

## Uso y mantenimiento de letrinas de hoyo seco

# El control de olores en letrinas rurales

La presente nota de campo explica el proceso por el cual el uso de algunos elementos orgánicos, como el estiércol, puede ser una práctica eficaz para reducir el mal olor en letrinas rurales de hoyo seco, mediante la descomposición de la materia orgánica. Los resultados que se presentan a continuación se basan en estudios realizados tanto en laboratorio, como en el campo.



El biocontrol de la generación del gas sulfuro de hidrógeno, responsable de los malos olores en las letrinas, utilizando estiércol de vacuno u ovino, es una práctica común en algunas comunidades rurales.

## Antecedentes

**En las últimas décadas, el manejo de las excretas en las comunidades rurales, concentradas y dispersas, ha sido atendido a través de la provisión de letrinas, entre ellas, la más común es la VIP (de sus siglas en inglés: Ventilated Improved Pit latrines - letrinas de pozo mejoradas y ventiladas), la cual canaliza la evacuación de los malos olores mediante un tubo de ventilación. Sin embargo, cuando las letrinas no están bien diseñadas, o bien construidas, o no tienen un mantenimiento adecuado, tienden a concentrar olores ofensivos, generando el rechazo en su uso.**

**En algunas zonas rurales del país, las familias utilizan elementos orgánicos e inorgánicos para neutralizar dichos olores. Tomando como base esa experiencia, CARE ha promovido un estudio de tesis en Ingeniería para validar el proceso anaeróbico en el control de los olores. Los resultados han sido positivos, aun cuando ello no supone que se deban dejar de lado las letrinas VIP (hoy seco ventilado).**

## Resumen Ejecutivo

Para validar la eficacia del uso de material orgánico, como estiércol de vacuno u ovino, en el control de los malos olores, el Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial y CARE Perú han promovido un estudio de tesis en Ingeniería Sanitaria en la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería del Perú (UNI). El marco conceptual y la hipótesis de trabajo se formularon a partir de una revisión bibliográfica del proceso de descomposición de la materia orgánica, y un análisis de los factores de generación y control de los olores. Asimismo, se estudió el proceso anaeróbico que ocurre en la letrina a través

de la simulación en reactores anaeróbicos (RA) en los laboratorios de la UNI, en donde se validó la eficacia de los materiales inorgánicos y orgánicos para neutralizar los malos olores.

Con los resultados de las pruebas de laboratorio se realizó el estudio de campo para la validación en condiciones reales y, para verificar la aceptación y uso de estiércol por la población. Se trabajó con 143 familias de seis comunidades rurales de los departamentos de Cajamarca, Ancash y Puno, a las que se le aplicaron encuestas y entrevistas, durante ocho semanas (de agosto a noviembre de 2003).

Los resultados corroboraron que el biocontrol de la generación del gas sulfuro

de hidrógeno, responsable de los malos olores en las letrinas, utilizando estiércol de vacuno u ovino, es una práctica común en algunas comunidades rurales.

También se verificó en campo que la aplicación del estiércol es socialmente aceptado por la experiencia y el hábito en el manejo de este material orgánico, en otras actividades realizadas en las comunidades rurales.

Sin embargo, para asegurar que este proceso sea viable, se requiere de medidas adecuadas de higiene y mantenimiento para dichas instalaciones sanitarias.

## El mal olor en letrinas: Un factor de rechazo en la población

La descomposición de las excretas humanas al interior de la letrina se basa en un proceso anaeróbico, es decir, un proceso bioquímico que se desarrolla con la ausencia de oxígeno molecular. En este proceso se generan gases, como el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, el metano, el hidrógeno de sulfuro, entre otros.

El olor no llegaría a ser ofensivo para el usuario si en el pozo u hoyo de la letrina, la temperatura y el grado de acidez son los apropiados para el desarrollo de los microorganismos responsables del proceso anaeróbico, cumpliendo de esa manera la función de un reactor anaeróbico. No es posible interrumpir la generación de

