

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA**

**Evaluación sanitaria de abonos orgánicos  
obtenidos de letrinas aboneras secas familiares,  
en el municipio de Todos Santos Cuchumatán  
del departamento de Huehuetenango**

Informe de Tesis

Presentado por

Nirma Renata Moreira Ramírez

Para optar al título de:

Química Bióloga

Guatemala, abril del 2,000

DL  
06  
7(2054)

**NOMINA DE INTEGRANTES DE JUNTA DIRECTIVA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

<b>Decana:</b>	Licda. Hada Marieta Alvarado Beteta
<b>Secretario:</b>	Lic. Oscar Federico Nave Herrera
<b>Vocal I:</b>	Dr. Oscar Manuel Cobar Pinto
<b>Vocal II:</b>	Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda
<b>Vocal III:</b>	Lic. Rodrigo Herrera San José
<b>Vocal IV:</b>	Br. David Estuardo Delgado González
<b>Vocal V:</b>	Br. Estuardo Solórzano Lemus

## ACTO QUE DEDICO

A toda mi familia por su amor, comprensión y aliento en todas las etapas de mi vida,  
en especial a mi madre por sus sacrificios y a Ivan por ser mi mejor amigo y compañero.

## AGRADECIMIENTOS

A la Licda. Karin Herrera y al Laboratorio Microbiológico de Referencia (LAMIR), por haberme permitido realizar este trabajo de investigación en pro del saneamiento ambiental y de la salud de las comunidades rurales de Guatemala.

## INDICE

	Pág.
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCION	3
III. ANTECEDENTES	5
A. Composición de las excretas y riesgos de su uso en agricultura	5
1. <u>Composición química</u>	5
2. <u>Organismos patógenos en las excretas</u>	5
a) Bacterias	5
b) Helmintos	7
c) Protozoos	9
d) Virus	10
3. <u>Categorías de las infecciones relacionadas con las excretas</u>	10
a) Categoría I	10
b) Categoría II	11
c) Categoría III	11
d) Categoría IV	12
e) Categoría V	12
f) Categoría VI	12
B. La contaminación fecal	12
C. La letrina abonera seca familiar como sistema de tratamiento de excretas	14
D. Análisis físicos, químicos y microbiológicos a considerar en este estudio	16
1. <u>Análisis químico</u>	16
2. <u>Análisis físico</u>	17
3. <u>Análisis microbiológico</u>	17
E. Experiencias con LASF en Guatemala	20
III. JUSTIFICACION	22

<b>IV. OBJETIVOS</b>	24
<b>V. HIPOTESIS</b>	25
<b>VI. MATERIALES Y METODOS</b>	26
<b>A. Universo</b>	26
<b>B. Materiales</b>	26
1. <u>Reactivos</u>	26
2. <u>Cristalería</u>	26
3. <u>Materiales</u>	27
4. <u>Equipo</u>	27
<b>C. Métodos</b>	28
1. <u>Diseño de muestreo</u>	28
2. <u>Metodología de análisis</u>	30
a) Toma de muestras	30
b) Análisis microbiológico	30
i) Recuento de coliformes totales y fecales	30
ii) Recuento y determinación del porcentaje de viabilidad de huevos de helmintos	31
c) Análisis físico	31
d) Análisis químico	32
<b>VIII. RESULTADOS</b>	33
<b>IX. DISCUSION DE RESULTADOS</b>	36
<b>X. CONCLUSIONES</b>	38
<b>XI. RECOMENDACIONES</b>	39
<b>XII. REFERENCIAS</b>	40
<b>XIII. ANEXOS</b>	43

## I. RESUMEN

En 18 comunidades del municipio de Todos Santos Cuchumatán del departamento de Huehuetenango, Médicos Sin Fronteras sección Suiza desarrolló un programa de saneamiento del medio, ayudó a construir 826 letrinas aboneras secas familiares (LASF) e implementó un programa de educación ambiental y supervisión continua del manejo y uso de las mismas.

