a gravedad desde un tanque, a través de un filtro, directamente al cultivo. No



Gráfico 18: Diferentes técnicas de aplicación de la orina

Fotos: Linus Dagerskog

se ha reportado obstrucción de las tuberías. El sistema de tuberías es enjuagado con agua después de cada aplicación de orina. La aplicación de la orina se lleva a cabo durante las lluvias para facilitar la introducción de la orina en el suelo.

OLOR AL UTILIZAR ORINA COMO FERTILIZANTE

Guía práctica:

La orina tiene un olor característico. Sin embargo, este es rara vez un problema si la orina se almacena en recipientes cerrados y se aplica según la información de este libro.

Los malos olores se asocian culturalmente con patógenos. Sin embargo, el olor también puede ser una señal de que la orina contiene nutrientes puesto que el amoníaco tiene un olor fuerte. La experiencia demuestra que si la orina se aplica cerca y directamente en el suelo y luego es enjuagada existe poco olor. El manejo de la orina es naturalmente una actividad con mal olor y procedimientos que minimicen el contacto con el aire, por ejemplo, mediante el uso de recipientes cerrados, la aplicación cercana al suelo y la incorporación inmediata o riego, son altamente recomendados. Todas estas medidas contribuirán a disminuir las pérdidas de amoníaco y a proteger la salud.

APLICACIÓN COMBINADA DE ORINA Y ABONOS ORGÁNICOS

La combinación de orina y fertilizantes orgánicos como las heces, el compost, la gallinaza o los purines es ventajosa, especialmente en casos donde el suelo está empobrecido y es deficiente en nutrientes y materia orgánica. Los fertilizantes orgánicos mejoran la estructura del suelo, e incrementan la actividad microbiana. Esto facilita la absorción de nutrientes en las plantas ya que los microorganismos participan en la transformación del nitrógeno en formas que son absorbidas por las plantas.

Cuando se utiliza la materia fecal, se debe seguir las directrices para el uso seguro de las heces con el fin de hacer la cadena alimenticia segura y reducir al mínimo el riesgo procedente por los patógenos en las heces. Las heces deben ser tratadas adecuadamente e higienizadas.



Gráfico 19: Aplicación de la orina a gran escala en el campo agrícola

Foto: Ebba af Petersens, WRS Uppsala



Gráfico 20: Riego por goteo de mandioca en Costa de Marfil

Bernard Comoe 2009, CREPA Cote de Marfil 2009

TRATAMIENTO E HIGIENIZACIÓN

La orina es esencialmente estéril cuando sale del cuerpo humano. El principal problema para el uso de la orina en la agricultura es como evitar la contaminación fecal cruzada. Adicionalmente, existen enfermedades que en algunas regiones del mundo son propagadas por la orina. La siguiente sección presenta sugerencias para el manejo de la orina para reducir al mínimo el riesgo de utilizar la orina como fertilizante. Cabe señalar que las ventajas de usar orina para la producción de alimentos superan el riesgo de transmisión de enfermedades. Existen varias actividades de fácil ejecución que hacen el uso de la orina seguro.

RIESGOS PARA LA SALUD

Guía práctica:

Los riesgos para la salud asociados con el uso de la orina humana para la producción de cultivos son generalmente bajos si la contaminación fecal cruzada no existe o es pequeña. El almacenamiento de la orina en recipientes cerrados reducirá los riesgos para la salud de manera substancial.

Los riesgos para la salud asociados con el uso de la orina humana en la producción agrícola son generalmente bajos. Sin embargo, durante la separación en la fuente, en el sanitario puede ocurrir contaminación fecal cruzada de la orina. La cantidad de contaminación fecal cruzada es directamente proporcional a los riesgos para la salud. Si la materia fecal entra en la orina, la orina contendrá diferentes tipos de patógenos entéricos que pueden representar un riesgo potencial para la salud. Su presencia depende naturalmente de si los usuarios están infectados o son portadores de dichos organismos. En el caso de diarrea el riesgo de contaminación fecal cruzada es mayor.

Adicionalmente algunos organismos de preocupación para la salud pueden ser excretados con la orina. Un ejemplo es la *Salmonella typhi/paratyphi*. Estas bacterias tienen un corto tiempo de supervivencia en la orina almacenada, el riesgo de transmisión de patógenos se reduce mínimo 1.000 veces después de una semana de almacenamiento. Por lo tanto, no se debe usar orina sin almacenar cuando se sospecha casos de fiebre tifoidea o paratifoidea. Otro ejemplo es la esquistosomiasis por *Schistosomiasis haematobium*, parásito que se encuentra solamente en África. No obstante, con el fin de representar un riesgo,

los huevos deben llegar a un curso de agua y encontrar un caracol-huésped adecuado. El uso de la orina en la agricultura con las técnicas de aplicación recomendadas en este libro reduce en gran medida este riesgo. Un tiempo de almacenamiento de una semana o más disminuirá de manera importante el riesgo, mientras más largo sea el tiempo mejor. En las siguientes secciones se proporciona más información sobre los tiempos de almacenamiento. Los grupos expuestos a los riesgos son: el personal de recolección y los trabajadores de campo, las comunidades locales y los consumidores del producto. Siendo de importancia las prácticas de manejo y aplicación en el campo. En cuanto a otras sustancias contaminantes en la orina (metales pesados, hormonas y productos farmacéuticos) existen muchos indicios de que los riesgos para la salud probables son mucho menores que los relacionados con el sistema de saneamiento convencional y es acertado creer que el riesgo de efectos negativos en la cantidad y calidad de los cultivos es insignificante.

ESTRATEGIA DE BARRERAS MÚLTIPLES

Guía práctica:

Las directrices de la OMS para el uso seguro de las excretas en la agricultura (2006) promueven una estrategia flexible de barreras múltiples para la gestión de los riesgos para la salud asociados con el uso de excretas en la agricultura. Esta estrategia de barreras múltiples contiene una serie de medidas y barreras a lo largo de todo el sistema de saneamiento desde "el sanitario a la mesa". Cada una de las defensas posee un cierto potencial para reducir los riesgos para la salud asociados con la utilización de las excretas y la OMS recomienda poner en práctica varias de estas barreras con el fin de disminuir los riesgos para la salud a un mínimo aceptable.

Las directrices de la OMS para el uso seguro de las aguas residuales, excretas y aguas grises (2006) reconoce el potencial de usar las excretas en la agricultura y promueve una estrategia flexible de barreras múltiples para la gestión de los riesgos para la salud asociados con el uso de las excretas en la agricultura. Esta estrategia de barreras múltiples comprende una serie de medidas y barreras a lo largo de todo el sistema de saneamiento desde "el sanitario a la mesa". Cada una de las barreras posee un

cierto potencial para reducir los riesgos para la salud asociados con el uso de las excretas y la OMS recomienda practicar varias de estas barreras si es necesario para reducir los riesgos para la salud a un mínimo aceptable. Se puede sumar la reducción de cada una de las barreras, lo cual mejora la reducción del riesgo total y también asegura que las variabilidades e inseguridades en cada paso sean balanceadas en el largo plazo. Así, incluso las excretas que no han sido suficientemente tratadas pueden ser reutilizadas siempre y cuando los riesgos provenientes de ellas puedan ser manejados con las barreras posteriores. En el siguiente gráfico se encuentran barreras eficaces para el uso seguro de la orina en la agricultura. Para obtener más información, visite el sitio web de la OMS http://www.who.int/water_sanitation_health

Separación en la fuente

La separación en la fuente es una barrera eficaz para disminuir los riesgos en comparación con un sistema de alcantarillado combinado. Un objetivo clave de la recolección de orina es reducir al mínimo la contaminación fecal cruzada. Los sanitarios de separación de orina deben ser diseñados de manera que minimicen la contaminación cruzada. Si la orina se recoge de los urinarios, el riesgo de contaminación cruzada es insignificante. El agua de ablución de las personas que practican este método de aseo debería ser tomada en consideración. Si esta agua se combina con la orina el riesgo de contaminación cruzada aumenta, especialmente si los usuarios tienen diarrea.

La forma de recolección, transporte y vaciado de la orina también puede crear situaciones donde puede darse la

exposición de personas. Si la cámara de recolección de orina rebosa, la contaminación cruzada de la orina será en la tierra donde tal vez ocurra el contacto directo con niños jugando (el diseño debe prever un desfogue con una forma de infiltración). Los recipientes de la orina no deberán ser usados para otros propósitos como acarrear agua o fabricar cerveza. Se debe evitar las fugas en el transporte al campo o a otro recipiente de almacenamiento secundario. Los recipientes para el transporte deberán contar con una tapa bien ajustada.

Almacenamiento y Tratamiento

Es recomendable que antes de la aplicación la orina sea tratada con el fin de higienizarla y reducir los riesgos microbianos para la salud. Una opción de tratamiento es el almacenamiento a temperatura ambiente. Los tiempos de almacenamiento deben basarse en la temperatura y en la probabilidad de contaminación fecal cruzada, así como en la vulnerabilidad de la población expuesta. Una familia probablemente transmitirá las enfermedades entre sus miembros a través de rutas directas y no mediante el uso de la orina recolectada. Así, en una familia, cuando la orina se utiliza en la huerta familiar y su producción se usa solamente para la familia, se puede aplicar un régimen de almacenamiento menos estricto. Un almacenamiento menos riguroso (1 a 2 semanas) también puede ser aplicado para urinarios donde la contaminación fecal no ocurre. Cuando se recoge la orina de muchos usuarios diferentes, al igual que cuando el producto es vendido o transferido a terceros, el riesgo microbiano se incrementa substancialmente. En estas situaciones un tiempo más largo

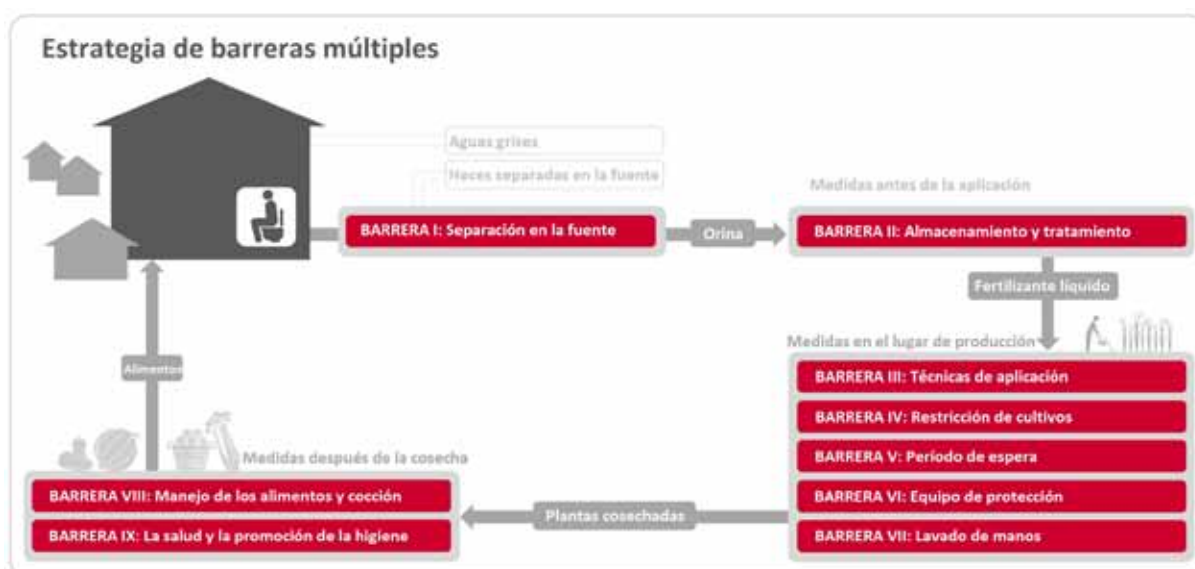


Gráfico 21: Estrategia de barreras para el uso seguro de la orina como fertilizante

Cuadro 5: Ejemplo de evaluación de riesgo y el agua de ablución.

En una escuela en Tanzania se construyó un sistema de saneamiento muy bien diseñado con recolección separada de materia fecal y orina para ser usadas en una parcela agrícola de la escuela. Sin embargo, desde el punto de vista de reducción del riesgo existen todavía problemas importantes ya que el agua de ablución era descargada sin tratamiento a una zona de juego de los alumnos (transmisión por contaminación directa) y a una parte de la parcela agrícola (transmisión por el producto). El agua de ablución constituye generalmente un volumen menor (100 – 500 ml/lavado). Si esta agua por el contrario hubiese sido descargada a través de una tubería directamente en el suelo en un pozo de infiltración el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas habría sido muy pequeño debido al poco volumen.

de almacenamiento deberá ser empleado, esto hace más seguro el uso de la orina e incrementa la reducción de posibles patógenos presentes. Los tiempos de almacenamiento recomendables varían dependiendo del tipo de sistema (sistemas de gran escala: 1 a 6 meses, hogares/urinarios: 0 a 1 mes). Si es probable que ocurra contaminación cruzada el tiempo de almacenamiento puede ser ajustado hacia arriba, siendo superior a 1 mes. Esto también se aplica en climas fríos donde la temperatura es un factor determinante en la mortandad. Por regla general: mientras más largo sea el tiempo de almacenamiento, mejor.

La orina debe ser almacenada en recipientes sellados con el fin de evitar el contacto directo con la orina para seres humanos y animales. La orina no debe ser diluida durante su almacenamiento, para proveer un ambiente más severo para los microorganismos y aumentar la tasa de mortandad de los patógenos. Existen ejemplos donde el agua de lavado del sanitario ha sido mezclada con la orina, resultando en una alta dilución. Esto ha dado lugar a criaderos de mosquitos en la orina altamente diluida descubierta, así como una reducción de patógenos baja.

Un ejemplo interesante de la introducción de nuevos fertilizantes para la comunidad agrícola proviene de Burkina Faso. La orina de más de 1.000 viviendas en la capital Uagadugú se recolecta en bidones amarillos (véase el Gráfico 22). La orina es transportada a una estación de tratamiento donde se almacena en tanques por un tiempo determinado. Cuando la higienización ha terminado, el

líquido es vertido en bidones verdes, véase el Gráfico 14, y vendido a los agricultores bajo el nombre Birg Koom que significa fertilizante líquido en el lenguaje local. La misma estrategia se está aplicando en Níger en un proyecto similar. Esta es una forma de desmitificar la orina como fertilizante y una señal de que el producto es seguro para ser utilizado en la agricultura.

Los intervalos de almacenamiento indicados en la Tabla 16 son para la orina recolectada en los sistemas de sanitarios, donde existe un riesgo de contaminación fecal. Si la orina se recoge de los urinarios, intervalos más cortos de almacenamiento (1 a 2 semanas, véase más arriba) son recomendados debido al menor riesgo.