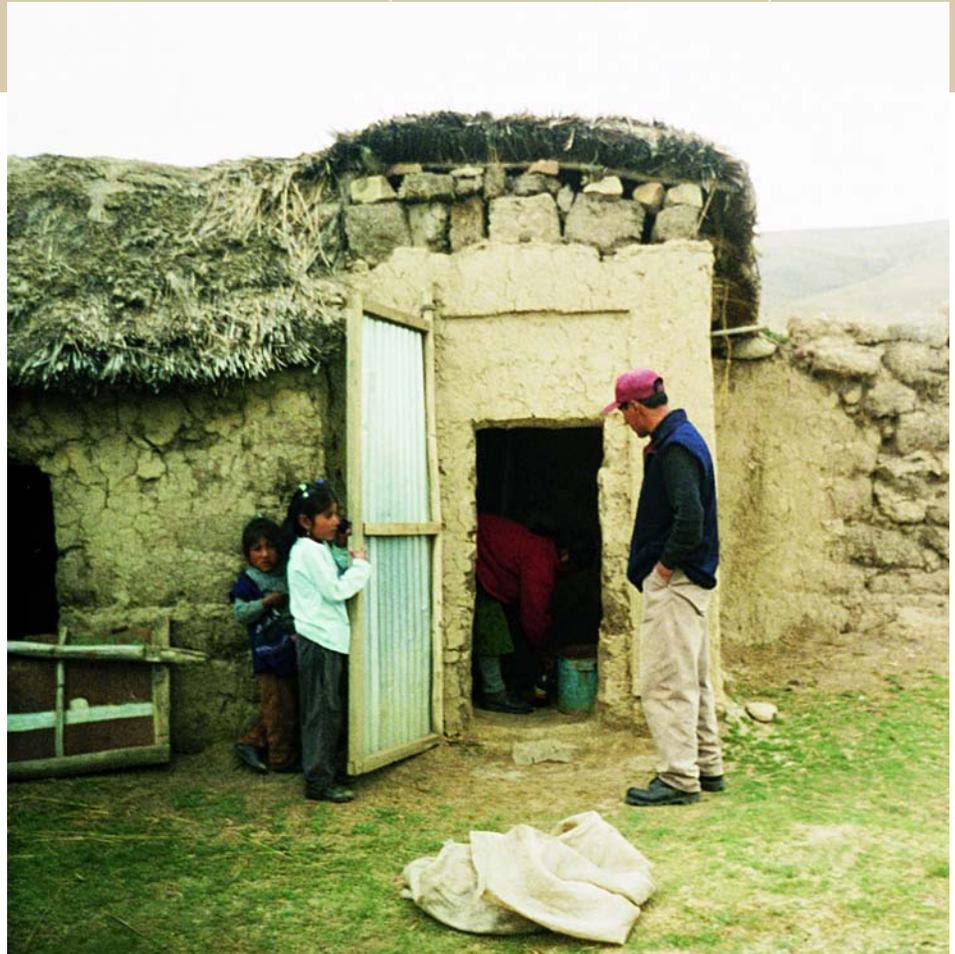
gases de la descomposición de la materia orgánica muerta, sin embargo, es posible controlar los niveles de generación. El gas responsable de los malos olores es el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), el cual puede ser detectado por el usuario aún en bajas concentraciones.

El mal uso y mantenimiento inadecuado son los factores atribuibles a que la letrina o pozo no se comporte como un reactor anaeróbico. Es decir, el uso de agua u otros líquidos en el hoyo seco de la letrina, así como la disposición de otros desechos, entre otros factores, alteran las condiciones del hoyo para permitir el desarrollo de los diferentes tipos de microorganismos responsables del complejo proceso anaeróbico.

Los malos olores son en el principal factor de rechazo de la población para el uso de estas instalaciones. Los informes de evaluación, sobre todo en el ámbito rural, evidencian dicha actitud de los usuarios, así como su malestar por no disponer de otras alternativas obligados a mantener instalaciones que perturban el sosiego del espacio de la vivienda y de la familia.

## La experiencia comunal en el manejo adecuado de letrinas

En algunas zonas rurales, la población ha identificado elementos o materiales para neutralizar los olores desagradables. En 1986, se observó, a través de una evaluación de campo de CARE en



Cajamarca, que en letrinas de hoyo seco no se percibían tales olores y la razón obedecía a que la población utilizaba el estiércol de vaca para controlar el olor en sus instalaciones. Esta práctica empírica con resultados favorables fue difundida por CARE en otras comunidades.

El inadecuado mantenimiento del hoyo seco de las letrinas determina condiciones ambientales hostiles para el crecimiento necesario de determinadas bacterias y, por el contrario, estaría favoreciendo que predominen otros microorganismos que se adaptan y se desenvuelven mejor en un medio propicio para la producción del sulfuro de hidrógeno, como es el medio

ácido. El uso de materiales inorgánicos como la cal o la ceniza para controlar el grado de acidez o el uso de material orgánico como el estiércol de animales rumiantes, para compensar la población de bacterias que metabolizan el ácido y completan el proceso anaeróbico, son alternativas a ser aplicadas en el control de los olores del sulfuro de hidrógeno.

La aplicación de esta práctica con resultados favorables, evidencia la viabilidad del uso de estos materiales, sobre todo los orgánicos, por su manejo habitual en las zonas rurales.

La fermentación anaeróbica es desarrollada por una diversidad de bacterias en cuatro fases: Hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis.

## El proceso anaeróbico en la descomposición de la materia orgánica

El proceso anaeróbico es una fermentación de la materia orgánica que ocurre en ausencia de oxígeno molecular (sin aire) y produce, como resultado final, esencialmente gas metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) más agua. La fermentación anaeróbica es desarrollada por una diversidad de bacterias en cuatro fases: Hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis (figura N°1).

En la descomposición bioquímica de la

materia orgánica están presente una serie de bacterias saprófitas<sup>1</sup> las que hidrolizan y convierten el material complejo en compuestos de menor peso molecular. Entre estos compuestos, los principales son los ácidos grasos como el acético, propiónico o butírico los que aparecen mezclados con otros compuestos importantes. La acumulación de ácidos puede resultar perjudicial para la digestión anaeróbica, porque el pH desciende a niveles desfavorables para el metabolismo de algunos microorganismos.

En la digestión anaeróbica, dos grupos de bacterias trabajan en armonía: los organismos saprófitos, los que se encargan de la producción de ácidos, y las bacterias metanogénicas que completan la producción de metano y dióxido de carbono.