El proceso de desecación alcalina que ocurre en las mismas permite obtener un abono orgánico que puede ser utilizado en los cultivos de la región.

Para evaluar desde el punto de vista sanitario los abonos obtenidos, se escogieron al azar 10 comunidades y se evaluó cierto número de muestras de cada una de acuerdo a un cálculo estadístico. Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio Microbiológico de Referencia (LAMIR), en donde se les realizaron los siguientes análisis: a) Recuento de coliformes totales y fecales por la técnica del número más probable (NMP), b) recuento y determinación de la viabilidad de huevos de helmintos, por el método de Stoll modificado en lámina, c) determinación del pH por el método potenciométrico y c) determinación del porcentaje de humedad por el método gravimétrico.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes: a) coliformes fecales:  $14 \pm 1$  NMP/g, b) porcentaje de huevos viables de helmintos: 0 por ciento, c) pH:  $10.51 \pm 0.51$  y d) porcentaje de humedad:  $17.75 \pm 1.68$ . Estos resultados se encuentran dentro del rango recomendado por la Organización Mundial de la Salud para coliformes fecales y huevos viables de helmintos y dentro de las condiciones de pH alcalino y porcentaje de humedad menor del 50 por ciento

recomendadas por el Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología apropiada (CEMAT).

A partir de los resultados obtenidos se concluyó que el programa de letrización, educación ambiental y supervisión continua implementado en Todos Santos Cuchumatán, ha contribuido a la obtención de un abono orgánico sanitariamente seguro para su uso en agricultura y que no conlleva riesgos de salud a los agricultores y consumidores.



## II. INTRODUCCION

El manejo inadecuado de los desechos y las excretas, conlleva serios problemas de salud a las comunidades debido a la contaminación de las fuentes de agua cercanas y del medio ambiente. Este problema se ve incrementado en las áreas rurales de Guatemala, en las que no existen sistemas de drenajes adecuado, siendo la defecación al aire libre aún una práctica común.

Desde la década del 70, varias instituciones se han dedicado a la búsqueda de tecnologías de manejo y tratamiento de las excretas de fácil utilización y bajo costo. El Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología Apropriada (CEMAT), realizó una investigación y concluyó que las letrinas aboneras secas familiares (LASF), son las más recomendadas para ser utilizadas por las familias del área rural, ya que además del tratamiento de las excretas, se obtiene un abono orgánico de menor costo que los fertilizantes químicos y con cantidad adecuada de nutrientes para su uso en los cultivos.

Desde 1993 Médicos Sin Fronteras (MSF) sección Suiza ha construido 826 LASF en 18 comunidades del municipio de Todos Santos Cuchumatán del departamento de Huehuetenango. El proyecto conllevó no sólo la construcción de las LASF, sino también programas de educación ambiental a los usuarios y formación de supervisores, para la continua evaluación del uso y manejo de las LASF.

Dentro del programa de evaluación se analizó el abono obtenido en el Laboratorio Microbiológico de Referencia (LAMIR), para compararlo con las directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura, publicadas por la organización mundial de la salud en 1990.

Las muestras de abono fueron escogidas aleatoriamente y analizadas según los métodos sugeridos por CEMAT. Los parámetros evaluados fueron: coliformes totales

y fecales, recuento y determinación del porcentaje de viabilidad de huevos de helmintos, determinación de pH y determinación del porcentaje de humedad.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, MSF sección Suiza tomará las decisiones pertinentes para mejorar el uso y manejo de LASF en estas comunidades.

### III. ANTECEDENTES

#### A. Composición de las excretas y riesgos de su uso en agricultura

##### 1. Composición química

Las excretas, especialmente las heces, poseen una variable composición (anexo 1). Los principales elementos químicos que contienen son: carbono, nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, así como elementos traza. La orina contiene los mismos elementos que las heces, pero en diferentes proporciones. De acuerdo al porcentaje en base seca, las heces contienen más fósforo que la orina (0.1 por ciento), pero la orina contiene considerablemente más nitrógeno (arriba del 12 por ciento) y más del 2 por ciento de potasio. Las heces contienen alrededor del 35 por ciento más de elementos traza (elementos nutritivos menores) que la orina (1).