Restricciones de cultivos

Cuando se utiliza orina tratada no se requiere aplicar restricciones para los cultivos. Sin embargo, como una medida de precaución adicional, el uso de la orina puede ser restringido a los cultivos no alimentarios (por ejemplo, algodón), cultivos que son procesados (por ejemplo, trigo) o cocidos antes de su consumo (por ejemplo, patatas), así como cultivos y árboles donde exista cierta distancia entre el suelo y la parte del cultivo que se cosechará. En general se puede afirmar que mientras mayor sea el tiempo entre la aplicación y la cosecha menos riesgo existirá. Así, para los cultivos con periodos de rotación cortos, como la espinaca, lechuga y rábanos el riesgo será mayor, y se recomienda el tratamiento previo, es decir, se requiere de almacenamiento, pero en el caso de la piña, por ejemplo, (período de rotación de 1 a 2 años) no existe riesgo por el uso de la orina, si esta es aplicada en cantidades y en las épocas correspondientes a las necesidades de las plantas, consecuentemente, mínimo 3 meses antes de la cosecha.

Una de las metas al construir sistemas para el uso de la orina en la producción de cultivos debe ser alcanzar un nivel razonable de reducción de riesgo para las personas involucradas en el uso del sistema, tales como los trabajadores de campo, los hogares o consumidores. La siguiente matriz sugiere estrategias para la elección de cultivos y la fertilización con el fin de reducir al mínimo el riesgo y maximizar la utilización de nutrientes.

Período de espera

Un período de espera entre la última aplicación de la orina y la cosecha es una barrera que da tiempo para la mortandad de los patógenos. Los cálculos de riesgo han demostrado que en un período de un mes de espera la reducción del nivel de riesgo es importante y en combinación con otras barreras de la estrategia de barreras múltiples, el resultado será un riesgo

Guía práctica:

El tiempo entre la aplicación de la orina y la cosecha debe ser mínimo de un mes.

muy por debajo de 10^{-6} AVAD para las bacterias patógenas, virus y protozoos parásitos (OMS 2006). Por lo tanto, es siempre recomendable observar un período de espera de un mes entre la última fertilización con orina y la cosecha. El tiempo de espera se basa en la mortandad de los organismos, debido a factores externos como el secado, la temperatura y la luz ultravioleta en la superficie de las plantas de hoja. La mortandad puede ser menor en el suelo. Esto no contradice la recomendación de aplicar la orina en el suelo. Para los tubérculos que se consumen crudos (rábanos, zanahorias, cebollas, etc.), el manejo posterior a la cosecha es importante. Sin embargo, cabe recalcar que en estas situaciones el uso de la orina sigue constituyendo un riesgo menor que el uso de lodos de tratamiento de aguas residuales, estiércol, aguas residuales o de riego con aguas superficiales contaminadas.

Técnicas de aplicación

Guía práctica:

Se recomienda la aplicación de la orina cerca del suelo con el fin de reducir el contacto con las partes comestibles y disminuir la salpicadura de gotas de orina.



Gráfico 22: Recolección de la orina de las viviendas en Uagadugú, Burkina Faso

Foto: Linus Dagerskog

Se recomienda la aplicación de la orina cerca del suelo. Esto reduce el contacto directo con las partes comestibles de las plantas. No se debe aplicar orina con una regadera en las partes comestibles o en las hojas de las hortalizas. La orina se debe incorporar en el suelo de manera mecánica o mediante el riego de agua posterior. Si la orina se aplica antes o durante la siembra, ocurrirá una mortandad adicional de los patógenos remanentes (véase período de espera) y por lo tanto el riesgo se reducirá.

Tabla 16: Tiempos de almacenamiento recomendados para la orina^a basados en estimaciones del contenido de patógenos^b y cultivos recomendados para sistemas grandes^c OMS, 2006

Temperatura de almacenamiento	Tiempo de almacenamiento	Posibles patógenos en la mezcla de orina después del almacenamiento	Cultivos recomendados
4°C	≥1 mes	Virus, protozoos	Cultivos de alimentos y forraje que serán procesados
4°C	≥6 meses	Virus	Cultivos de alimentos que serán procesados, cultivos de forraje ^d
20°C	≥1 mes	Virus	Cultivos de alimentos que serán procesados, cultivos de forraje ^d
20°C	≥6 meses	Probablemente ninguna	Todos los cultivos ^e

a Orina u orina y agua. Cuando diluida se asume que la mezcla de orina tiene como mínimo un pH de 8,8 y una concentración de nitrógeno de mínimo 1 g/l.

b Bacterias Gram-positivas y bacterias formadoras de esporas no están incluidas en las evaluaciones de riesgo subrayadas, pero normalmente no son reconocidas por causar cualquiera de las infecciones humanas de cuidado.

c Un sistema grande en este caso es un sistema donde la mezcla de la orina será usada como fertilizante en cultivos que serán consumidos por personas que no sean los miembros de la familia donde la orina fue recogida.

d No pastizales para la producción de forrajes.

e Para cultivos de alimentos que se consumen crudos se recomienda que la orina sea aplicada al menos un mes antes de la cosecha y que sea incorporada en el suelo si las partes comestibles crecen sobre la superficie del suelo.

Equipo de protección

Aunque hay poco riesgo asociado con la orina tratada se recomienda, si es posible, que los trabajadores de campo usen ropa de protección apropiada (zapatos y guantes) como una barrera eficaz para reducir los riesgos potenciales para la salud. Esto es de importancia cuando ha ocurrido una alta contaminación fecal cruzada y es de menos cuidado para la orina que para la aplicación de aguas residuales o lodos de aguas residuales. Una carga

fecal alta puede ocasionar la exposición a anquilostomas a través de la piel desnuda y durante el contacto directo y el contacto posterior con la boca (ruta fecal - oral) al tocarse el rostro, comer y fumar. En estas situaciones los guantes reducen el riesgo. La ropa de protección es importante no solamente para los trabajadores, sino también para que los contaminantes no sean transportados a los hogares y familias.

Tabla 17: Niveles de riesgo en relación con el cultivo y la estrategia de manejo

Cultivo	Ejemplo	Riesgo inherente	Personas expuestas al riesgo	Tiempo de aplicación****	Almacenamiento de la orina***
Cultivos de crecimiento lento	Piña	Bajo	Trabajadores	En las primeras etapas	No es necesario el almacenamiento
Flores ornamentales, plantas de jardín		Bajo	Trabajadores	Hasta un mes antes de la cosecha	No es necesario el almacenamiento
Cultivos de alto crecimiento que no sean recogidos de la tierra y que tengan "cáscara":	Banano (plátano)	Bajo	Trabajadores	Hasta un mes antes de la cosecha	No es necesario el almacenamiento
Cultivos de grano procesado antes de comer	Mijo, arroz, sorgo, maíz	Bajo	Trabajadores	Hasta un mes antes de la cosecha	No es necesario el almacenamiento
Plantas colgantes no en contacto directo con el suelo y que normalmente no se comen crudas	Berenjena	Medio	Consumidores y trabajadores	Hasta un mes antes de la cosecha	El almacenamiento es necesario
Frutas que probablemente se recogen del suelo y se comen directamente *	Mango, maracuyá, naranja	Bajo	Trabajadores	Fuera de la estación de fructificación**	No es necesario el almacenamiento
Plantas colgantes, parcial o totalmente en contacto con el suelo y que se comen crudas	Tomates	Alto	Consumidores y trabajadores	Hasta un mes antes de la cosecha	El almacenamiento es necesario
Tubérculos procesados / cocidos	Mandioca, patatas	Bajo	Protección de los trabajadores	Hasta un mes antes de la cosecha	No es necesario el almacenamiento
Tubérculos que se comen crudos	Zanahorias	Alto	Consumidores y trabajadores	Hasta un mes antes de la cosecha	El almacenamiento es necesario
Cultivos de hoja en el suelo que son cocidos	Espinaca	Bajo	Trabajadores	Hasta un mes antes de la cosecha	No es necesario el almacenamiento
Cultivos de hoja de consumo crudo	Lechuga, col	Alto	Consumidores y trabajadores	Hasta un mes antes de la cosecha	El almacenamiento es necesario
Cultivos energéticos o de fibra	Algodón, cultivos oleaginosos	Bajo	Trabajadores	Hasta un mes antes de la cosecha	No es necesario el almacenamiento

*Si se cultivan hortalizas bajo árboles frutales se debe tener en cuenta las medidas de precaución o barreras para las hortalizas.

** Si la fertilización se realiza cerca de la temporada de frutos se debe tomar en cuenta medidas de precaución o barreras como el almacenamiento de la orina.

*** El tiempo de almacenamiento para la orina no se indica, ya que este también depende de factores locales como la temperatura o el diseño del sistema de recolección (grado de contaminación fecal).

**** La aplicación de la orina debe llevarse a cabo teniendo en cuenta las necesidades del cultivo y la práctica común en la región. La aplicación continua puede realizarse cuando sea indicado, desde el punto de vista de la barrera. Siempre se deberá observar un período de espera de un mes.

Lavarse las manos con jabón después de manipular la orina

Lavarse las manos con jabón después de manipular la orina puede considerarse como una barrera adicional en el sistema. Prácticas evidentemente básicas de higiene y salud recomendadas, como lavarse las manos después de usar el sanitario y antes de cada comida, deben cumplirse siempre.

Manipulación de alimentos y cocción

Los cultivos cosechados siempre deben lavarse antes de su consumo. La cocción o pelado de las frutas y hortalizas es otra medida efectiva para reducir considerablemente los riesgos para la salud asociados ya que se puede alcanzar una reducción de los patógenos entre 2 a 6 unidades logarítmicas.

La salud y la promoción de la higiene

Una educación y promoción eficaz de la higiene debe llevarse a cabo con el fin de informar a los productores locales y al personal que maneja los alimentos en los mercados, restaurantes, hogares y quioscos de comida cómo y por qué deben lavar los productos fertilizados con orina.

Tratamiento microbiano de la orina

El tratamiento microbiano de la orina ha sido introducido para disminuir el olor e incrementar el valor nutritivo de la orina. Esto se ha estudiado en México desde la década de 1990 (Arroyo, 2005), y en proyectos en ejecución (2010) en Filipinas (Terra Preta Sanitation, Xavier University). La estrategia es introducir microorganismos en la orina durante el almacenamiento. Inoculación microbiana líquida o compost y humus de lombriz normal se agrega al recipiente de la orina antes de su almacenamiento. La fermentación impide el proceso de la ureasa bacteriana que hidroliza la urea en amoníaco y bicarbonato, lo cual generalmente sucede durante el almacenamiento de la orina. Los beneficios adicionales pueden ser amoníaco menos volátil y menor olor.



Gráfico 23: Aplicación de la orina usando equipo de protección

Foto: Linus Dagerskog

SISTEMA DE MANEJO PARA EL USO DE LA ORINA COMO FERTILIZANTE

La siguiente sección describe la cadena de manejo de la orina desde el sanitario al campo, para diferentes escenarios. En lo relacionado con los hogares, el sistema de manejo es fácil de construir y la mayoría de puntos a ser considerados han sido tratados ya en el texto. Un buen ejemplo del uso de la orina como fertilizante a pequeña escala y del sistema de manejo se da en las Filipinas, donde se ha compilado un manual de huerto familiar (PUVeP, 2008). Para sistemas a gran escala hay pocos ejemplos en funcionamiento y se ve la necesidad de explorar este tema con el fin de mover los sistemas de separación de orina a una escala total y a una función principal. A continuación se presentan dos sistemas grandes, los dos en funcionamiento, pero con sus respectivos inconvenientes. Es necesario un mayor desarrollo en este ámbito.

SISTEMAS A GRAN ESCALA

Esta sección presenta dos casos para demostrar la complejidad de los sistemas de manejo de la orina. Uno de los casos es de Suecia, donde se recoge la orina de 250 hogares para su uso en la agricultura, y el otro es de Burkina Faso, donde más de 1.000 sanitarios han sido edificados en la parte urbana de Uagadugú y la orina se utiliza en la producción de cultivos.

Los aspectos importantes a considerar cuando se planifica el transporte de la orina son: la elección de la técnica, el empresario, la higiene y la documentación. Los municipios generalmente tienen empresas contratadas para transportar fracciones de residuos generados en el municipio, véase el gráfico 24. Una alternativa interesante es contratar al agricultor que usará la orina para los servicios de transporte. De esta manera el agricultor puede obtener algún ingreso adicional por el manejo de la orina. El aspecto de higiene debe ser considerado, y el empresario debe tener información acerca de las medidas como la higiene adecuada de las manos después de manejar la orina. No es necesaria una mascarilla, más importante es evitar los derrames y mantener una buena higiene de las manos. Todo el transporte debe ser documentado como parte de un sistema de control de calidad.

Un reto importante para la sostenibilidad de los sistemas de manejo de orina a gran escala es reducir al mínimo los



Gráfico 24: Un camión succionador convencional, recogiendo lodos de un sistema de aguas residuales in situ Foto: Municipio de Västerviks, Suecia

costos del sistema hacia el objetivo de que los subsidios no sean necesarios. Las experiencias de Suecia y Burkina Faso, muestran que el valor fertilizante de la orina, cuando se valora como fertilizante químico, no es suficiente para pagar los costos adicionales en el sistema de manipulación, tales como el transporte o almacenamiento, y por tanto una tasa de vaciado de los hogares o un subsidio del municipio es probablemente necesario para pagar el sistema de manejo. El costo de manejo y la aplicación de la orina como fertilizante es muchas veces menor que el costo de descargar la orina a una planta de tratamiento de aguas residuales donde el nitrógeno y fósforo son removidos.

Cuadro 6: Control de calidad y certificación

Una necesidad para los agricultores es asegurarse de que la empresa que comprará las cosechas no tiene objeciones a la elección del uso de fertilizantes de seres humanos. El desarrollo reciente ha sido testigo de la evolución de los sistemas de control de calidad para la producción de cultivos, y esto es aplicable a los fertilizantes también. En Suecia, sistemas de certificación han sido desarrollados para los lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, así como también para los residuos domésticos compostados y digeridos, que apoya el uso de estos fertilizantes en la agricultura. Se propone una disposición similar para la orina separada en la fuente, lo que haría más simple el uso más generalizado de la orina en la agricultura de Suecia.

Caso uno: reutilización de la orina en Vaxholm, Suecia

Kullön está situado en una isla del municipio de Vaxholm, cerca de Estocolmo. Doscientos cincuenta hogares tienen instalados uno o dos sanitarios separadores de orina de doble descarga. La orina se recoge en grupos de tanques de 10 a 20 m² que sirven de 5 a 40 viviendas cada uno. El sistema ha sido descrito en el informe de ESR 2006:1 por Kvarnström *et al.*; http://www.ecosanres.org/pdf_files/Urine_Diversion_2006-1.pdf

Dos veces al año la orina se recoge en un camión, contratado por los dueños de las viviendas organizados en conjunto. Este es un servicio que los propietarios de las casas pagan aparte de sus impuestos por la recolección de residuos y aguas residuales lo que ha causado conflictos en la zona.



Gráfico 25: Los habitantes de Kullön inspeccionando los tanques de orina Foto: Anna Richert

La orina se lleva a un agricultor donde es almacenada por más de 6 meses. El agricultor recibe un pago del colectivo de viviendas de Kullön por el almacenamiento y tratamiento de la orina, y ha entrado a este proyecto como parte de una diversificación de negocios de su empresa agrícola.