Cuando la población de bacterias

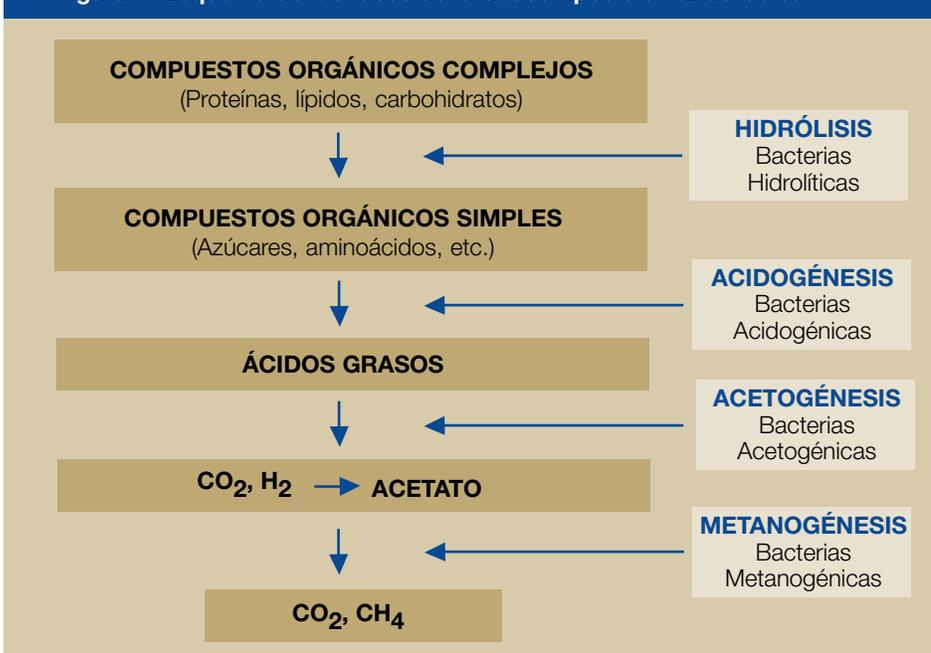
metanogénicas es suficiente por condiciones favorables, dichas bacterias utilizan los productos finales de las saprófitas apenas se producen. Así los ácidos no son acumulados, manteniendo el pH en niveles favorables (entre 7.2 y 7.8) para las bacterias metanogénicas. Usualmente, la población de éstas bacterias es muy pequeña en comparación a las saprófitas. Ésta es la razón por la cual, durante la fermentación anaeróbica, los ácidos son producidos en una velocidad superior a la capacidad de consumo de las bacterias metanogénicas presentes, lo que genera la presencia de ácidos libres y, por lo tanto, el pH empieza a decaer<sup>2</sup>.

### El quiebre del proceso anaeróbico en las letrinas

Las condiciones en que se realiza el proceso bioquímico en el hoyo de la letrina no son las más adecuadas para la descomposición completa de la materia orgánica, porque está sometida a temperaturas altas y bajas, durante el día como en la noche, respectivamente, y por el pH ácido en su interior ocasionado por la orina. Además, el oxígeno molecular que ingresa al hoyo a través de la tubería de ventilación afecta al crecimiento de las metanobacterias.

El hoyo de la letrina funciona como un reactor anaeróbico que trabaja en condiciones muy adversas, debido a que no asegura el desarrollo y el crecimiento de las metanobacterias. Por el contrario, dichas condiciones contribuyen a la muerte de este grupo de bacterias por la persistencia de un medio ácido. La falta de cantidad adecuada de metanobacterias en el hoyo de la letrina

Figura 1: Esquema de las fases de la descomposición anaeróbica



<sup>1</sup>Bacteria saprófita es la que se alimenta de la materia orgánica muerta y ayuda a su descomposición.

<sup>2</sup>Para información detallada de las fases de la descomposición anaeróbica, consultar los libros "Ingeniería sanitaria, Tratamiento, evaluación y reutilización de las aguas residuales" Metcalf & Eddy Inc. Labor, Barcelona, España, 1994 y/o "Anaerobic digestion. Sludge into biosolid processing, Disposal Utilization" de M. Dohányos y J. Zábanská; Praga, República Checa.

quiebra con el equilibrio bacteriano necesario para el proceso anaeróbico, lo cual desencadena una gran producción de ácidos que, al no ser consumidos por microorganismo alguno, da lugar a la acidificación del reactor anaeróbico. La alta producción de ácidos favorece la producción de importantes cantidades de hidrógeno sulfurado ( $H_2S$ ), gas causante del mal olor de las letrinas.

## La simulación en reactores anaeróbicos

En los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la UNI, se implementó una batería de reactores anaeróbicos (RA) para simular el proceso de descomposición de la materia orgánica que ocurre en las letrinas sanitarias, con el propósito de estimar la generación de los gases del proceso anaeróbico y, sobre todo, del hidrógeno sulfuroso ( $H_2S$ ) responsable de los malos olores.

Cada reactor tenía una capacidad volumétrica de un litro, donde se le aplicó una carga orgánica (excreta humana más orina), entre 10 y 60 gramos, más el elemento usado como neutralizador de los malos olores, entre 12 y 60 gramos. En total, se prepararon 50 RAs, como se señala en la tabla N°1.

Por 45 días los parámetros que fueron monitoreados en cada RA fueron los gases: sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ); metano ( $CH_4$ ) y monóxido de carbono ( $CO$ ),

además del grado de hidrógeno (pH) en el medio.