##### 2. Organismos patógenos en las excretas

Son cuatro los grupos principales de organismos que se encuentran contenidos en las excretas: bacterias, helmintos, protozoos y virus, las excretas además favorecen la reproducción de insectos, particularmente moscas, mosquitos y cucarachas que se consideran vectores de otros agentes que pueden causar enfermedad al hombre y que no se encuentran contenidos en las excretas. Estos organismos poseen diferentes tiempos de sobrevivencia fuera del hospedero, dependiendo de la patogenicidad, la temperatura y las condiciones del medio en que se encuentren (2).

a) Bacterias: Las heces de una persona saludable contienen un gran número

de especies de bacterias comensales. En el anexo 2 se presentan las distintas especies de bacterias, que se encuentran en diferente concentración en las heces de personas de diversos países del mundo.

Como las bacterias comensales son ubicuas y se encuentran en gran concentración en las heces de personas saludables, han sido utilizadas como indicadores de contaminación fecal. Estas bacterias viven en el tracto gastrointestinal del hombre y de animales de sangre caliente sin causar enfermedad, sin embargo, en algunas ocasiones, algunas de estas bacterias poseen cepas particulares que pueden causar enfermedades al igual que las que no pertenecen a la microbiota normal intestinal (anexo 3).

Existen 2 tipos principales de bacterias coliformes: 1) el grupo de los coliformes totales y 2) el grupo de los coliformes fecales. En el grupo de los coliformes totales se encuentran bacterias que se encuentran normalmente en el suelo y aguas no contaminadas, mientras que en el grupo de los coliformes fecales se encuentran bacterias contenidas únicamente en las excretas, estas bacterias incluyen bacilos gramnegativo, aeróbicos y anaerobios facultativos no esporoformadores, que fermentan la lactosa con producción de gas en un periodo de 24 horas a  $44.5 \pm 0.2$  °C.

Tres grupos de bacterias se utilizan como indicadores de contaminación fecal: coliformes fecales, estreptococos fecales y la bacteria anaerobia *Clostridium perfringes*. Solamente los coliformes fecales (especialmente *Escherichia coli*), son indicadores definitivos de contaminación fecal, los coliformes totales son solamente "presuntivos" indicadores de que la muestra pueda estar contaminada. Es importante la cuantificación de coliformes fecales en las excretas tratadas que se utilizarán en agricultura como aditivo para el mejoramiento del suelo, debido a que una alta concentración de estos

indica una mayor probabilidad de que la misma contenga bacterias patógenas al hombre (2).

Para evitar riesgos a los agricultores y consumidores de hortalizas y verduras abonadas con abonos obtenidos de excretas, es indispensable que el tratamiento que se le da al mismo, disminuya considerablemente el número de coliformes fecales. Según datos no publicados de científicos vietnamitas, la utilización de letrinas aboneras secas reduce los niveles de *E. coli* a valores aceptables después de 7 semanas de reposo en las cámaras. La adición de cal a las excretas aumenta considerablemente el pH y reduce la concentración de coliformes fecales. Polprasert y Valencia en 1981 aplicaron varias concentraciones de cal a muestras fecales colectadas de niños de una escuela en Bangkok, Tailandia. El pH inicial era de 5.4-6.0, y la concentración de coliformes fecales era de  $4.6 \times 10^{10}$  a  $1 \times 10^{10}$  por mililitro, sin embargo, la adición de 5,700 miligramos de CaO por litro aumentó el pH a 9 y redujo la concentración de coliformes de 0-1 unidades log y la adición de 19,000 miligramos de CaO por litro aumentó el pH a 12 y redujo la concentración de coliformes de 4-6 unidades log. La muerte de los coliformes fecales ocurre en las 3 primeras horas después de la adición de cal (2).