La estabilidad del sistema está en juego ya que el municipio, que es responsable de la recolección y tratamiento de los residuos domésticos, no se ha responsabilizado plenamente de esto. Se ha impuesto a los hogares un aumento en los costos en el sistema, mientras que las viviendas no ven por qué su sistema de saneamiento que ha demostrado ser más respetuoso del medio ambiente, debe costarles más.

El agricultor que utiliza la orina tiene que presentar un certificado a los compradores de sus cultivos con el fin

de garantizar la calidad y trazabilidad de los fertilizantes empleados. Esto exige la documentación y el análisis de la orina en las etapas iniciales.

En general, el sistema ha tenido mucho trabajo para iniciar y una conclusión es que el sistema de manejo desde el punto de vista institucional no fue tomado en cuenta en su totalidad cuando se planificó el área de vivienda, lo cual ha causado problemas. Sin embargo, existe un sistema funcional para el uso de la orina en la agricultura y el agricultor está bastante satisfecho con el negocio que está ejecutando

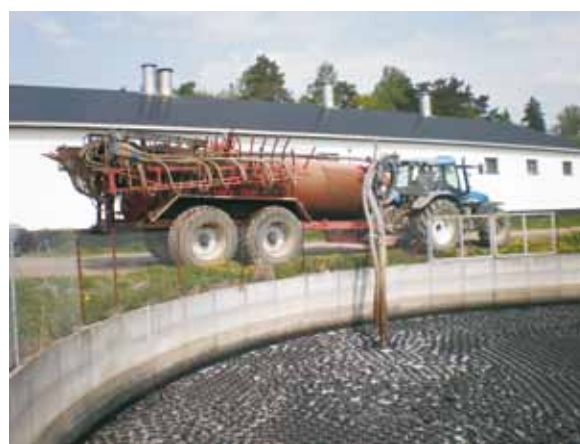


Gráfico 26: El esparcidor de purines viene a cargarse de orina para su aplicación a trigo de invierno sembrado en primavera Foto: Anna Richert.

Caso 2: Recolección de orina y uso en la zona urbana de Uagadugú

Durante el año 2006 a 2009, se ejecutó un proyecto en Uagadugú, Burkina Faso, con financiación de la UE, la GTZ y CREPA (Coulibaly, 2009). Mediante un rango amplio de actividades el proyecto busca apoyar a mil hogares para obtener un sistema de saneamiento de ciclo cerrado adecuado y asequible. Un punto clave en este proyecto urbano es que se estableció una cadena de abastecimiento urbano para la orina y las heces desde los sanitarios secos separadores de orina (UDDT siglas en inglés). El proyecto cuenta hasta el momento con:

- Mil sanitarios secos separadores de orina construidos.
- Apoyó la creación de dos cadenas de suministro para la recolección, transporte y distribución de las excretas sin tratar y tratadas.
- Mil jardineros capacitados para usar estos productos como fertilizantes.

- Apoyó a 20 pymes (pequeñas y medianas empresas), que participan actualmente en la operación del sistema.
- Cien artesanos capacitados (albañiles, etc.) para proporcionar la infraestructura necesaria, en particular la construcción de los sanitarios.

La infraestructura física de un sistema ecosan consiste de:

- Sanitario seco separador de orina a nivel de viviendas y en lugares públicos en cuatro sectores de Uagadugú.
- Cuatro sitios de tratamiento, llamados eco-estaciones, para la orina y las heces en los mismos cuatro sectores, cada uno es operado por una asociación distinta.
- Recolección, transporte y entrega de la orina, heces secas, orina higienizada y heces secas higienizadas.
- El uso de la orina y las heces higienizadas en los huertos periurbanos.

Las cámaras son vaciadas por los trabajadores del servicio de recolección y la orina y las heces son llevadas a una eco-estación para un período de secado y almacenamiento adicional y envasado final. Para el transporte a las eco-estaciones, se recoge la orina en bidones amarillos de 20 litros, y las heces son transportadas en bolsas plásticas.

Cada bidón de 20 litros lleno recolectado es reemplazado por uno vacío. Un punto central del sistema ecosan urbano es el lugar de tratamiento, o eco-estación, que conecta las viviendas con los jardineros y agricultores a pequeña escala. Dos de las cuatro estaciones están construidas cerca de los sitios de mercado de jardinería. Las eco-estaciones están equipadas con el equipo de saneamiento necesario (tanques plásticos para la orina y pozos de almacenamiento para las heces) e infraestructura adicional como un cobertizo para el material de trabajo, el espacio para los burros que tiran los carros de los bidones de orina y un cuarto de almacenamiento para los productos fertilizantes terminados. El número de tanques de plástico varía de 6 (en los sectores pequeños 19 y 27) a 12 (en los sectores grandes 17 y 30). Para la higienización, la orina es transferida a las eco-estaciones y almacenada durante un mes en tanques de plástico de 1 m³ cerrados, mientras que las heces de los sanitarios secos separadores de orina de doble cámara se almacenan y se mantienen secas en cámaras (volumen total: 6 m³) durante dos meses.

Para facilitar la recolección de los hogares, los sectores se dividen en áreas más pequeñas. Cada equipo de recolectores debe visitar todas las letrinas en 2 semanas. Los recolectores pueden tener que cubrir distancias de hasta 12 km (el tiempo de trabajo diario se estima en 5 a 6 horas). En total, las cuatro asociaciones operan con



Gráfico 27: Componentes de un sistema de recolección de orina en Uagadugú, Burkina Faso

Fotos: CREPA

aproximadamente 28 personas, 10 burros y 10 carros tirados por burros.

Al inicio del proyecto, el equipo técnico y los facilitadores informaron a los hogares y a los agricultores sobre los beneficios de usar los productos ecosan en la producción de cultivos. Para aumentar la aceptación entre los usuarios (jardineros, agricultores y consumidores), se decidió dar otro nombre a la orina y las heces. Así, la orina higienizada se vende en recipientes verdes de 20 litros bajo el nombre de “*birg-koom*” que significa fertilizante líquido en el lenguaje local, mientras que las heces secas higienizadas se venden en bolsas etiquetadas como “*birg-koenga*” que significa fertilizante sólido.

Un aspecto importante del proyecto era garantizar la calidad y la seguridad de los productos ecosan que vayan a ser vendidos a los agricultores. Los jardineros y agricultores de pequeña escala fueron capacitados para usar la orina y las heces tratadas en diferentes hortalizas (por ejemplo, tomate, col, pepino, calabacín, zanahoria, lechuga, berenjena, fresas, etc.). Adicionalmente, muestras de la orina y las heces secas higienizadas son a veces tomadas y analizadas por el Laboratorio Nacional de Aguas (*Laboratoire National des Eaux*) para los valores de N, P

y K, y por patógenos tales como E. coli. Los resultados demuestran que la orina higienizada es segura (no contiene patógenos) y, usada como fertilizante, no tiene un impacto negativo sobre el medio ambiente y la salud.

Un interrogante importante ha sido la estabilidad económica de la cadena de abastecimiento. Según lo establecido, los costos de operación del sistema de recolección son mayores que las finanzas que son generadas en el sistema, a través de una tasa a los hogares y mediante la venta de la orina y las heces a precios de mercado. La tasa para las viviendas fue de 60 centavos de dólar americano por mes y la orina fue vendida a los agricultores de la eco-estación a 20 centavos de dólar americano por bidón de 20 litros, las heces a 10 centavos de dólar americano por kilo. Esto significa que existe una necesidad de reducir costos sin poner en riesgo la seguridad del sistema de reutilización.

El proyecto es descrito en el formato de caso de estudio de SuSanA:

<http://www.susana.org/images/documents/06-case-studies/en-susana-cs-burkina-faso-ouagadougou-uddt-2010.pdf>

ASPECTOS DE GÉNERO

Guía práctica:

Con el fin de lograr el uso sostenible de la orina en la producción de cultivos la perspectiva de género debe ser incluida en la ejecución. Esto puede significar, por ejemplo, considerar los diferentes roles de hombres y mujeres relacionados con la producción de cultivos comerciales y alimentarios para el hogar.

El proceso de integrar el aspecto de género en instituciones y operaciones se llama la perspectiva de género, un proceso para asegurar que los efectos de la intervención en las mujeres y los hombres son previstos y estudiados. Bien planificado, esto debería llevar a beneficios adicionales que van más allá de agua de buena calidad y dotación de saneamiento, así como una ganancia económica, el empoderamiento de las mujeres, el aumento en la equidad y los beneficios para los niños (Banco Africano de Desarrollo, 1998)..

El aspecto de género del saneamiento ecológico se ha descrito en Dankelmann (2009) y en el grupo de trabajo 12 de SuSanA 2009. Sin embargo, con respecto a la pregunta específica de cómo el uso de la orina en la producción de cultivos influye en la cuestión de género, muy poco se ha hecho. Existen importantes perspectivas de género en la agricultura relacionadas con el saneamiento ecológico, e investigación y documentación adicional serían valiosas.

Las mujeres son responsables de la seguridad alimentaria básica del hogar en muchos países del mundo. Con una agricultura basada en el saneamiento ecológico, las familias pueden ahorrar dinero al sembrar sus propias frutas y hortalizas y/o vender algo de su producción. Esto, sin embargo, debe ser sopesado frente a las significativas limitaciones de tiempo que enfrentan muchas mujeres, particularmente aquellas que son la principal o única fuente de ingresos para sus hogares. Por otra parte, las mujeres son a menudo limitadas por el bajo acceso a la educación formal y la formación, en relación con los hombres, y a menudo son confinadas al sector informal. La agricultura de pequeña escala, como un medio para garantizar una mayor seguridad alimentaria y un ingreso adicional potencial, es especialmente atractiva para las mujeres, ya que les permite trabajar cerca de sus hogares y facilita la realización de otras funciones tradicionalmente importantes, tales como el cuidado de los niños, los ancianos y los enfermos. La importancia de asegurar que las mujeres así como los hombres participen en la



Gráfico 28: Cosecha de tomates fertilizados con orina

Foto: Linus Dagerskog, CREPA/SEI

planificación y toma de decisiones sobre las iniciativas agrícolas, y tengan igual acceso a la capacitación y a los servicios de extensión necesita, sin embargo, ser reforzada.

Tanto las mujeres como los hombres necesitan tener acceso a ingresos en efectivo y se podría asumir que darían la bienvenida a posibles beneficios económicos del saneamiento ecológico, si las oportunidades para la iniciativa empresarial a pequeña escala en la construcción y operación de letrinas y sistemas de recolección así como el inicio de pequeños jardines de mercado son disponibles tanto para las mujeres como para los hombres. Esto no ha sido documentado aún, pero un posible conflicto entre la producción de alimentos para los hogares y la producción de cultivos comerciales puede surgir a medida que aumenta el conocimiento de la orina como fertilizante. No está claro como esto afectaría el equilibrio de género, pero en muchas situaciones, las huertas de los hogares con implicaciones para la seguridad alimentaria son responsabilidad de las mujeres, mientras que la producción de cultivos comerciales es responsabilidad de los hombres en la familia. Existe entonces un interrogante relacionado con el valor de la orina. Si la orina se vende como fertilizante, ¿quién en la familia tendrá acceso a este ingreso financiero? Tradicionalmente, las mujeres tienen la responsabilidad de los productos de desecho en el hogar, pero si estos tienen un valor, ¿cambiará esto? Con respecto a la cuestión de la gestión de residuos, ¿en qué medida afectará la reutilización de la orina a los roles tradicionales en esta área? ¿En qué medida el trabajo involucrado aumentará la carga de trabajo de mujeres,

hombres o niños? ¿Cómo serán afectados por el hecho de si existe o no un mercado para la orina? Se recomienda más documentación e investigación.

Es necesario poner especial atención en las necesidades higiénicas de las mujeres y las niñas. Durante el ciclo menstrual, sangre entrará en la orina y en las cámaras de las heces al usar las mujeres el sanitario separador de orina. Generalmente, la cantidad de sangre de la menstruación es pequeña en comparación con la cantidad de orina en el recipiente. La orina podría teñirse tenuemente de rojo, pero sus propiedades no cambian por la adición de sangre de la menstruación, esto no representa una amenaza para el proceso de higienización o de compostaje o para su futuro uso como fertilizante agrícola. Una cuestión de fondo es más la impresión de la orina cuando esta contiene sangre menstrual, que va relacionada directamente con el tema de la dignidad y el bienestar de los usuarios del sistema y del manejo de la orina.

ASPECTOS INSTITUCIONALES PARA EL USO AGRÍCOLA DE LA ORINA

El uso de las excretas humanas con frecuencia se queda fuera de los marcos regulatorios existentes. Esto es más evidente para la aplicación agrícola, donde los fertilizantes nuevos a menudo no están definidos en la legislación o en textos consultivos de muchos países. Un marco legal e institucional débil en muchos países dificulta la ejecución y el escalamiento de soluciones de saneamiento innovadoras. El siguiente texto da cierto soporte en el trabajo para establecer una estructura institucional para el uso de la orina en la producción agrícola.

ASPECTOS CLAVE PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UNA ESTRUCTURA INSTITUCIONAL PARA EL USO DE LA ORINA EN LA AGRICULTURA

Guía práctica:

Las siguientes actividades pueden contribuir a establecer una estructura institucional para la aplicación de la orina en la agricultura.

- Análisis de los interesados: Identificar las partes interesadas y aclarar los móviles y restricciones para cada uno en relación a la implementación del uso de la orina en la producción agrícola.
- Incluir y dirigirse a los agricultores en la planificación inicial.
- Organizar un espacio para la retroalimentación y la interacción entre las partes interesadas.
- Organizar las comunidades locales de modo que exista una estructura para la ejecución y una estructura de control.

Los aspectos institucionales incluyen como organizar un sistema. Esta organización se hace mediante la definición de roles, la creación de un marco legal, políticas e instituciones para gestionar el sistema. Los siguientes puntos indican actividades que son de importancia en la aplicación de una estructura institucional para el uso de la orina.

Identificar a las partes interesadas y aclarar los móviles y restricciones para cada interesado.

Existen muchos interesados en un sistema de saneamiento de reciclaje y es importante que las razones y las



Gráfico 29: Empresario de pequeña escala usando orina como fertilizante Foto:Linus Dagerskog, CREPA/SEI

restricciones de cada interesado se entiendan. Esto es especialmente importante para los agricultores, ya que son los principales interesados. Los agricultores son hombres de negocios y el sistema de reciclaje a menudo puede llegar a ser más sostenible si los agricultores también se involucran como los empresarios para la recolección y el manejo de los productos, ya que esto puede beneficiar su potencial de negocios.