**Tabla 1: Número de reactores según elemento de control de olores experimentados**

Elemento de control de olor	Número de reactores
<b>Inorgánico</b>	
Cal	4
Ceniza	4
<b>Orgánico</b>	
E. vaca	36
E. burro	2
Muña	4
<b>Total</b>	<b>50</b>

### Resultados con cal y ceniza

Los resultados de la aplicación de cal y ceniza respecto del pH evidenciaron que estos elementos son adecuados para controlar la producción del potencial de hidrógeno, sobre todo la ceniza. Este último elemento tuvo un efecto violento para cambiar de un medio ácido a uno alcalino; sólo en el primer reactor en el primer día de monitoreo ya reportaba un pH de 7,2 y en los demás RAs, sostenidamente, el pH estuvo por encima de este valor. El comportamiento del medio con la cal empezaba con un medio ácido y demoraba aproximadamente 10 días para alcanzar un pH neutro, para luego mantenerse en un medio alcalino.

Respecto a la generación del  $H_2S$ , para el caso de la cal, la reducción se dio en forma errática en cada RA, pero con una tendencia suave a la disminución, es decir, durante el tiempo del monitoreo presentó subidas y bajadas en la concentración de este gas. Diferente situación se observó



para el caso de la ceniza, donde la reducción fue una constante en los RAs durante todo el periodo de la prueba.

Con relación al monóxido de carbono y el metano, la producción de este último gas, no fue constante y además no en todos los reactores la reacción anaeróbica fue completa. En estos resultados, la cantidad utilizada de éstos elementos con respecto al desecho orgánico (excreta más orina) no ha tenido un efecto importante.

### Resultados con muña

De los resultados de la prueba con muña<sup>3</sup> se comprobó que no tiene efecto en el pH del medio orgánico evaluado ni en la actividad metabólica del proceso biológico, percibiéndose durante los días de monitoreo que el olor característico a esta yerba atenúa el olor fétido de la descomposición del desecho orgánico (DO).

<sup>3</sup>La muña es una yerba muy utilizada en la cocina popular cajamarquina que se asemeja en sabor y olor a la menta.

Los resultados de la aplicación de cal y ceniza respecto del pH evidenciaron que estos elementos son adecuados para controlar la producción del potencial de hidrógeno, sobre todo la ceniza.

### Resultados con estiércol de vaca

En 12 de los 36 RAs utilizados en la simulación, donde se utilizaron muestras con 50 y 60 gramos de DO, la proporción aplicada de desecho orgánico con respecto al estiércol de vaca (EV) fue de: 1:0.25; 1:0.5; 1:0.75; 1:1; 1:1.5; y 1:0.

El pH durante los primeros 15 y 18 días de monitoreo se mantuvo como un medio ácido, en los RAs con mayor proporción de desechos orgánicos (DO/EV: 1:0.25; 1:0.5; 1:0.75) para luego cambiar a un medio alcalino progresivamente y mantenerse en un pH promedio de 8. En los RAs donde se trabajó con una proporción de DO/EV: 1:1 y 1:1.5, este cambio fue semejante y

se produjo aproximadamente a los 13 y 14 días, respectivamente, de iniciada la prueba.

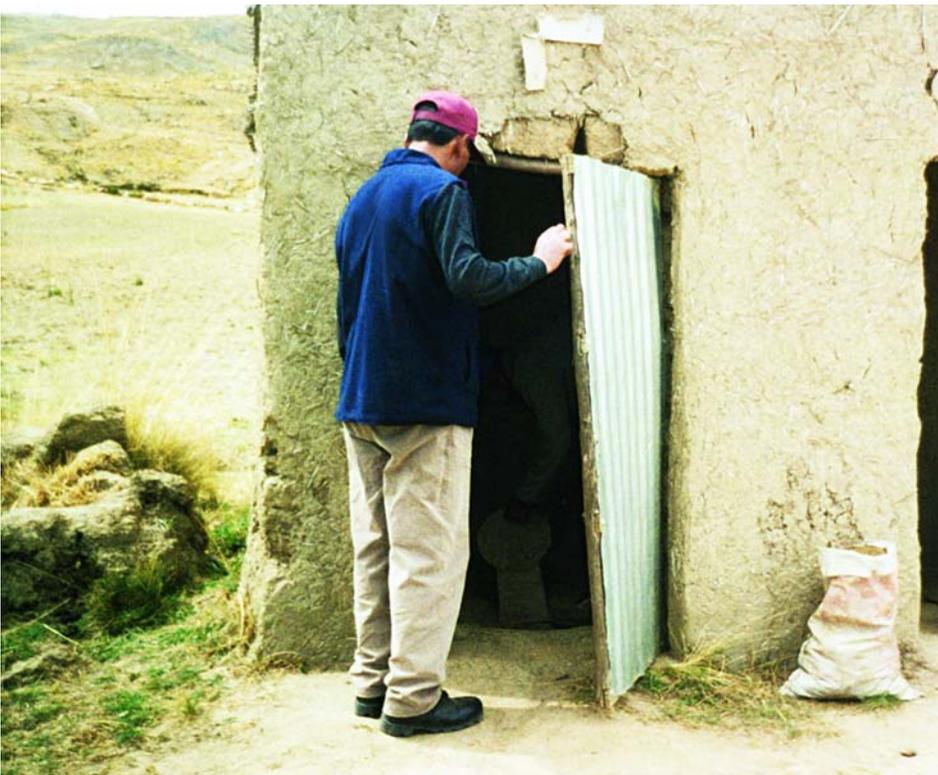
Con relación a la generación de los gases involucrados en el proceso anaeróbico, se observaron, en la primera fase (medio ácido), en ambas muestras una generación importante de  $H_2S$  y, paralelamente, una generación de  $CH_4$  (llegando a 2,7% en volumen). En la fase alcalina, la tendencia del  $H_2S$  es la disminución sostenida y en paralelo un aumento sostenido del metano. De tal forma, que el uso de EV ayudó al buen desempeño del proceso anaeróbico y a la neutralización de los olores desagradables emanados de las letrinas sanitarias.