b) Helmintos: Gran número de helmintos no son parásitos del hombre y viven de forma libre en el suelo y agua (3). Sin embargo, las heces de individuos infectados por parásitos son un riesgo para la salud, debido a que contienen variedad de parásitos en cantidades elevadas, pudiendo transmitirse si la higiene personal y del vecindario es insuficiente, si las heces no son eliminadas adecuadamente, o no son tratadas previo a su utilización (4). Los huevos de algunos helmintos son excretados en las heces (anexo 4). Los helmintos se clasifican en tres grupos principales: los

nemátodos o gusanos redondos, los céstodes o gusanos planos y los tremátodos o fasciolas (5,6).

Varios estudios de las diarreas infecciosas y las parasitosis en Centro América demuestran que los parásitos más importantes para la evaluación sanitaria de abonos procesados son: *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* y las uncinarias (*Ancylostoma duodenale* y *Necator americanus*) (5). Debido a su resistencia en el ambiente y agua los huevos de *A. lumbricoides* se utilizan como referencia de la eliminación de parásitos por los sistemas de tratamiento de excretas. El huevo de *A. lumbricoides* sobrevive por varios años en el suelo, aproximadamente siete años en suelos húmedos y sombríos; y bajo la superficie más que en la cima, reduciendo su sobrevivencia la exposición al sol y la desecación (2,7,8).

En heces y abonos orgánicos el tiempo de sobrevivencia del huevo de *A. lumbricoides* es de un año. En las heces expuestas al aire libre los huevos desarrollan y embrionan, en condiciones anaerobias este proceso es detenido pero puede comenzar cuando se introduce aerobiosis (2,7,8).

Para el diagnóstico de las infecciones causadas por helmintos, se han desarrollado una variedad de técnicas basadas usualmente en la detección de los huevos de los parásitos. Varias de estas técnicas han sido utilizadas con la recomendación de escoger el método adecuado y tener cierta destreza en el mismo (9,10).

De los métodos existentes para la cuantificación de huevos de helmintos, el método de dilución de Stoll ha sido propuesto para la evaluación de fertilizantes orgánicos (11). Este método emplea NaOH al 0.1 N, para el aclaramiento de la muestra, ya que digiere la materia orgánica y permite la visualización de los huevos de helmintos. Este método tiene la desventaja de necesitar cristalería especial y de

consumir mucho tiempo. La determinación rápida ha sido hecha por medio de la técnica en lámina que da resultados confiables y equiparables al de Stoll (11). Luego se determina la viabilidad de los huevos encontrados por el método de observación microscópica, que se utiliza en laboratorios pequeños (11,12,13).

La viabilidad de los huevos de helmintos por esta técnica, está basada en la característica de los huevos de aceptar o no colorantes supravitales (14,15). Entre las soluciones más utilizadas están Sudan III en alcohol al 75 por ciento (16), la solución de sulfato azul de nilo (15) y el azul de metileno de Evans al 0.06 por ciento, como sugiere CEMAT (16). Para distinguir entre un huevo viable y no viable se deben observar cambios morfológicos en los huevos muertos como: vacuolas en citoplasma, citólisis y encogimiento del huevo y discontinuidad o ruptura de la corteza (17).

La ventaja de las técnicas de tinción sobre otras técnicas, como la inoculación en animales de laboratorio, es que se utiliza poco tiempo, son sensibles, no requieren de equipo especial o reactivos especiales, y no necesitan de animales de experimentación (11).