Gráfico 30: Información sobre saneamiento productivo en Níger

Foto:Linus Dagerskog

Incluir a los agricultores en la planificación inicial

Cuando se planifican los sistemas de saneamiento, los agricultores no están frecuentemente involucrados desde el principio. Si se permite a los agricultores influir desde un inicio en la implementación de sistemas de saneamiento sostenibles, se pueden evitar problemas que de otro modo conllevan a la sub-optimización y a problemas económicos. Si los agricultores están involucrados desde un inicio, entonces por ejemplo, el almacenamiento y los sistemas de recolección pueden ser adaptados a las posibilidades y limitaciones de la comunidad agrícola.

Organizar un espacio para la retroalimentación y la interacción

También es importante que exista un espacio donde los diferentes actores del sistema se encuentren y comuniquen. Esto es especialmente significativo, ya que los sistemas son nuevos y por ende su potencial de mejora es grande. Un escenario donde los agricultores interesados puedan encontrarse con otros interesados dentro de los ámbitos del saneamiento, el medio ambiente, la planificación, la ejecución técnica, entre otros, es de vital importancia.

Cuadro 7: Caso de estudio, aspectos normativos del uso de la orina en la agricultura en Suecia

La legislación en Suecia contempla la idea de la reutilización de nutrientes, e incluye la sostenibilidad y protección del medio ambiente en diferentes partes de la legislación y de las políticas. El Código del Medio Ambiente (<http://www.naturvardsverket.se/en/In-English/Menu/Legislation-and-other-policy-instruments/The-Environmental-Code>), que data de 1999, contiene varias oportunidades para la aplicación de las tecnologías de saneamiento orientadas al circuito cerrado de nutrientes para el saneamiento en sitio en Suecia. El reciclaje y el uso eficiente de los recursos naturales son objetivos integrales del Código así como lo es el principio de precaución; de quien contamina paga y el concepto de "la mejor tecnología disponible". Estos principios no son, sin embargo, siempre aplicados por las autoridades ambientales locales cuando especifican los requerimientos para los sistemas de saneamiento in situ. De conformidad con el Código del Medio Ambiente, la orina se considera una fracción de los residuos domésticos y la responsabilidad de recolectarla y tratarla recae en el municipio. Esta circunstancia ha hecho que los departamentos municipales (a menudo los departamentos técnicos) responsables de los residuos sólidos en Suecia contemplen más de cerca su responsabilidad sobre la orina y las implicaciones de la recolección de la orina y su reutilización. La Ley de Planificación y Construcción da a los municipios la capacidad de decidir por sí solos sobre la ordenación del territorio y el desarrollo de infraestructura en la situación local, pero esto nunca ha sido usado para permitir tecnologías de ciclo cerrado para sistemas de aguas residuales.

En paralelo con el Código del Medio Ambiente, Normas de Calidad Ambiental Nacional se

establecieron en 1999 (<http://www.naturvardsverket.se/en/In-English/Menu/Legislation-and-other-policy-instruments/Environmental-quality-standards>). Las Políticas Suecas del Medio Ambiente se basan en dieciséis normas de calidad ambiental para diferentes áreas. Estas describen que calidad y estado del medio ambiente debe existir para ser sostenibles a largo plazo. La recirculación de los recursos naturales (incluyendo los nutrientes) está incluida y una de las metas establece que para el año 2015 al menos el 60% de los compuestos de fósforo presentes en las aguas residuales deben ser recuperados para su uso en las tierras productivas, de los cuales la mitad debe ser devuelta a la tierra cultivable ¹. Otro ejemplo de la incorporación de reciclaje de nutrientes es la revisión de los estatutos del uso agrícola de los lodos residuales, emitida por la Agencia Protección del Medio Ambiente de Suecia en 1995, que también normará el uso de la orina humana en la agricultura, así como otras fracciones de las aguas residuales. Se espera que la propuesta se decida en el año 2010. Los antecedentes de la propuesta de estatutos así como también los antecedentes de la meta del 60% de fósforo recuperado se describen en Kvarnström et al. (2002).

En conclusión existe un ambiente legislativo propicio para el reciclaje y la reutilización de los nutrientes de los sistemas de saneamiento en Suecia. Lo que falta son los incentivos económicos que podrían liberar el mercado del saneamiento in situ, e integrar los aspectos de reutilización en la planificación de la estrategia municipal.

¹ <http://www.miljomal.nu/Environmental-Objectives-Portal/>

Organizar a las comunidades locales de modo que exista una estructura para la implementación y una estructura de control.

El gobierno local tiene un rol principal como agente facilitador y normativo, encontrando maneras de promover la innovación mientras mantiene a los proveedores de servicios comprometidos y logra un cierto grado de protección para el medio ambiente y para la salud.

MARCO NORMATIVO

Guía práctica:

Las actividades clave para establecer un marco normativo que permita y facilite el uso de la orina en la producción agrícola son:

- Establecer el uso de las excretas en los textos legislativos locales, regionales y nacionales de salud, saneamiento, medio ambiente y agricultura.
- Establecer la terminología correcta sobre el uso de las excretas en los textos normativos.
- Invitar a los legisladores a nivel local, regional y nacional para discutir la cuestión de la reutilización de las excretas de los sistemas sanitarios.
- Empezar a trabajar en el establecimiento de políticas y metas relacionadas con el uso de excretas a nivel local, regional y nacional.

El marco normativo a menudo no está bien desarrollado en lo relacionado con la ejecución de sistemas para el reciclaje de los nutrientes de los sistemas de saneamiento. Frecuentemente el interrogante podría ser, si existe algo que expresamente prohíba el uso de la orina en la producción de cultivos, como es el caso de Alemania, o si el uso simplemente no está normado y por lo tanto es posible. Idealmente, un marco normativo facilita la recirculación de los nutrientes de los sistemas de saneamiento y establece objetivos para el medio ambiente o la salud que la utilización de la orina en la producción agrícola puede ayudar a cumplir.

USO DE LA ORINA EN LA AGRICULTURA ORGÁNICA

La orina es un fertilizante ideal para la producción ecológica, donde los fertilizantes minerales sintéticos no están permitidos. Sin embargo, hay ciertas barreras al uso de la orina en los sistemas productivos cuando se usa el etiquetado para la producción ecológica. Estas barreras se expresan por ejemplo en la normativa de la

Unión Europea. La agricultura ecológica se rige por el Reglamento de la Unión Europea (CEE) N° 2092/91 que se aplica para toda la agricultura orgánica europea certificada. El presente Reglamento regula, entre otras cosas las entradas permitidas en la agricultura ecológica. La orina humana no está actualmente incluida como un fertilizante en el reglamento de la UE lo cual dificulta a los agricultores orgánicos en Europa o que exportan a un mercado europeo el uso de la orina humana. El Organismo de Certificación para la Agricultura Orgánica de Suecia (KRAV) ha logrado una exención para un agricultor, que tiene un sistema de circuito cerrado donde los nutrientes se reciclan y los productos se entregan en la misma comunidad, sobre la base de la suposición de que si existe una proximidad entre la comunidad y el agricultor, el riesgo de contaminación o prácticas insostenibles será reducido.

La Federación Internacional de Movimientos de Agricultura Orgánica, IFOAM, indica que las excretas humanas separadas en la fuente, que son controladas por contaminación no deben ser aplicadas directamente en las partes comestibles de las plantas. Adicionalmente, existe una restricción en el uso de las excretas humanas en los cultivos de alimentos, pero se pueden hacer excepciones donde requisitos detallados de saneamiento están establecidos por la organización reguladora para prevenir la transmisión de patógenos. (http://www.ifoam.org/about_ifoam/standards/norms/norm_documents_library/Norms_ENG_V4_20090113.pdf).

EXPERIMENTOS DE CULTIVOS APLICANDO ORINA COMO FERTILIZANTE

Guía práctica:

Se debe empezar experimentos de cultivos a nivel local con el fin de establecer el uso de la orina como fertilizante en la comunidad agrícola local. El nivel de experimentación puede ir desde los ensayos de demostración simple hasta una investigación científica rigurosa. En cualquier caso, los experimentos demostrativos deberían ser iniciados en un lugar que sea de fácil acceso a los agricultores y a los propietarios de las viviendas.

Al planear un experimento de fertilización de cultivos la primera y más importante pregunta a definir es el objetivo del experimento. La respuesta a esta pregunta influye decisivamente en la forma de planificación del experimento, sus costos y complejidad. Si la respuesta es que el resultado deseado es un mayor conocimiento entre la población local, se puede aplicar un ensayo de demostración simple que muestre los rendimientos con la orina, con el fertilizante mineral y sin fertilizante. Si la respuesta es un mayor conocimiento en la comunidad agrícola y para los profesionales de extensión, es necesario un experimento más amplio que permita realizar análisis estadísticos. En las secciones siguientes se describe diferentes estrategias para incrementar el conocimiento sobre los sistemas de cultivo donde la orina se utiliza como fertilizante.

EXPERIMENTOS DE DEMOSTRACIÓN

Los experimentos de demostración son herramientas muy útiles y flexibles, ya que son económicos, rápidos y fáciles de configurar. Pueden ser pequeños experimentos en macetas o grandes experimentos de campo. A menudo una buena idea es establecer pequeños ensayos de demostración a las afueras de las puertas de ingreso de la oficina de extensión, en las escuelas u otros lugares en el centro de la población donde se puede llegar a muchas personas. No existe necesidad de realizar repeticiones y la necesidad de documentación es pequeña. Pero es bueno si los resultados son claramente visibles y por lo tanto el nivel de fertilización de preferencia debe ser grande y el factor de agua debe estar bien controlado.

Las fotos a continuación muestran experimentos en macetas de Peter Morgan realizados en Zimbabue y experimentos de campo en Ruanda.

EXPERIMENTOS CONTROLADOS PARA PROBAR EL POTENCIAL DE FERTILIZACIÓN

En esta clase de experimentos, deben ser controlados tantos factores como sea posible, por ejemplo, la cantidad de agua, las malas hierbas, insectos, hongos e incluso probablemente el clima, y el cultivo debe establecerse de manera óptima. Estos experimentos pueden ser hechos a escala muy pequeña, en maceta o escala de laboratorio, y a menudo dan buenos resultados, repetibles y confiables.



Gráfico 31: Acelga fertilizada con orina (izquierda) y sin fertilizante (derecha) Foto: Peter Morgan



Gráfico 32: Ensayos de campo de Níger. A la derecha, mijo fertilizado con orina

Foto: Linus Dagerskog

Debido a su escala pequeña, este tipo de experimento es en realidad el más barato para obtener resultados reproducibles y confiables. Para obtener resultados estadísticamente significativos y concluyentes varias repeticiones deben ser realizadas, las cuales por la escala pequeña frecuentemente son bastante fáciles y baratas.

La ventaja de esta clase de experimentos bien controlados es que la variación entre años es pequeña incluso si se realiza al aire libre. Esto significa que después de sólo una temporada experimental los resultados pueden ser bastante representativos. Otra ventaja que este tipo de experimentos muestra es todo el potencial fertilizante de la orina para el cultivo en cuestión. Una desventaja, sin embargo, es que este potencial no podría presentar el efecto fertilizante que el agricultor experimentará en una situación real.

EXPERIMENTOS CONTROLADOS PARA PROBAR EL EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN EN LA VIDA REAL

Este tipo de experimento es mucho más objetivo, ya que en las parcelas experimentales se siguen los mismos procedimientos para el manejo de cultivo que aplican los agricultores. Esto significa que si el año es muy seco y el cultivo no es regado, entonces el cultivo puede sufrir severamente y el efecto de la fertilización puede ser insignificante, ya que el agua es el factor que determina el rendimiento. Del mismo modo, otros años pueden ser malas hierbas, hongos o insectos, los que influyen decisivamente en el rendimiento del cultivo. Estos experimentos son a menudo participativos y se desarrollan en granjas. Las repeticiones con el fin de llevar análisis estadísticos aumenta la posibilidad de sacar conclusiones de este tipo de investigación, pero frecuentemente es un reto asegurarse de que el tratamiento es el mismo en las granjas involucradas.

Esta clase de experimento tiene la ventaja de que sus resultados son mucho más realistas y más fácilmente transferidos, y ampliados por los agricultores que los experimentos completamente controlados descritos anteriormente. Este, sin embargo, tiene la desventaja de que los resultados de rendimiento son muy influenciados por el clima y la temporada, que varían entre años. Esto significa que para estar bastante seguro de obtener resultados de tipo representativo es necesario realizar como mínimo 3 años y de preferencia de 4 a 5 años de experimentos en los cultivos.

PLANTACIÓN Y LOS EXPERIMENTOS DE ROTACIÓN DE CULTIVOS

Este es el tipo de experimento más complejo, realista, difícil y costoso. Mientras que los otros dos tipos de experimentos anteriores generalmente se enfocan en un solo cultivo a la vez, en este tipo de experimento, la gama completa de cultivos que usualmente son plantados por un agricultor cada año se incluyen en el experimento, y se evalúa el efecto de fertilizar estos cultivos sobre la economía de la granja. Esta es una clase de experimento de gran relevancia, especialmente bajo condiciones de cultivo marginales, pero estos experimentos demandan muchos recursos, ya que incluyen varios tipos de cultivos y necesitan ser repetidos por lo menos de 3 a 5 años.

CONSIDERACIONES ESTADÍSTICAS

Para todos los tipos de experimentos de cultivos controlados (no incluidos los ensayos de demostración), las parcelas experimentales deben ser tan uniformes como sea posible, pero aún así, la comparación entre los tratamientos se debe repetir varias veces, de ser posible 3 a 5 veces en el mismo campo. El orden de los tratamientos debe ser aleatorio dentro de cada repetición.

Tabla 18: Ejemplo de diseño experimental

Repetición 1	T4	T3	T2	T5	T1
Repetición 2	T4	T1	T2	T3	T5
Repetición 3	T2	T1	T3	T5	T4
Repetición 4	T1	T5	T4	T2	T3

En la tabla 18, 4 repeticiones con 5 tratamientos (T1 a T5) en orden aleatorio en cada repetición se muestran en un esquema experimental simplificado. Mientras que todos los bloques deben ser tratados de acuerdo a lo planeado, es sólo la cosecha de la zona central la que debe ser medida e influirá en los resultados, con el fin de reducir al mínimo los efectos de borde de las parcelas pequeñas.

DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El volumen de los resultados publicados de los proyectos donde la orina se ha aplicado como fertilizante está

creciendo rápidamente. Sin embargo, existen numerosos vacíos de conocimiento, y por lo tanto es importante sacar provecho de la experimentación que se realiza mediante la publicación de resultados en foros que lleguen al mayor número posible de profesionales. Es muy importante llegar no solamente a los profesionales de la agricultura, sino también a los profesionales del saneamiento, la sociología, el medio ambiente, entre otros, así como al público en general y a los grupos objetivos locales.

HERRAMIENTAS DE CÁLCULO BASADAS EN LA WEB

Una sencilla herramienta basada en Excel ha sido desarrollada para el cálculo de las cantidades recolectadas, así como el contenido de nutrientes y valor. La herramienta está disponible en <http://www.sanergy-net.de/pages/nucal.php>. Herramientas similares pueden ser desarrolladas para el nivel de extensión con el fin de obtener una visión del potencial de reutilización de nutrientes cuando la orina se usa como fertilizante.