De estos resultados se deduce que tanto

la cal como la ceniza, principalmente, son buenos elementos para modificar el pH de un medio ácido a un alcalino, a niveles de 8 y 9. Sin embargo, los microorganismos responsables de la generación del gas metano son sensibles a los cambios bruscos y condiciones extremas. Por consiguiente, estos elementos inorgánicos no inciden ni favorecen al proceso metabólico y, por el contrario, estarían posibilitando la perturbación de la acción simbiótica de las bacterias, cuando ocurren cambios violentos y extremos del pH. El punto óptimo de fermentación está entre los 7.2 y 7.8 de la escala de pH, es decir un tanto alcalino.

El uso de elementos inorgánicos como la cal y la ceniza atenta contra el adecuado desarrollo del control biológico de los olores desagradables en las letrinas, es por esta razón que no es adecuado para propiciar el crecimiento de los microorganismos asociados a una reacción anaeróbica. Con el uso del material orgánico se logra modificar el pH a niveles adecuados y compensar con microorganismos que completan el proceso anaeróbico. De esta manera se logra un control biológico de los olores desagradables generados en el hoyo de las letrinas.

El estiércol de animales rumiantes, como la del ganado vacuno y ovino, o de las acémilas, contiene cantidades importantes de metanobacterias, las cuales compensan el déficit de estos microorganismos cuando son depositados en el hoyo de las letrinas, restableciendo el equilibrio simbiótico para el consumo de los ácidos y elevar el pH a niveles que posibilita la reducción del gas hidrógeno de sulfuro y el aumento sostenido del metano.



## La eficacia del uso de estiércol para el control de olores en las letrinas

Luego de las pruebas de laboratorio que evidenciaron la eficacia del uso del estiércol de animales rumiantes para controlar los malos olores en las letrinas, se procedió con el estudio de campo con el propósito de verificar estos resultados en condiciones reales en la comunidad. Para la muestra se seleccionaron 143 familias de comunidades rurales de tres departamentos de la sierra, como se indica en la tabla N° 2: Cajamarca, Ancash y Puno.

**Tabla 2: Comunidades seleccionadas para el estudio de campo**

Departamento	Provincia	Distrito	Comunidad
Cajamarca	Cajamarca	Asunción	Chirihual Mollepata
Ancash	Huaraz Huaylas	Huaraz Villa Sucre	Incahuasi Huinó
Puno	Azángaro	Arapa	Pesquería Villa Betanzos

### Línea basal: Aspectos sanitarios y técnicos del uso de las letrinas

El estudio de campo se inició con un diagnóstico para establecer la línea basal de los aspectos sanitarios y técnicos del uso y mantenimiento de las letrinas en las comu-

nidades seleccionadas.

En la tabla N° 3, se señala el número de familias por cada comunidad seleccionada que fueron objeto de las encuestas.

**Tabla 3: Número de familias encuestadas y monitoreadas en el estudio de campo**

Departamento	Comunidades	N°Familias
Cajamarca	Chirihual	18
	Mollepata	25
Ancash	Incahuasi	25
	Huinó	25
Puno	Pesquería	25
	Villa Betanzos	25

El diagnóstico manejó las siguientes variables respecto a las letrinas: i) uso, mantenimiento e higiene; ii) percepción de malos olores; y iii) conocimiento y aplicación de medidas para mitigar el mal olor.

#### (I) Uso, mantenimiento e higiene de letrinas

Para la primera variable se evidenció que el 87% de las familias encuestadas usa las letrinas; el 58% las mantiene en condiciones higiénicas adecuadas; y el 69% de las familias usa letrinas con todos sus elementos estructurales y funcionales, es decir, son letrinas completas<sup>4</sup>.

#### (II) Percepción de malos olores

Con relación a los malos olores en letrinas, se consideró la percepción tanto del entrevistado (usuario) como del entrevistador. El resultado fue el siguiente: el 60.6% de los entrevistados percibió malos olores; y en el



79.6% de las letrinas evaluadas el entrevistador percibió malos olores. La evaluación de esta variable es bastante subjetiva, por lo que se trabajó con la percepción del usuario permanente (entrevistado) y del usuario ocasional o no usuario (entrevistador).

Con respecto a la percepción de mal olor en letrinas completas, del total de éstas, en el 57.7% el entrevistador percibió malos olores en la evaluación y los entrevistados lo percibieron en un 42.3%.

#### (III) Conocimiento y aplicación de medidas para mitigar el mal olor en letrinas

En esta tercera variable, la encuesta mostró que el 72.5% de las familias tenía

<sup>4</sup>Letrina completa es aquella, que posee caseta, puerta, tubería de ventilación (opcional) y tapa sanitaria.

Para evaluar los resultados de la variable “percepción de malos olores”, se ha considerado la percepción del entrevistador para eliminar el sesgo que podría generar la probable respuesta parcializada del entrevistado.

conocimiento de algún elemento para controlar los olores desagradables; y el 64.8% conocía que el estiércol sirve para el control de estos olores. Sin embargo, solamente el 47.2% de las familias encuestadas utilizaba el estiércol para estos fines.

#### Eficacia y aceptabilidad del uso del estiércol

Luego de realizado el diagnóstico, se inició por ocho semanas el monitoreo a las familias de la muestra y, paralelamente, como testigo a seis familias seleccionadas en cada una de las comunidades del estudio.