Un sencillo calculador ha sido creado (2010) para suministrar información sobre el aumento de productividad del cultivo debido al uso de la orina tratada (*Takin Ruwa*) como fertilizante en comparación con el no fertilizado,

para mijo en Níger <http://www.ecosanres.org/aguie/model.htm>. El modelo está desarrollado en Excel. El modelo requiere de dos variables de entrada para funcionar. Las variables de entrada son una combinación del número de personas, la cantidad de orina, el área de cultivo y la dosis de aplicación. Usando estas variables de entrada, el modelo calcula la productividad potencial del cultivo para el mijo. Los resultados se dan en dos grupos, uno para el mijo sin fertilizar y otro para el mijo fertilizado con *Takin Ruwa*. Se dan la productividad del cultivo y el rendimiento, incluyendo un rango que se basa en la desviación estándar de los datos de origen.

Niger Crop Model for Millet

Click here to begin! >>

Variable 1

Variable 2

Optional Data

Market Value of Takin Ruwa	<input type="text" value="35"/>	USD/litre
Cost of Urea fertilizer	<input type="text" value="35"/>	USD/50 kg bag
Market Price for Millet	<input type="text" value="153"/>	USD/tonne

Suggested Values

<< 30 - 40

153

Number of people - enter value as number of people
(For example, the 2009 population of Niger is 15,290,000)

Amount of urine - enter quantity of Takin Ruwa (urine) in litres

Cropping area - enter area in hectares
(For example, the arable land of Niger is 14,720,000 ha in 2007)

Rate of application - enter Takin Ruwa (urine) in litres per hectare
(For rate, maximum value is 10,000 litres/ha - model limitation!)
(Suggested Millet price is 2007 FAOStat price)

Climate normal: base climate of average year
Climate wet: +2 °C and +10% prec
Climate dry: -2 °C and -10% prec

Ranges are based on the standard deviation from the model.

Input Data

Number of People	people
Cropping Area	hectares
Amount of Urine	litres
Rate of application	litres per hectare

Millet - no fertilizer

Climate	Normal	Wet	Dry
Crop Productivity (ton/ha)			
Crop Productivity Range (+/- ton/ha)			
Yield (tonnes)			
Yield Range (+/- tonnes)			

Millet - Takin Ruwa (Urine) Fertilizer

Climate	Normal	Wet	Dry
Crop Productivity (ton/ha)			
Crop Productivity Range (+/- ton/ha)			
Yield (tonnes)			
Yield Range (+/- tonnes)			

Optional Outputs - Value and Savings of using Takin Ruwa

Climate	Normal	Wet	Dry
Crop Productivity Improvement (%)			
Crop Productivity Improvement (tonnes)			
Value of Productivity Improvement (US\$)			
Cost for equivalent amount of Urea (US\$)			
Surplus Takin Ruwa (litres)			
Market Value of Surplus Takin Ruwa (US\$)			

Gráfico 33: Ejemplo de la hoja de cálculo de Ague para proporcionar información sobre el incremento de la productividad de los cultivos aplicando orina tratada.

AP-Ague 2009

PARTE 2 · CÓMO DESARROLLAR LAS DIRECTRICES LOCALES

La información dada en este libro debe ser traducida o adaptada a las respectivas condiciones locales con el fin de que se pueda implementar en el contexto local. El presente capítulo proporciona algunas recomendaciones sobre cómo las directrices locales pueden ser desarrolladas y estructuradas y resume los factores más importantes que influyen directa o indirectamente en las actividades agrícolas relacionadas con el uso de la orina. No todos los aspectos mencionados necesariamente tienen que estar incluidos en la versión final de la directriz a nivel local y los expertos locales tienen la decisión final de lo que debe ser incluido. Sin embargo, los aspectos listados delimitan el marco de lo que generalmente debe ser considerado para una adaptación local exitosa. En los anexos se presentan ejemplos de directrices locales para el uso de la orina en la producción de cultivos.

El objetivo principal de la directriz local como se presenta en este texto es convertirse en una herramienta de apoyo nacional, regional o local que esté claramente dirigida a los trabajadores de extensión agrícolas y no a los granjeros. Para el nivel de los granjeros con frecuencia se necesita algo más simple, que puede ser realizado por los trabajadores de extensión sobre la base de las directrices locales desarrolladas con estas instrucciones.

EL ENFOQUE DE SANEAMIENTO PRODUCTIVO

Una comprensión general del concepto de saneamiento productivo orientado a la reutilización es un prerrequisito para una ejecución local exitosa. Si el concepto es bien conocido no se necesita una explicación adicional. De otro modo, una corta introducción sobre el enfoque de saneamiento sostenible orientado a la reutilización, el vínculo entre saneamiento y agricultura, las limitaciones globales en la producción de fertilizantes sintéticos, el valor del recurso de la orina y su potencial productivo deberían incluirse antes de más recomendaciones orientadas a la práctica.

Vínculos a más información:

- SuSanA GT 05 hoja de datos (seguridad alimentaria): <http://www.susana.org/images/documents/05-working-groups/wg05/en-wg5-factsheet-2008-05-28.pdf>

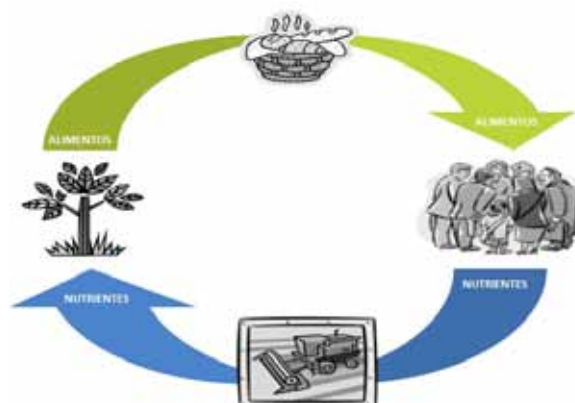


Gráfico 34: Cerrando el ciclo

SuSanA documento de visión I ('hacia soluciones más sostenibles de saneamiento'): <http://www.susana.org/images/documents/04-meetings/side-events/2009-singapore/01-en-panesar-introduction-susana-wts-singapore-2009.pdf>

CONDICIONES LOCALES DEL SITIO

Aunque las personas que trabajan en la agricultura generalmente conocen muy bien cómo son sus condiciones locales de clima, suelo y agua respectivas, podría ser relevante incluir un capítulo que se centre específicamente en cómo esto influye en el uso de la orina.

Condiciones climáticas

Información sobre la región climática, temperatura, régimen de precipitaciones, humedad y detalles específicos de la temporada. Por ejemplo, en regiones áridas con poca precipitación y altas temperaturas la evaporación podría ser muy alta o en áreas tropicales con alta precipitación, se recomienda aplicar la orina con mayor frecuencia en pequeñas dosis.

Situación del agua

Información general sobre la disponibilidad, las fuentes y la contaminación potencial del agua que se utiliza para el riego de las plantas. Si la información no está disponible a nivel local la situación del agua debe ser descrita al menos cualitativamente.

Condiciones del suelo

Información básica sobre la calidad del suelo y las condiciones generales del suelo que influyen en las actividades agrícolas previstas. Esto incluye el tipo y textura del suelo (por ejemplo, si el suelo es más arenoso se necesita una fertilización más frecuente), el pH del suelo (acidez y alcalinidad que afecta a la disponibilidad de nutrientes en el suelo), así como el contenido de materia orgánica (el efecto de fertilización de la orina disminuye en suelos con un bajo contenido de materia orgánica) y salinidad (por ejemplo, si el suelo es salino material orgánico puede ser añadido como un amortiguador o se necesita añadir más agua). En muchos casos esta información está disponible localmente. En cualquier caso, buenas prácticas agrícolas deben ser observadas con el fin de mantener la fertilidad del suelo.

NECESIDADES DE LAS PLANTAS Y EL CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LA ORINA

Esta sección de la guía local da instrucciones sobre el tipo de cultivos, las necesidades de nutrientes, la necesidad de orina como fertilizante y los beneficios de usar orina como fertilizante. La sección sobre los beneficios es especialmente importante, y puede ser usada como un texto de promoción no sólo para personal de extensión agrícola.

Tipo de cultivos

El tipo de cultivo(s) determina el sistema de producción, las necesidades de suelo, así como la cantidad de nutrientes y el agua necesaria para el crecimiento óptimo de las plantas. Si se utiliza únicamente orina como fertilizante, se recomienda dar prioridad a los cultivos que tienen alto valor y responden bien al nitrógeno (por ejemplo, maíz, espinaca).

Necesidades de nutrientes de las plantas

Demanda de principales macronutrientes (N, P, K) requeridos para el crecimiento óptimo de las plantas y los resultados de la cosecha. Se determinará la cantidad de orina (en función del contenido de nutrientes local respectivo) que debe ser aplicada durante la temporada de siembra.

Densidad de cultivo y distancia

Número recomendado de plantas por área y la distancia entre los cultivos que afecta a la productividad del área y determina el grado de competencia entre las plantas.

Cantidad de orina producida

La cantidad total de orina estimada que puede ser usada para la producción de cultivos debe ser presentada ya que afecta directamente el tamaño del área que puede ser fertilizada y el valor potencial para los agricultores. Dependiendo de la cantidad de agua bebida y de las condiciones climáticas un adulto produce alrededor de 1 a 1,5 litros de orina al día. Se debe tomar en cuenta que sólo una parte de esta cantidad puede ser recogida (por ejemplo, se utilizan otra clase de sanitarios o no se utilizan sanitarios durante el día, los hábitos locales de orinar en la ducha, etc.)

Contenido de nutrientes en la orina

Contenido de macro y micronutrientes en la orina humana que determina la cantidad de orina que se aplicará a las plantas. Si no se dispone de información local las siguientes cantidades promedio de los principales macronutrientes pueden ser asumidas para los siguientes países:

Tabla 19: Suministro de alimentos (cultivos de materia prima) en los distintos países en el año 2000 FAO 2003

	Nitrógeno (kg/cap.a)	Fósforo (kg/ cap.a)	Potasio (kg/cap.a)
China	3,5	0,4	1,3
Haití	1,9	0,2	0,9
India	2,3	0,3	1,1
Sudáfrica	3,0	0,3	1,2
Uganda	2,2	0,3	1,0
Suecia	4,0	0,4	1,0

Valor de la orina como fertilizante

El valor monetario de los nutrientes en la orina puede ser calculado mediante la determinación del fertilizante sintético equivalente de los macronutrientes básicos (N, P, K) en la orina por el precio local actual del fertilizante sintético. Para que sea más expresivo e impresionante el potencial de la utilización de la orina se puede ilustrar con esta cifra multiplicada por el número de miembros del hogar o incluso por toda la población.

Valor del incremento de la producción que puede ser atribuido a la aplicación de la orina

El valor de la reutilización de la orina en la producción agrícola es mucho mayor que el mero valor de los nutrientes contenidos en ella. El aumento en la producción que puede ser atribuido a la aplicación de la orina rica en nutrientes en comparación con la no aplicación de fertilizantes puede establecer un precedente para la reutilización de recursos en la agricultura. Los datos se basarán en ensayos de campo locales en caso de existir a disposición.

RECOMENDACIONES DE APLICACIÓN

Tasa de aplicación

Cantidad de orina que debe ser aplicada por temporada de cultivo. Debido a su alto contenido de nitrógeno, la orina debe ser aplicada a una tasa correspondiente a las necesidades de nitrógeno de las plantas. Un punto de partida para estimar la tasa de aplicación de la orina son las recomendaciones locales para el uso de los fertilizantes minerales de nitrógeno disponibles en el mercado (urea o fertilizantes de amonio). Si estas recomendaciones para los cultivos y regiones están disponibles, la cantidad de orina requerida puede ser calculada mediante el uso de la información local respectiva del contenido de nutrientes en la orina. Otra opción es volver a calcular la cantidad de orina necesaria partiendo de la cantidad estimada de nutrientes extraídos por los cultivos en la cosecha. Sin embargo, mucha de esta información probablemente no esté disponible, particularmente en los hogares a pequeña escala. En este caso, se recomienda realizar experimentos antes de la implementación para obtener experiencia en los niveles apropiados de aplicación. La mayoría de agricultores de todos modos pronto tendrá una idea de la cantidad correcta de orina que se necesita para el crecimiento óptimo de las plantas.

Dilución

La orina puede ser aplicada pura o diluida con agua y se sugerirá la proporción adecuada de la dilución (o no dilución, respectivamente), dependiendo de las condiciones locales. No hay una recomendación estándar para la dilución o no dilución y las recomendaciones existentes varían ampliamente dependiendo de las condiciones locales. La dilución incrementa el volumen a ser aplicado y por lo tanto aumenta la mano de obra, los gastos de transporte, el equipo necesario, etc., particularmente en los sistemas a gran escala. Las ventajas de la dilución son: una reducción notable del olor y un menor riesgo de aplicación excesiva, a fin de no volverse tóxico para las plantas. Los pros y contras deben ser sopesados adecuadamente. Los niveles de dilución pueden

variar entre 1:15 (1 parte de orina a 15 partes de agua) y 1:1. Las proporciones de dilución más comunes son 1:3 o 1:5. Sin embargo, la orina debe ser aplicada siempre en la tasa correspondiente a la tasa de aplicación deseada de nitrógeno, mientras que el agua adicional debe ser aplicada de acuerdo a las necesidades de riego de las plantas.

Tiempo de aplicación

Las recomendaciones sobre cuándo y con qué frecuencia se debe aplicar la orina deben ser dadas idealmente en un cronograma de fácil comprensión. Una buena disponibilidad de nutrientes es especialmente importante en las primeras etapas de cultivo. Una vez que el cultivo entra en su etapa reproductiva difícilmente absorbe más nutrientes. Como regla general, la fertilización debe suspenderse entre 2/3 y 3/4 del tiempo entre la siembra y la cosecha. Un período de espera de un mes entre la fertilización y la cosecha, debe cumplirse siempre. En lo que se refiere al riesgo de pérdida de nutrientes por lixiviación, particularmente en regiones con altas precipitaciones durante la época de cultivo, aplicaciones repetidas de orina pueden ser un seguro contra la pérdida de todos los nutrientes en un evento de lluvia. La cantidad total de orina a ser aplicada y si es preferible aplicarla una o varias veces depende también de la necesidad de nitrógeno de la planta y del tamaño de la raíz. El tamaño de las raíces varía mucho entre los diferentes cultivos y las plantas con sistemas radiculares ineficientes o pequeños (por ejemplo, zanahorias, cebolla y lechuga) pueden beneficiarse de la aplicación repetida de orina.

Técnicas de aplicación

Se debe dar recomendaciones detalladas de cómo se debe aplicar la orina. Para obtener un mejor efecto fertilizante y evitar pérdidas de amoníaco, la orina debe ser incorporada en el suelo tan pronto como sea posible luego de su aplicación, instantáneamente de ser posible. Una incorporación superficial es suficiente, y existen diferentes métodos. Uno es aplicar la orina en pequeños surcos que serán cubiertos después de la aplicación. Otra opción es lavar los nutrientes en el suelo con la posterior aplicación de agua. Cuando se esparce la orina, no se debe aplicar en las hojas u otras partes de las plantas, ya que esto puede ocasionar quemaduras foliares. Se debe evitar rociar la orina en el aire debido al riesgo de pérdida de nitrógeno a través de emisiones de gases de amoníaco y al riesgo higiénico por los aerosoles. El riego por goteo de orina es otra técnica de aplicación posible. Sin embargo, cuando se utiliza esta técnica, se debe tomar medidas para evitar el taponamiento de los emisores. Algunas plantas (por ejemplo, los tomates) en sus primeras etapas son sensibles a que sus raíces estén expuestas a la orina, mientras que muchos cultivos no presentan efectos negativos. Por lo

tanto, antes de que se conozca la sensibilidad de un cultivo, es aconsejable no exponer simultáneamente todas las raíces de la planta a la orina, ya sea pura o diluida. En lugar de esto, la orina puede ser aplicada ya sea antes de la siembra o a cierta distancia de las plantas de modo que los nutrientes estén al alcance de las raíces. Para plantas anuales esta distancia puede ser de unos 10 cm.

Aplicación combinada

La orina es una fuente valiosa de nutrientes (particularmente de N), pero debido a su alto contenido de N en comparación con el bajo contenido de materia orgánica es a menudo recomendable complementar la aplicación de orina con otros nutrientes y fuentes de materia orgánica. La fuente más evidente que puede ser recomendada sería, por supuesto, las heces separadas en el origen debido a su alto contenido de materia orgánica y altas concentraciones de P y K dado el caso de que sean aceptadas por los usuarios y los riesgos asociados para la salud sean manejados adecuadamente. Otra fuente de materia orgánica puede ser humus / compost que pueden ser aplicados antes del tiempo de siembra. Si la demanda de P y K de las plantas no puede ser cubierta con la orina solamente otros fertilizantes minerales ricos en P y K pueden ser una buena solución complementaria.

GESTIÓN DE RIESGOS

Riesgos para la salud

Los riesgos para la salud asociados con el uso de orina humana en la producción de cultivos son generalmente bajos. El objetivo de una sección sobre los riesgos para

la salud es presentar información fidedigna sobre como minimizar los riesgos para la salud al usar orina como fertilizante. Los grupos que están expuestos a los riesgos son: el personal de recolección, los trabajadores de campo, los hogares, las comunidades locales y los consumidores del producto. En lo relacionado a otras sustancias contaminantes en la orina humana (metales pesados, hormonas y productos farmacéuticos) los posibles riesgos para la salud son mucho menores que los relacionados con el sistema de saneamiento convencional y el riesgo de efectos negativos sobre la cantidad y calidad en los cultivos es insignificante.

Estrategia de barreras múltiples de la OMS

En las guías locales podría ser relevante mencionar que, la OMS ha presentado directrices internacionales sobre el uso de la orina en la agricultura. Las “Directrices de la OMS para el uso seguro de aguas residuales, excretas y el uso de aguas grises en la agricultura y la acuicultura (2006)” promueven una estrategia flexible de barreras múltiples para la gestión de los riesgos para la salud asociados con el uso de las excretas en la agricultura. Este concepto comprende una serie de medidas y barreras desde “el sanitario a la mesa”. Cada una de las barreras tiene el potencial de reducir los riesgos para la salud asociados con el uso de la excreta y es recomendado por la OMS poner en práctica varias de estas barreras de ser necesario con el fin de reducir los riesgos para la salud a un mínimo aceptable. Las directrices locales deberían presentar entonces barreras que sean relevantes en el contexto local, vea la sección en la Parte 1 de este libro. Para obtener más información, visite la página web de la OMS: http://www.who.int/water_sanitation_health.

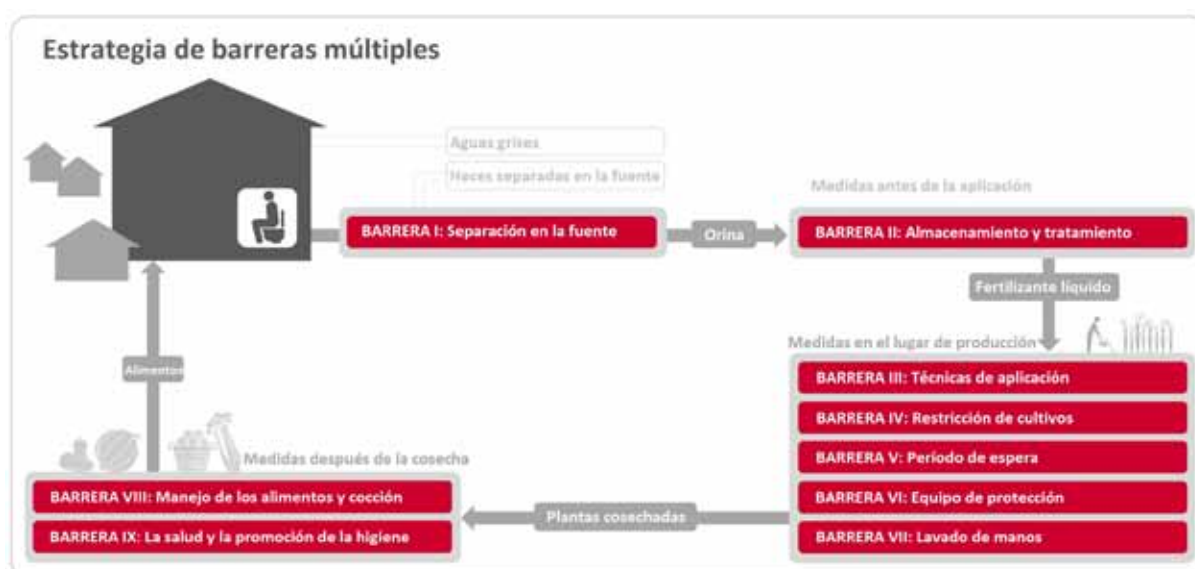


Gráfico 35: Estrategia de barreras para el uso seguro de la orina como fertilizante

Barrera I: Separación en la fuente

La separación en la fuente es una barrera eficaz para la reducción de riesgos en comparación con el sistema de alcantarillado combinado. Un objetivo clave de la recolección de orina es minimizar la contaminación fecal cruzada.

Barrera II: Almacenamiento y tratamiento

Se recomienda que antes de la aplicación la orina sea tratada con el fin de higienizarla y reducir los riesgos microbianos para la salud. El almacenamiento a temperatura ambiental es considerado una opción de tratamiento válida. Los tiempos de almacenamiento recomendados varían dependiendo del tipo de sistema. Esto también se aplica para climas fríos ya que la temperatura es un factor que determina en la mortandad. Como regla general: Mientras más largo sea el almacenamiento, mejor.

La orina debe ser almacenada en recipientes cerrados para evitar el contacto directo de personas y animales con la orina. La orina no debe ser diluida durante su almacenamiento, para proveer un medio ambiente más severo para los microorganismos e incrementar la tasa de mortandad de los patógenos.

Barrera III: Técnicas de aplicación

Debe recomendarse siempre la aplicación de la orina cerca del suelo. Esto reduce el contacto directo con las partes comestibles de las plantas. Por ejemplo – no se debe aplicar la orina con la regadera en las partes comestibles u hojas de las hortalizas. La orina debe incorporarse en el suelo ya sea mecánicamente o seguida de riego con agua. Si la orina se aplica antes o durante la siembra una mortandad adicional de los patógenos restantes ocurrirá y por tanto el riesgo disminuirá.

Barrera IV: Restricción de cultivos

Cuando se usa orina tratada no es necesario aplicar restricciones de cultivos en particular. Sin embargo, como una medida de seguridad adicional, la utilización de la orina debe restringirse a cultivos no alimentarios (por ejemplo, algodón), cultivos que son procesados (por ejemplo, trigo) o cocidos antes de su consumo (por ejemplo, patatas), así como a los cultivos y árboles que permiten una distancia mínima entre el suelo y la parte del cultivo a ser cosechada. En general se puede aseverar que cuanto más largo sea el tiempo entre la aplicación y la cosecha, existe menos riesgo. Así, para los cultivos de ciclo corto, como la espinaca, cultivos de ensaladas y el rábano el riesgo será mayor, y el tratamiento previo debe ser mejor, pero en caso de las piñas (tiempo de rotación 1 a 2 años), por ejemplo, no existe riesgo por la orina.

Barrera V: Período de espera

Un período de espera de un mes entre la última aplicación de la orina y la cosecha es una barrera que da tiempo para la mortandad de los patógenos, y es siempre recomendado.

Barrera VI: Equipo de protección

Aunque no existe un riesgo alto asociado con la orina tratada, se recomienda de ser posible que los trabajadores de campo agrícola usen ropa de protección apropiada (zapatos y guantes) como una barrera efectiva adicional para reducir los riesgos potenciales para la salud.

Barrera VII: Lavarse las manos con jabón después de manipular la orina

Lavarse las manos con jabón después de manipular la orina puede ser considerado como una barrera adicional en el sistema. Prácticas básicas de higiene y salud recomendadas, como lavarse las manos después de usar el sanitario y antes de las comidas, deben cumplirse siempre.

Barrera VIII: Manejo de los alimentos y cocción

Siempre se debe lavar los cultivos cosechados antes de su consumo. Cocer o pelar las frutas y hortalizas es otra medida eficaz para reducir considerablemente los riesgos para la salud (reducción de patógenos entre 2 y 6 unidades logarítmicas)

Barrera IX: La salud y la promoción de la higiene

Se debe efectuar una educación y promoción de higiene efectiva con el fin de informar a los productores locales y comerciantes de alimentos (en los mercados, restaurantes, hogares y quioscos de comida) cómo y por qué deben lavar los productos fertilizados con orina.

Sistemas de manejo

Se debe informar los detalles de los componentes de uso local de recolección, tratamiento y transporte del sistema de saneamiento.

Experimentos demostrativos y estrategia de difusión

Información debe ser tomada y resumida de la experimentación local y del capítulo genérico.

PARTE 3 – EJEMPLO DE UNA DIRECTRIZ LOCAL

DIRECTRIZ PARA LA APLICACIÓN DE LA ORINA HIGIENIZADA (TAKIN RUWA) EN LAS CONDICIONES AGRÍCOLAS DE NÍGER

Abril 2010

RESUMEN

1 Introducción

2 Objetivo

3 El potencial de la orina humana como un fertilizante

- 3.1 Cantidad de fertilizantes excretados por los seres humanos
- 3.2 Características de la orina como un fertilizante

4 Recolección de la orina

5 Modo de aplicar Takin Ruwa (orina higienizada)

- 5.1 Material de aplicación
- 5.2 Aplicación a los cultivos con espaciamiento entre las plantas
- 5.3 Aplicación a los cultivos plantados densamente
- 5.4 Árboles frutales

6 Aplicación de la orina higienizada (Takin Ruwa) - Períodos recomendados y dosis para los diferentes cultivos

7 Medidas de seguridad

8 Bibliografía

Prefacio

Esta directriz fue elaborada dentro del proyecto “Saneamiento Productivo – Aguié” que fue ejecutado de octubre de 2008 a febrero de 2010. El proyecto fue financiado principalmente por el FIDA. CREPA, PPILDA y SEI han sido socios del proyecto durante la fase de ejecución.

Esta directriz fue elaborada por el profesor Moussa Baragé, consultor independiente, en colaboración con SEI. Está dirigida a agentes de extensión agrícola así como a otras personas y organizaciones interesadas en las posibilidades de reutilización de la orina humana como fertilizante en el contexto de Níger.



Gráfico 36: Urinarios

Varios urinarios simples que permiten la recolección de la orina. Las tres fotos de la izquierda muestran el “bidur” (bidón con orina). Está hecho de un bidón, un embudo y una bombilla de luz que evita los malos olores y las pérdidas de nitrógeno. El urinario puede estar sobre el suelo o enterrado de acuerdo a las preferencias.



Gráfico 37: Letrinas

Durante la defecación, únicamente la orina se canaliza hacia el recipiente (bidón) fuera del sanitario. La separación facilita el tratamiento y reduce los problemas con los malos olores y las moscas en los sanitarios.

EXTRACTOS DE LA DIRECTRIZ

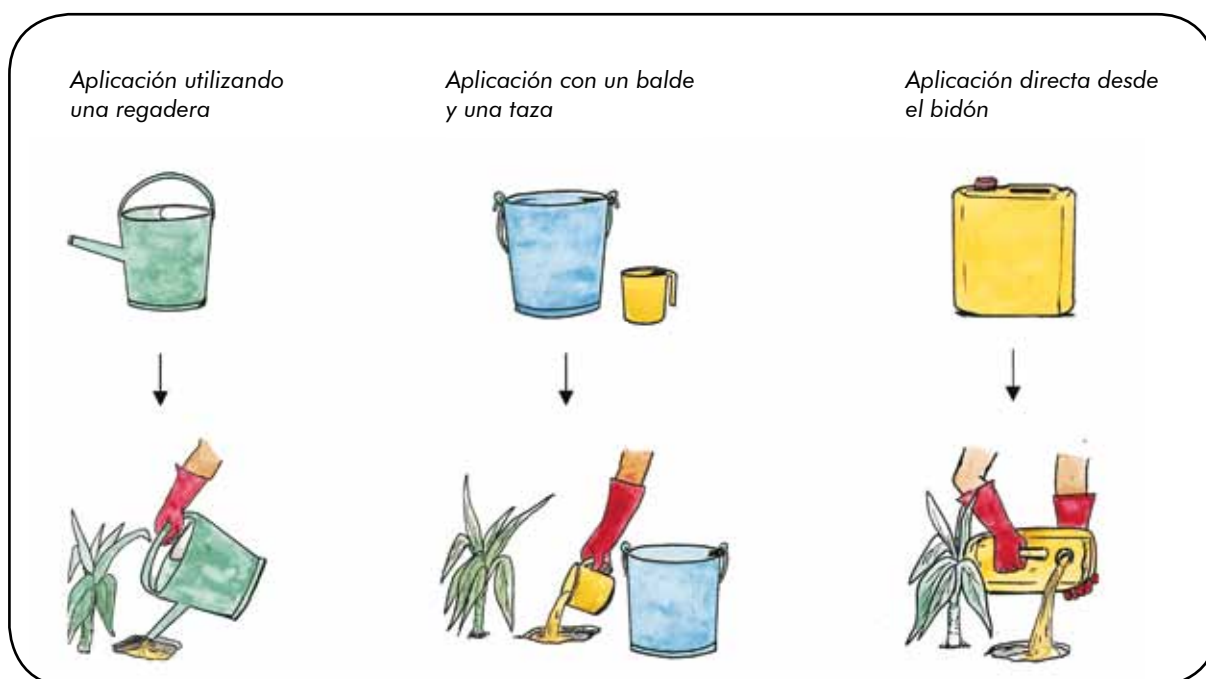
Recolección de orina

La orina es fácil de recolectar ya sea de los urinarios (Gráfico 36) o de las letrinas (Gráfico 37) que permiten la separación de la orina y de las heces.