Las familias objeto del monitoreo fueron previamente capacitadas en el uso y mantenimiento de letrinas, así como en la aplicación de estiércol para el control de malos olores en estas instalaciones. El tipo de estiércol que se utilizó en cada comunidad de los tres departamentos fue elegido en función a la experiencia y a la disponibilidad del material orgánico en la localidad, como se indica en la tabla N° 4.

**Tabla 4: Material orgánico utilizado en el estudio de campo según departamento**

Departamento	Material orgánico
Cajamarca	Estiércol de Vacuno (EV)
Ancash	Estiércol Acémila (EA)
Puno	Estiércol Ovino (EO)

A continuación se presentan los resultados de las 8 semanas de monitoreo con respecto a las tres variables. Para evaluar los resultados de la variable “percepción de malos olores”, se ha considerado la per-

cepción del entrevistador para eliminar el sesgo que podría generar la probable respuesta parcializada del entrevistado. La información que se presenta a continuación obedece a dos momentos, al inicio, antes de la capacitación a las familias (FSC), y al final del monitoreo, luego de recibir capacitación (FCC).

#### La experiencia de Cajamarca

##### Uso, mantenimiento e higiene de letrinas

El 100% de las familias monitoreadas en las dos comunidades ha seguido utilizando las letrinas sanitarias, desde el inicio del estudio. El 86% logró condiciones higiénicas adecuadas, aumentando en 28.3% luego de la capacitación. Respecto al uso de letrinas completas, el 92.5% de las familias usó letrinas con todos sus elementos estructurales y funcionales, ampliando en 8.8 puntos respecto al valor inicial del diagnóstico.

##### Percepción de malos olores

El material orgánico utilizado en este departamento fue estiércol de vacuno (EV) y la dosis aplicada para el control de los olores en las letrinas en las comunidades de Chirihual y Mollepatá fueron de 250 gramos al día y 1000 gramos por semana, respectivamente. Los resultados se presentan en las tablas 5 y 6.

Al inicio de la prueba de campo, el índice de generación de malos olores (IGO) en letrinas usadas por familias sin capacitación (FSC) fue de 94.4%. Luego de las 8 semanas este índice se redujo a 16,7%. Si todas las variables que inciden en la

**Tabla 5: Evaluación de las letrinas en la comunidad Chirihual (dosis de EV=250gr/día)**

Momento de evaluación	Percepción olor		Total de letrinas
	+	-	
Inicio (FSC)	17	1	18
Final (FCC)	3	15	18
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>36</b>

generación de malos olores están controladas, entonces el factor estiércol tiene un índice de posibilidad atribuible (IPA) en el control de olores de 77.7%.

**Tabla 6: Evaluación de las letrinas en la comunidad Mollepatá (dosis de EV=1000gr/semana)**

Momento de evaluación	Percepción olor		Total de letrinas
	+	-	
Inicio (FSC)	21	4	25
Final (FCC)	14	11	25
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>15</b>	<b>50</b>

En la comunidad de Mollepatá, el IGO al inicio fue de 84% y al final del monitoreo de 56%. Por tanto, cuando se utiliza la dosis de 1,000 gr/semana, el índice de posibilidad atribuible (IPA) es de 28%.

##### Conocimiento y aplicación de medidas para mitigar el mal olor en letrinas

Las dos comunidades desde el inicio mostraron un conocimiento de medidas para mitigar los malos olores en letrinas. Al final del monitoreo, la encuesta mostró que el 100% de las familias tenía conocimiento sobre algún elemento para controlar los olores desagradables y, sobre todo, conocía que el estiércol sirve para este

propósito. Con respecto al uso del estiércol, al final del monitoreo, el 100% de las familias capacitadas usaba este material orgánico para el biocontrol de los olores.

### La experiencia de Ancash

#### Uso, mantenimiento e higiene de letrinas

Al final del monitoreo, las familias seleccionadas en las dos comunidades alcanzaron el 100% en el uso continuo de las letrinas sanitarias, aumentando en 36.6% luego de la capacitación. El 85.7% logró condiciones higiénicas adecuadas de las letrinas, aumentando en 18.8% respecto del inicio del estudio. En relación al uso de letrinas completas, al final del monitoreo el 91.8% de las familias usaba las letrinas con todos sus elementos estructurales y funcionales, ampliando en 38.9 puntos respecto al valor inicial del diagnóstico.

#### Percepción de malos olores

En las comunidades de Incahuasi y Huinó se utilizó como material orgánico para el control de los olores, estiércol de acémila (EA) con una dosis de 250 gramos al día y 1,000 gramos por semana, respectivamente. Los resultados se presentan en las tablas 7 y 8.

**Tabla 7: Evaluación de las letrinas en la comunidad Incahuasi**  
(dosis de EA=250gr/día)

Momento de evaluación	Percepción olor		Total de letrinas
	+	-	
Inicio (FSC)	12	13	25
Final (FCC)	4	21	25
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>34</b>	<b>50</b>

El IGO al inicio fue de 48% y al final del monitoreo de 16%. El índice de posibilidad atribuible al factor “estiércol de acémila como control de olores en letrinas” es de 32%.