Método para la aplicación de Takin Ruwa (orina higienizada)

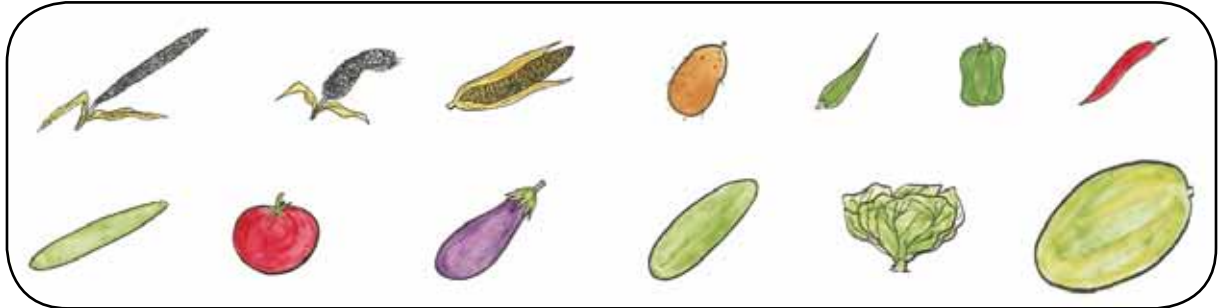
Técnicas de aplicación

Se puede aplicar Takin Ruwa con una regadera, un balde o directamente desde el bidón. El metal se oxida fácilmente en contacto con la orina, y debe ser bien lavado después de su uso. Para facilitar la aplicación de la dosis recomendada utilice un recipiente de volumen conocido.

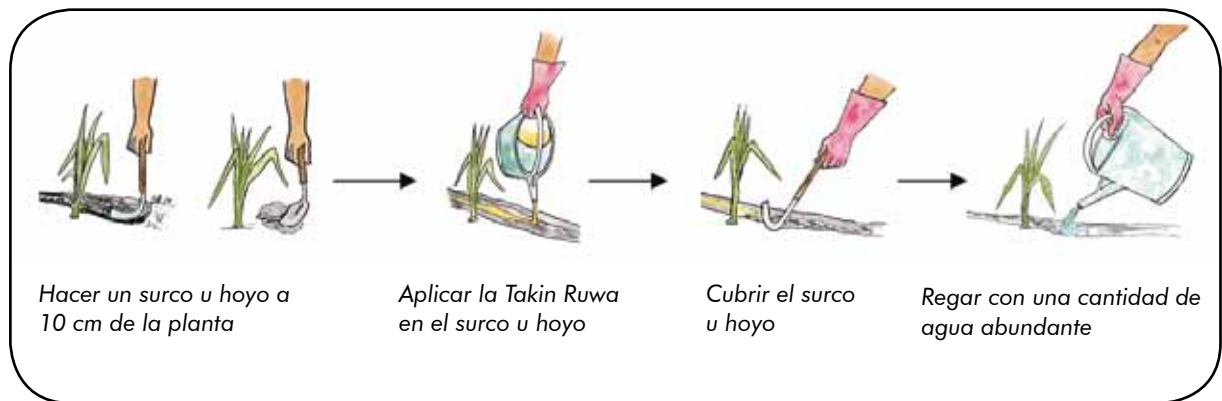


Aplicación a los cultivos con espaciamiento entre las plantas

Para aplicar a las plantas individuales, hacer un surco junto o alrededor de la planta o simplemente un hoyo a unos 10 cm de la planta. Aplicar la Takin Ruwa, y cubrir el surco u hoyo. La aplicación será seguida por el riego para evitar efectos tóxicos (opción 1). La alternativa es aplicar la Takin Ruwa después de una buena lluvia (opción 2).

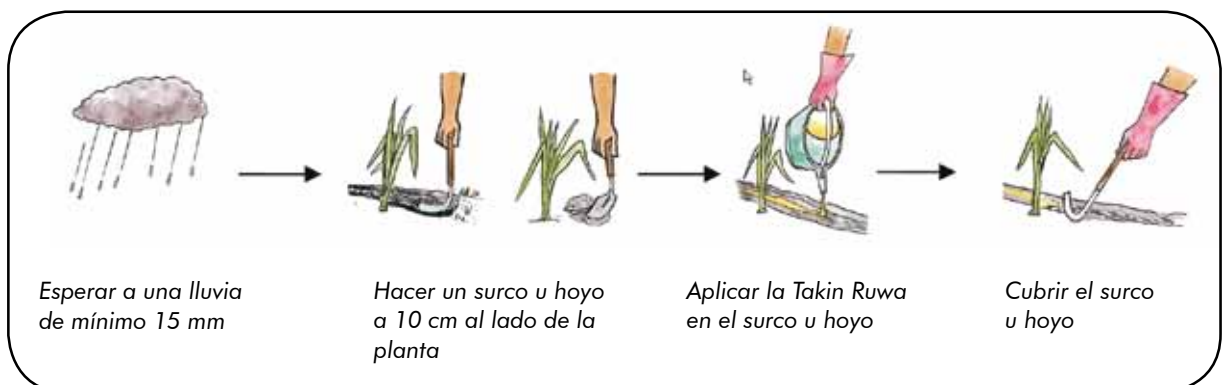


Opción 1: Aplicación de Takin Ruwa seguido de un riego abundante



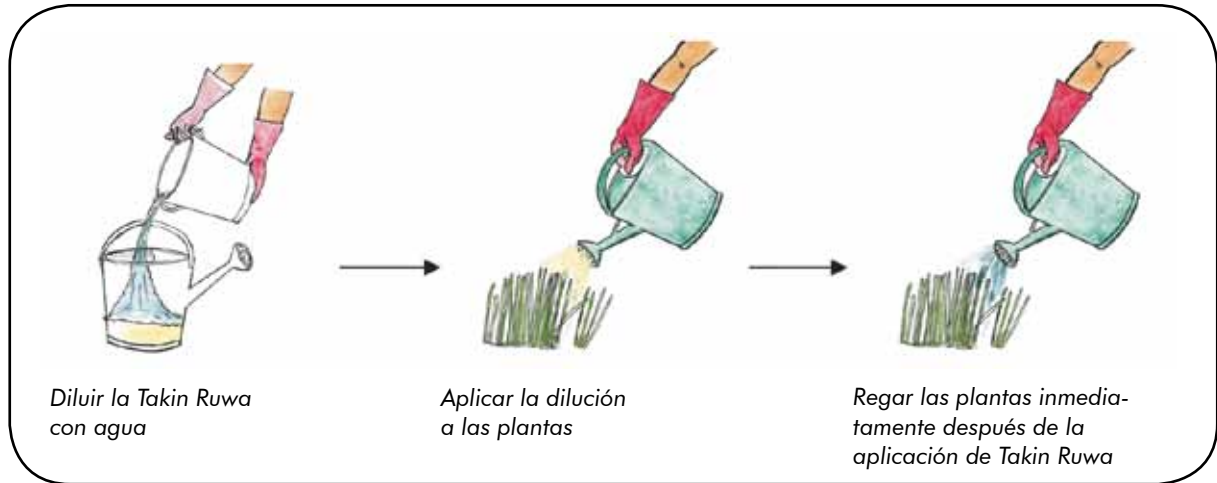
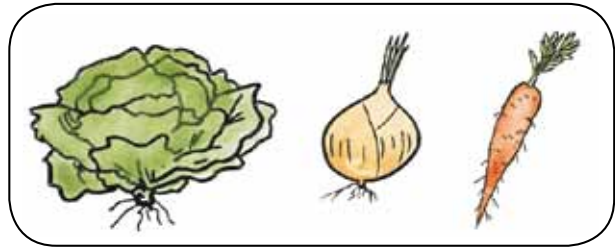
Opción 2: Aplicar la Takin Ruwa después de una buena lluvia

Para cultivos durante la temporada de lluvias (mijo, sorgo, etc.) las aplicaciones pueden ser realizadas después de una buena lluvia de por lo menos 15 mm de precipitación.



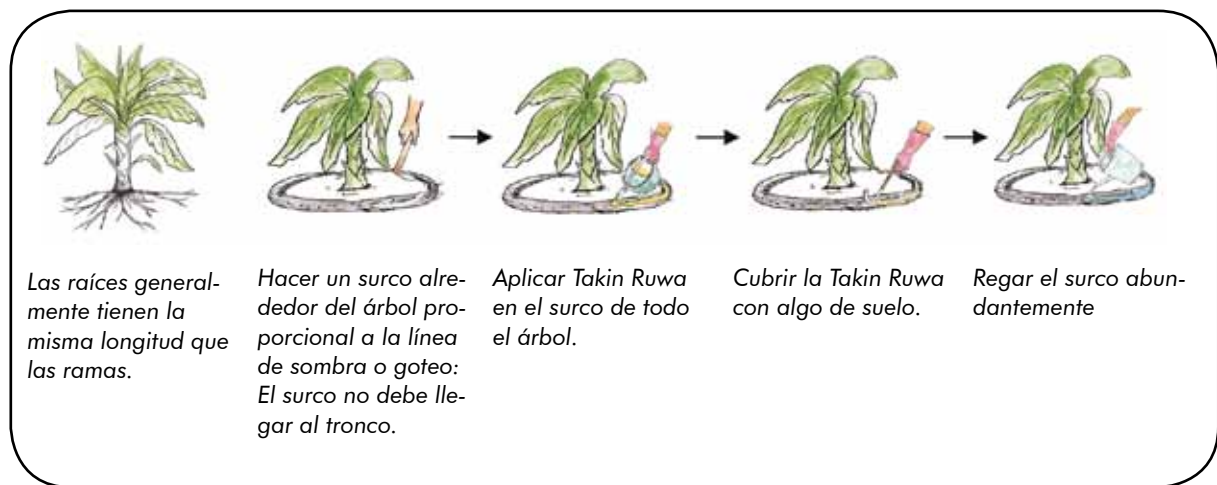
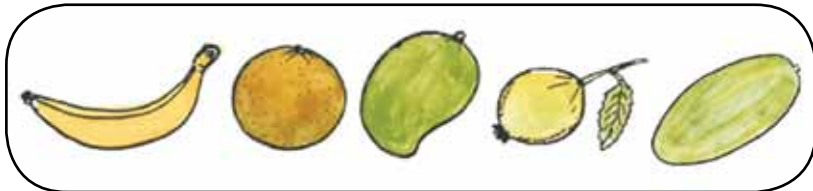
Aplicación a los cultivos plantados densamente

Si es posible hacer surcos en forma cuadrática con una azada, y aplicar la Takin Ruwa antes de taponar los surcos. Si los cultivos son muy densos, diluir la Takin Ruwa por lo menos 200% (como mínimo dos volúmenes de agua por cada volumen de Takin Ruwa), y aplicar de manera uniforme inmediatamente, seguido por el riego abundante de las hojas (véase los dibujos).



Árboles frutales

Para los árboles frutales hacer un surco de 5 a 10 cm de profundidad alrededor del árbol a partir de la distancia de la línea de sombra o goteo del árbol. El ancho del surco puede ser la mitad del ancho de copa, medido desde el borde hacia el centro. La aplicación de Takin Ruwa debe ser combinada con la aplicación de compost o estiércol para dotar de suficientes oligoelementos.



Aplicación de la orina higienizada (Takin Ruwa) – períodos y dosis recomendados para diferentes cultivos

Las diferentes dosis y fracciones presentadas en la tabla a continuación se basan en los resultados obtenidos de dos estaciones así como en las recomendaciones de fertilización de nitrógeno en Níger, la concentración de nitrógeno de Takin Ruwa es de alrededor de 4,5 gN/l (el contenido de P,

K y oligoelementos es menor) y, finalmente, la necesidad de nitrógeno de las plantas. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la Takin Ruwa es principalmente un fertilizante nitrogenado de acción rápida y debe ser complementado con la adición de P y K o un fertilizante orgánico. Estas recomendaciones para Takin Ruwa son preliminares, la investigación en curso enriquecerá esta directriz técnica.

Tabla 20: Períodos y dosis de la orina higienizada para diferentes cultivos

Período de aplicación	Tomate	Berenjena	Pimienta	Patatas	Lechuga	Cebolla, ajo	Gombo	Melón /calabaza	Pepino
Dos semanas después de la siembra o plantación	0,5 litro / planta	0,5 litro / planta	0,6 litro / planta	2,5 litros / m ²	Suelo arenoso: 1 litro / m ² Suelo arcilloso: 0,7 litro / m ²	1 litro / m ²	0,5 litro / planta	0,5 litro / planta	0,5 litro / planta
Inicio de la floración (3 semanas después de la primera aplicación)	0,5 litro / planta	0,7 litro / planta	0,7 litro / planta	2,5 litros / m ² aplicado al inicio de apareamiento de los tubérculos (alrededor de 4 semanas después de la primera aplicación)	Suelo arenoso: 1 litro / m ² Suelo arcilloso: 0,7 litro / m ² (2 semanas después de la primera aplicación)	1,5 litros / m ² (al inicio de la formación del bulbo, alrededor de 4 semanas después de la primera aplicación)	0,7 litro / planta	1 litro / planta	0,7 litro / planta
Durante la fructificación (3 semanas después de la 2da aplicación)	0,3 litro / planta	0,3 litro / planta	0,5 litro / planta				0,3 litro / planta	0,5 litro / planta	0,3 litro / planta

(Tabla 20 continuación) *Períodos y dosis de la orina higienizada para diferentes cultivos*

Período de aplicación	Col	Zanahoria	Mijo	Sorgo	Mango	Naranja	Guayaba	Papaya	Banana
Dos semanas después de la siembra o plantación	2 litros / m ²	1 litros / m ²	0,8 litro* / planta (al inicio del macollaje)	0,7 litro* / planta (al inicio del macollaje)	Fertilizante de crecimiento (árbol de 0 - 4 años de edad): aplicar 2 litros / árbol 4 veces al año. (Inicio en la temporada de lluvias, durante la temporada de lluvias, inicio de la temporada frío y durante la temporada frío).	Fertilizante de crecimiento (árbol de 0 - 4 años de edad): aplicar 1,5 litros / árbol 4 veces al año. (Inicio en la temporada de lluvias, durante la temporada de lluvias, inicio de la temporada frío y durante la temporada frío).	Fertilizante de crecimiento (árbol de 0 - 2 años de edad): aplicar 1 litro / árbol 4 veces al año. (Inicio en la temporada de lluvias, durante la temporada de lluvias, inicio de la temporada frío y durante la temporada frío).	3 litros / árbol 1 mes después de la siembra	3 litros / pie de anillo, 1 mes después de la siembra
Inicio de la floración (3 semanas después de la primera aplicación)	2 litros / m ² (Inicio de la formación de la col)	1,25 litros / m ² (Inicio del crecimiento del tubérculo)	0,7 litro* / planta (Fin del alargamiento – inicio de la formación de espiga 4 semanas después de la 2da aplicación)	0,7 litro* / planta (Fin del alargamiento – inicio de la formación de espiga, 4 semanas después de la 2da aplicación)	Fertilizante de producción (árbol > 4 años de edad): Aplicar 6 litros por árbol, 4 veces al año. (Inicio en la temporada de lluvias, durante la temporada de lluvias, inicio de la temporada frío y durante la temporada frío).	Fertilizante de producción (árbol > 4 años de edad): Aplicar 5 litros por árbol, 4 veces al año. (Inicio en la temporada de lluvias, durante la temporada de lluvias, inicio de la temporada frío y durante la temporada frío).	Fertilizante de producción (árbol > 2 años de edad): Aplicar 4 litros por árbol, 4 veces al año. (Inicio en la temporada de lluvias, durante la temporada de lluvias, inicio de la temporada frío y durante la temporada frío).	4 litros / árbol 1,5 meses después de la 1era aplicación. (Nótese bien: hacer la misma aplicación para el siguiente ciclo productivo)	4 litros / árbol 1,5 meses después de la 1era aplicación. (Nótese bien: hacer la misma aplicación para el siguiente ciclo productivo)

Al inicio de la fructifi- cación	4 litros / árbol, 1,5 meses después de la 2da apli- cación	3 litros / árbol, 1,5 meses después de la 2da apli- cación
---	--	--

*Las dosis recomendadas para mijo y sorgo, se basan en los resultados de los primeros ensayos en Torodi. En Aguié la dosis ha sido de 0,5 litros, divididos en 0,25 litros por aplicación. Esto se alinea con las recomendaciones locales para urea como fuente de nitrógeno.