**Tabla 8: Evaluación de las letrinas en la comunidad Huinó**  
(dosis de EA=2000gr/semana)\*

Momento de evaluación	Percepción olor		Total de letrinas
	+	-	
Inicio (FSC)	17	7	24
Final (FCC)	5	19	24
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>48</b>

\* En esta comunidad se tuvo que aumentar la dosis de estiércol utilizado, debido a que los integrantes por familia eran superior a cinco personas. Por esta razón, la dosis se aumentó en 100%, es decir 2000 gramos por semana.

El IGO al inicio fue de 70.8% y al final del monitoreo de 20.8%. Por tanto, el índice de posibilidad atribuible al uso adecuado del EA es de 50%.

#### Conocimiento y aplicación de medidas para mitigar el mal olor en letrinas

Al inició del estudio (antes de la capacitación), el 63.8% de las familias tenía algún conocimiento de medidas para mitigar los malos olores en letrinas. Al final del monitoreo se logró que el 98% de las familias tenga estos conocimientos, es decir, hubo una mejora del 34.3%. Con respecto al conocimiento del estiércol para el control de olores, al final se logró que el 100% de las familias conociera las bondades de este material, mejorando en 59.1%. De igual manera, se logró que el 100% de las familias utilice el estiércol como material orgánico

para el biocontrol de los olores, mejorando en 79.6 puntos.

### La experiencia de Puno

#### Uso, mantenimiento e higiene de letrinas

El 100% de las familias en las dos comunidades, tanto al inicio como al final, hizo uso de las letrinas sanitarias. El 54% de familias que realizaba una limpieza adecuada de las letrinas al inicio, aumentó a 86% al final del monitoreo, con una mejora de 32 puntos de esta variable. Con respecto al uso de letrinas completas, el 84% de las familias usaba letrinas con todos sus elementos estructurales y funcionales al final del monitoreo, ampliando en 12 puntos respecto al valor inicial del diagnóstico.



La aplicación de estiércol en las letrinas es socialmente aceptado, por cuanto su uso es habitual en otras actividades de las comunidades rurales.

### Percepción de malos olores

En las comunidades de Pesquería y Villa Betanzos se utilizaron 250 gramos al día y 1000 gramos a la semana de estiércol de ovino (EO), como dosis para el control de los olores. Los resultados al inicio y al final del monitoreo se presentan en las tablas 9 y 10.

**Tabla 9: Evaluación de las letrinas en la comunidad Pesquería**  
(dosis de EO=250gr/día)

Momento de evaluación	Percepción olor		Total de letrinas
	+	-	
Inicio (FSC)	24	1	25
Final (FCC)	4	21	25
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>22</b>	<b>50</b>

El IGO al inicio fue de 96% y al final del monitoreo de 16%. El índice de posibilidad atribuible (IPA) al factor “estiércol de ovino como control de olores en letrinas” es de 80%.

Cuando la dosis fue de 1000 gramos por semana, el IGO al inicio fue de 88% y al final del monitoreo de 20%. Por tanto, el índice de posibilidad atribuible al uso adecuado del EO es de 68%.

**Tabla 10: Evaluación de las letrinas en la comunidad Villa Betanzos**  
(dosis de EO=1000gr/semana)

Momento de evaluación	Percepción olor		Total de letrinas
	+	-	
Inicio (FSC)	22	3	25
Final (FCC)	5	20	25
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	<b>50</b>

### Conocimiento y aplicación de medidas para mitigar el mal olor en letrinas

El 58% de las familias mostró algún conocimiento sobre prácticas para atenuar los malos olores en las letrinas. Al final se logró que el 100% cuente con estos conocimientos, es decir hubo una mejora de 42%. Al finalizar el estudio de campo se logró que el 100% de las familias conociera las bondades de este material, mejorando en 42%. De igual manera, se logró que el 100% de las familias utilice el estiércol como material orgánico para el biocontrol de los olores, mejorando en 56 puntos.

## Observaciones finales

Los resultados con respecto a la variable percepción de olor en las letrinas de las familias monitoreadas se sintetizan en la tabla N° 11.

**Tabla 11: IGO e IPA según tipo de estiércol y dosis de aplicación**

Tipo de estiércol	(250gr/día)		(1000gr/semana)	
	IGO	IPA	IGO	IPA
EV	16.7	77	56	28
EA	16	32	20.8*	50*
EO	16	80	20	68

\*La dosis utilizada fue de 2,000 gramos por semana

Asimismo, se observa que:

- La aplicación de material orgánico (estiércol de vacuno, ovino y acémila) para el control de los malos olores generados por la descomposición de la materia orgánica muerta en las letrinas

ha evidenciado la reducción del índice de generación de olor (IGO) en los tres casos.

- El desempeño adecuado del estiércol está asociado al manejo apropiado de la variable mantenimiento e higiene de la letrina.
- El trabajo de capacitación realizado en el estudio permitió que, durante las 8 semanas de monitoreo, el 100% de las familias utilice adecuadamente material orgánico, y que el 86% de familias de cada comunidad en promedio mantuviera medidas adecuadas de higiene y uso de letrinas completas.
- La aplicación diaria de estiércol es la frecuencia que mejor resultados ha dado para el control de los malos olores en las letrinas. Esto se evidencia en la reducción de los IGO a 16.7% y 16%, después de la aplicación del estiércol de ganado vacuno y ovino, respectivamente.



- El uso de estiércol tanto vacuno como ovino, ha tenido un mejor desempeño en el control de la generación del gas sulfuro de hidrógeno que el estiércol de acémila. La explicación de esta evidencia obedecería a que, utilizando la misma dosis, frecuencia y número de días de aplicación, respecto a los otros dos materiales orgánicos, sólo se consiguió un IPA de 32%, frente a los 77% y 80% atribuible a la aplicación del EV y EO, respectivamente.

## Conclusiones

- Uno de los principales factores de rechazo de las letrinas en el área rural, son los malos olores. Ello se debe a un diseño deficiente, construcción inadecuada o falta de mantenimiento. Cuando el tubo de ventilación es incluido de manera apropiada, permite un buen control de los gases.
- El biocontrol de la generación del gas sulfuro de hidrógeno, responsable de los malos olores en las letrinas, utilizando estiércol de animales rumiantes, resulta ser una práctica adecuada en algunas comunidades rurales.
- La aplicación de estiércol en las letrinas es socialmente aceptado por cuanto su uso es habitual en otras actividades de las comunidades rurales.
- Al optar por estiércol para mitigar malos olores en las letrinas, se recomienda su uso diario, ya que permite una mayor renovación de las metanobacterias y asegura una cantidad adecuada en el



reactor de la letrina para el proceso anaeróbico completo. Asimismo, se recomienda que la aplicación de este material sea fresco.

- La manipulación de excretas de animales implica algún riesgo para la salud de las personas, por esta razón se recomienda evitar contacto directo con las excretas de animales y en caso que ocurriera, lavarse las manos con abundante agua

y jabón (a falta de jabón, ceniza).

- Los resultados del estudio maximizan el uso de las letrinas de hoyo seco, en las cuales se dan intensos procesos anaeróbicos. Dado su bajo costo para el saneamiento rural, dicha técnica puede mejorar las condiciones sanitarias de las comunidades rurales.

### América Latina y el Caribe

Oficina Banco Mundial, Lima.  
Av. Alvarez Calderón No. 185,  
San Isidro, Lima, Perú

Teléfono: (511) 615-0685

Fax: (511) 615-0689

E-mail: [wspandean@worldbank.org](mailto:wspandean@worldbank.org)

Sitio web: <http://www.wsp.org>

### LAS NOTAS DE CAMPO DEL PAS:

Las notas de campo del PAS describen y analizan proyectos y actividades del sector de agua y saneamiento que proveen lecciones para los profesionales y el personal enfrentando retos en el área urbana y rural.

Los criterios de selección para la documentación de casos y experiencias son los siguientes: impacto a gran escala, sostenibilidad demostrada, una buena recuperación de costos, condiciones replicables y liderazgo.

### Lista de Acrónimos

<b>CH<sub>4</sub></b>	Gas metano
<b>CO</b>	Monóxido de carbono
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>DO</b>	Descomposición del desecho orgánico
<b>EA</b>	Estiércol de acémila
<b>EO</b>	Estiércol de ovino
<b>EV</b>	Estiércol de vaca
<b>FCC</b>	Familias con capacitación
<b>FSC</b>	Familias sin capacitación
<b>H<sub>2</sub>S</b>	Sulfuro de hidrógeno
<b>IGO</b>	Índice de generación de malos olores
<b>IPA</b>	Índice de posibilidad atribuible
<b>pH</b>	Grado de hidrógeno
<b>RA</b>	Reactor anaeróbico

### Referencias

- Asa, Jarvis. Evaluation of silage-fed biogas process performance. Estocolmo, Suecia, 1996, pp. 18 a 22.
- CARE Perú y PAS. Lecciones aprendidas del proyecto piloto de agua y saneamiento rural PROPILAS en Cajamarca, Perú. Lima, Perú, 2002, pp. 69.
- Figueiredo, María da Gloria. Microbiología de la Digestión Anaeróbica. Texto de Consulta del Curso Tratamiento de Desagües y Efluentes Industriales. Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental (CETESB) Secretaría de Gobierno de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de São Paulo, Brasil. S.P. Brasil, 1990.
- López Real, Gabriel. Control Biológico de Olores en Letrinas (No publicado). Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial, Lima, Perú, 2001, pp.10 a 16.
- Dohányos, M. y Záborská, J. Anaerobic digestion. Sludge into biosolid processing, Disposal, Utilization. Praga, República Checa, 2002; pp. 25.
- Metcalf & Edy Inc. Labor. Ingeniería sanitaria, tratamiento, evaluación y reutilización de las aguas residuales. Barcelona, España, 1994.
- PAS y UNICEF. Saneamiento y cultura, Síntesis de un estudio antropológico sobre saneamiento en el área rural de Bolivia. Lima, Perú, 2001, pp. 11 a 17.

Junio 2004

### MISIÓN DEL PAS:

Apoyar a la población más pobre a obtener acceso sostenido a servicios de agua y saneamiento mejorados.

### SOCIOS DONANTES DEL PAS:

Los gobiernos de Alemania, Australia, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Holanda, Italia, Japón, Luxemburgo, Noruega, Reino Unido, Suecia, Suiza, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Banco Mundial.

### RECONOCIMIENTOS:

La presente Nota de Campo ha sido elaborada a partir del estudio de tesis de grado y trabajo de campo de Gabriel López de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería. Asimismo, ha sido posible gracias a las contribuciones de las siguientes personas e instituciones:

### Edición:

Eugenio Bellido

### CARE Perú:

Marco Campos  
Asesor Agua y Saneamiento

### Programa de Agua y Saneamiento, América Latina

Francois Brikke, Director Regional  
Rafael Vera, Coordinador Oficina Perú  
Oscar Castillo  
Beatriz Schippner  
Luciana Mendoza