REFERENCIAS

- ADB (1998) *Gender Guidelines in Water Supply and Sanitation*. Checklist. Asian Development Bank, Manila.
- Arroyo (2005) Organoponics - the Use of Human Urine in Composting. *RUAF Urban Agriculture Magazine 10* - Appropriate (Micro) Technologies for Urban Agriculture. <http://www.ruaf.org/sites/default/files/Organoponics.pdf>.
- Bernal, C.T., Bingham, F.T. and Orehi, J. (1974) Salt tolerance of Mexican wheat. II. Relation of Variable Sodium chloride and length of growing season. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, 38: 777-780.
- Brady, Nyle C., Weil, Ray R. (1999) *The nature and properties of soils: twelfth edition*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Båth, B. (2003) *Field trials using human urine as fertilizer to leeks* (In Swedish). Manuscript, Department of Ecology and Plant Production Science, Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala, Sweden.
- Clark, G.A. (2003) *A test of the production of organically fertilised amaranth in Tehuixtla, Morelos, Mexico*. Manuscript available from esac@laneta.apc.org.
- Coulibaly, Chiaka. (2009) *Management of EcoSan System in Urban Areas: "EcoSan_UE Project Case Study" in four sectors of Ouagadougou, BF*. Presentation to the West Africa Regional Sanitation and Hygiene Symposium, Accra, Ghana, 10-12 November 2009.
- CSIR (2008) *Human Excreta and Food Security in South Africa*. Project report Nr 59P1039, Submitted to L Austin, CSIR – Built Environment, PO Box 395, Pretoria, South Africa, 0001.
- Dankelman, I. (2009). *Making Sustainable Sanitation Work for Women and Men. Integrating a Gender Perspective into Sanitation Initiatives*, eds. J. Muylwijk, C. Wendland and M. Samwel. Utrecht, Annemasse and Munich: WECF, Women in Europe for a Common Future).
- Drechsel, P., Giordano, M., Gyiele, L. (2004) *Valuing Nutrients in Soil and Water: Concepts and Techniques with Examples from IWMI Studies in the Developing World*. IWMI Research Report nr 82. International Water Management Institute, P O Box 2075, Colombo, Sri Lanka.
- FAO (2003) *FAOSTAT Nutrition data – Food Supply – Crops Primary Equivalent*. <http://apps.fao.org/page/collections?subset=nutrition>, visited 2003-02-28.
- Ganrot, Z., Dave, G., Nilsson, E. (2007) Recovery of N and P from human urine by freezing, struvite precipitation and adsorption to zeolite and active carbon. *Bioresource Technology* 98, 3112-3121.
- Gao, X. Zh., Shen, T., Zheng, Y., Sun, X., Huang, S., Ren, Q., Zhang, X., Tian, Y. and Luan, G. (2002) *Practical manure handbook*. (In Chinese). Chinese Agriculture Publishing House. Beijing, China.
- Germer, J., Sauerborn, J., (2006) *Exploring the Potential for Recycling Nutrients from Waste Water to Enhance Agricultural Productivity - the Example of Valley View University in Accra, Ghana*. Presentation at the Tropentag 2006 - International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development. University of Bonn, October 11-13.
- Guadarrama, R. O., Pichardo, N. A., Morales-Oliver, E. (2001) *Urine and Compost Efficiency Applied to Lettuce under Greenhouse Conditions in Temixco, Morales, Mexico*. In Abstract Volume, First International Conference on Ecological Sanitation 5-8 November 2001, Nanning, China.
- Hammer, M. and Clemens, J. (2007) A tool to evaluate the fertilizer value and the environmental impact of substrates from wastewater treatment. *Water Science and Technology* 56 (5): 201-209.
- Heberer, Th., Fuhrmann, B., Schmidt-Bäumler, K., Tsipi, D., Koutsuba, V., Hiskia, A. (2000) *Occurrence of Pharmaceutical Residues in Sewage, River, Ground and Drinking Water in Greece and Germany*. In Symposia Papers: Issues in the Analysis of Environmental Endocrine Disruptors.

- American Chemical Society, San Francisco March 26-30, 2000.
- Heinonen-Tanski, H., Sjöblom, A., Fabritius, H., Karinen, P. (2007) Pure human urine is a good fertilizer for cucumbers. *Bioresource Technology*, Volume 98, Issue 1, January 2007, Pages 214-217.
- Jeyabaskaran, K.J. (2010) *Utilization of human urine as liquid organic manure in banana cultivation*. National Research Centre for Banana, Tiruchirapalli – 620 102 Tamil Nadu, India.
- Johansson, M., Jönsson, H., Höglund, C., Richert Stintzing, A. and Rodhe, L. (2001) *Urine separation – closing the nutrient cycle*. Stockholm Water Company, Stockholm, Sweden. Available at: http://www.swedenviro.se/gemensamma_se/documents/Urinsel_eng.pdf.
- Jönsson, H. and Vinnerås, B. (2004) *Adapting the nutrient content of urine and faeces in different countries using FAO and Swedish data*. In: *Ecosan – Closing the loop*. Proceedings of the 2nd international symposium on ecological sanitation, incorporating the 1st IWA specialist group conference on sustainable sanitation, 7th-11th April 2003, Lübeck, Germany. Pp 623-626.
- Kirchmann, H. and Pettersson, S. (1995) Human urine – chemical composition and fertilizer efficiency. *Fertilizer Research* 40:149-154.
- Kvarnström, E., Emilsson, K., Richert Stintzing, A., Johansson, M., Jönsson, H., af Petersens, E., Schönning, C., Christensen, J., Hellström, D., Qvarnström, L., Ridderstolpe, P. and Drangert, J.-O. (2006) *Urine Diversion - One Step Towards Sustainable Sanitation*. Report 2006-1, EcoSanRes Programme, Stockholm Environment Institute, Stockholm, Sweden, http://www.ecosanres.org/pdf_files/Urine_Diversion_2006-1.pdf.
- Larsen, T. A. and Lienert, J. (2007) *Novaquatis final report. NoMix – A new approach to urban water management*. Eawag, Dübendorf, Switzerland, www.novaquatis.eawag.ch/publikationen/final_report_E.
- Magid, J. (2006) *Estrogen in the Environment. In: Blackwater systems – Nordic Inventory*. Full report in Swedish, English summary in Appendix 2. www.nmr.org.
- Marschner, H. (1995) *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, Second Edition.
- Mkeni, P; Jimenez Cisneros, B; Pasha, M; Austin, L. (2006) *Use of Human Excreta from Urine Diversion Toilets in Food Gardens*. Agronomical and Health Aspects. Volume 3, Report to the Water Research Commission. WRC Report No 1439/3/06.
- Morgan, P. (2003) *Experiments using urine and humus derived from ecological toilets as a source of nutrients for growing crops*. Paper presented at 3rd World Water Forum 16-23 March 2003. Available at: <http://aquamor.tripod.com/KYOTO.htm>.
- Morgan, Peter. (2008) *Toilets that make compost*. http://www.ecosanres.org/toilets_that_make_compost.htm SEI 2008.
- von Münch and Winker (2009) *Technology Review - Urine diversion components: Overview of urine diversion components such as waterless urinals, urine diversion toilets, urine storage and reuse systems*. Available at: <http://www.gtz.de/en/dokumente/gtz2009-en-technology-review-urine-diversion.pdf>.
- Muskolus, A. (2008) *Anthropogenic plant nutrients as fertilizer*. PhD thesis, Institut für Pflanzenbauwissenschaften, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin, Germany. URL: <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/muskolus-andreas-2008-04-18/PDF/muskolus.pdf>.
- PUVeP (2008) *Philippine allotment garden manual with an introduction to ecological sanitation*. Periurban Vegetable Project (PUVeP), Xavier University College of Agriculture, Cagayan de Oro City, Philippines, <http://puvep.xu.edu.ph/publications.htm> or <http://www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/en-philippine-allotment-garden-manual-2008.pdf>.

- Pradhan, K.S., Nerg, A., Sjöblom, A., Holopainen, J., Heinonen-Tanski, H. (2007) Use of Human Urine Fertilizer in Cultivation of Cabbage (Brassica oleracea)—Impacts on Chemical, Microbial, and Flavor Quality *J. Agric. Food Chem.*, 55 (21), 8657-8663• DOI: 10.1021/jf0717891.
- Rodhe L., Richert Stintzing A. and Steineck S., (2004) ‘Ammonia emissions after application of human urine to clay soil for barley growth’. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 68:191-198.
- Schouw, N.L., Danteravanich, S., Mosbaeck, H., Tjell, J.C. (2002) Composition of human excreta—a case study from Southern Thailand. *The Science of the Total Environment* 286, 155–166.
- Schroeder, E. (2010) *Marketing human excreta, a study of possible ways to dispose of urine and faeces from slum settlements in Kampala, Uganda*. GTZ, Eschborn, Germany.
- Schönning, C. and Stenström, T.-A. (2004) *Guidelines for the safe use of urine and faeces in ecological sanitation systems*. EcoSanRes Publications Series, Report 2004-1, www.ecosanres.org/pdf_files/ESR_Publications_2004/ESR1web.pdf.
- Simons J. and Clemens J. (2004) *The use of separated human urine as mineral fertilizer*; 595-600; in (eds.) Werner *et al.*: ecosan-closing the loop, 7.-11. April, 2003, Lübeck, Germany, ISBN 3-00-012791-7.
- Sridevi, G., Srinivasamurthy, C.A., Bhaskar, C., Viswanath, S. (2009) Evaluation of Source Separated Human Urine (ALW) as a Source of Nutrients for Banana Cultivation and Impact on Quality Parameter. *Journal of Agricultural and Biological Science* Vol. 4, No. 5, September 2009 ISSN 1990-6145 ARP.N.
- Sridevi, G., Srinivasamurthy, C. A., Bhaskar, S. and Viswanath, S. Studies on the effect of anthropogenic liquid waste (human urine) on soil properties, growth and yield of maize. *Crop Res.* 38 (1, 2 and 3) : 11-14 (2009). Department of Soil Sciences and Agricultural Chemistry University of Agricultural Sciences, GKVK, Bangalore (Karnataka), India.
- Sundin, A. (1999) *Humane urine improves the growth of Swiss chard and soil fertility in Ethiopian urban agriculture*. Thesis and Seminar projects No 112, Department of Soil Science, Swedish University of Agricultural Sciences.
- SuSanA (2009) Working Group 12 Draft Fact Sheet: Integrating a gender perspective in sustainable sanitation, <http://www.susana.org/images/documents/05-working-groups/wg12/en-fact-sheet-wg12-gender-first-draft-2009-01-20.pdf>.
- Thorup-Kristensen, K. (2001) Root growth and soil nitrogen depletion by onion, lettuce, early cabbage and carrot. *Acta Horticulturae*. 563: 201-206.
- Tilley, *et al.*, (2008) *Compendium of Sanitation Systems and Technologies*. http://www.eawag.ch/organisation/abteilungen/sandec/publikationen/compendium_e/index_EN.
- WHO (2006) *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater use in agriculture and aquaculture*. Socio cultural, environmental and economic Aspects.3 (7). World Health Organisation (Online access 2006-10-26). www.who.int/sites.
- Villa-Castorena, M., Ulery, A.L., Catalán-Valencia, E.A., Remmenga, M.D. (2003) Salinity and Nitrogen Rate Effects on the Growth and Yield of Chile Pepper Plants. *Soil Science Society of America Journal* 67:1781-1789. Soil Science Society of America.
- Winker, M. (2009) *Pharmaceutical residues in urine and potential risks related to usage as fertilizer in agriculture*. PhD thesis, Technical University of Hamburg-Harburg, Institute of Wastewater Management and Water Protection, Germany, <http://doku.b.tu-harburg.de/volltexte/2009/557>.
- Vinnerås, B. and Jönsson, H. (2002) The potential of faecal separation and urine diversion to recycle plant nutrients in household waste water. *Bioresource Technology* 84:3, 275-283.
- Vinnerås, B., Palmquist, H., Balmer, P. and Jönsson, H. (2006) The characteristics of household wastewater and biodegradable solid waste—A proposal for new Swedish design values. *Urban Water*, 3(1): 3-11.

SEI - Africa
Institute of Resource Assessment
University of Dar es Salaam
P.O. Box 35097, Dar es Salaam
Tanzania
Tel: +255-(0)766079061

SEI - Asia
15th Floor Withyakit Building
254 Chulalongkorn University
Chulalongkorn Soi 64
Phyathai Road Pathumwan
Bangkok 10330
Thailand
Tel: +(66) 22514415

SEI - Oxford
Suite 193
266 Banbury Road,
Oxford, OX2 7DL
UK
Tel: +44 1865 426316

SEI - Stockholm
Kräffriket 2B
SE -106 91 Stockholm
Sweden
Tel: +46 8 674 7070

SEI - Tallinn
Lai 34, Box 160
EE -10502, Tallinn
Estonia
Tel: +372 6 276 100

SEI - U.S.
11 Curtis Avenue
Somerville, MA 02144
USA
Tel: +1 617 627-3786

SEI - York
University of York
Heslington
York YO10 5DD
UK
Tel: +44 1904 43 2897

The Stockholm Environment Institute

SEI es un instituto de investigación independiente internacional. Ha estado involucrado en cuestiones ambientales y de desarrollo a nivel de política local, nacional, regional y mundial durante más de un cuarto de siglo. SEI apoya la toma de decisiones para el desarrollo sostenible creando puentes entre la ciencia y la política.

sei-international.org

ISBN 978-91-86125-32-5