c) Protozoos: Muchas especies de protozoos pueden infectar al hombre y causarle diferentes enfermedades. Las formas infectivas de los protozoos son generalmente los quistes excretados en las heces, y el hombre se infecta al ingerirlos del agua y alimentos. Solo tres especies de protozoos se consideran como agentes patogénicos frecuentes : *Giardia lamblia*, *Balantidium coli* y *Entamoeba histolytica*, (anexo 5). Estos protozoos presentan un ciclo biológico sencillo que no requiere de hospederos intermediarios, y poseen únicamente reproducción asexual. Las formas infectantes de los protozoos son relativamente resistentes en condiciones de humedad y frescura, sin embargo, son extremadamente sensibles a factores físicos como la

deseccación, por lo que las LASF son una buena alternativa para la destrucción de estos parásitos. Sin embargo, si la letrina no es manejada adecuadamente, sobretodo en lo que humedad respecta, ciertos protozoos pueden sobrevivir por algún tiempo en el material (4).

d) Virus: Un número considerable de virus pueden infectar el tracto gastrointestinal y ser expulsados con las heces, siendo una fuente importante de contaminación para otros seres humanos, ya sea por ingestión o inhalación de los mismos. Un gramo de heces humanas puede contener 10 partículas infecciosas virales. Aunque los virus no pueden multiplicarse fuera de las células del hospedero, pueden permanecer vivos por varias semanas en el ambiente, especialmente si las temperaturas son bajas (menos de 15 °C). Existen 5 grupos principales de virus patogénicos que son expulsados en las excretas (anexo 6), particularmente son importantes los adenovirus, enterovirus, virus de hepatitis A, retrovirus y rotavirus (2).

### **3. Categorías de las infecciones relacionadas con la excreta**

De acuerdo a las características de cada una de las enfermedades de transmisión fecal, por su forma de contagio, su interacción con otros factores ambientales y a las principales estrategias para su control, las enfermedades infecciosas de transmisión relacionadas con las excretas han sido clasificadas en seis grupos (anexo 7).

a) Categoría I: Las enfermedades pertenecientes a esta categoría tienen como causa a virus, protozoos y helmintos expulsados en las excretas. Estos agentes



patógenos infectan inmediatamente al producirse la excreción ("sin latencia") y tienen una baja infectividad media. La transmisión de esas enfermedades tiene lugar de manera predominante en el ambiente doméstico inmediato, especialmente cuando prevalecen niveles bajos de higiene personal, aunque los tiempos de supervivencia de virus y protozoos presentes en las excretas pueden prolongarse lo suficiente para plantear un riesgo para la salud en los proyectos de aprovechamiento de aguas residuales y excretas (16).

b) Categoría II: Los agentes patógenos responsables de estas infecciones, son las bacterias expulsadas en las excretas. Al igual que los agentes causantes de las infecciones de la categoría I, su capacidad de infección es inmediata a la excreción, son moderadamente persistentes y pueden multiplicarse fuera de su hospedero, por ejemplo en los alimentos o en la leche. También se transmiten de ordinario en el medio doméstico inmediato, pero su mayor persistencia les permite utilizar vías de transmisión más prolongadas y, por consiguiente, pueden plantear, y de hecho, plantean, verdaderos riesgos para la salud en los proyectos de utilización de aguas residuales y excretas (19).

c) Categoría III: Las enfermedades de esta categoría son causadas por los helmintos transmitidos por el suelo, que son latentes y persistentes (2). Estos helmintos no requieren de hospederos intermediarios y los más importantes son: *A. lumbricoides*, *T. trichiura* y las uncinarias. Las enfermedades producidas por estos helmintos, se transmiten con facilidad cuando se utilizan en agricultura aguas residuales y excretas que no han sido adecuadamente tratadas, de hecho en los proyectos de utilización de aguas residuales y excretas, son éstos los agentes patógenos excretados más importantes para la salud pública (19).

d) Categoría IV: Las infecciones de esta categoría son causadas por *Taenia saginata* y *Taenia solium*. Su transmisión requiere que una vaca o cerdo ingiera los huevos viables, y una posible vía para esto son los pastos regados con aguas residuales (19).

e) Categoría V: Esta categoría comprende los helmintos que requieren de hospederos acuáticos intermediarios, para completar su ciclo vital (2). Los agentes patógenos pueden necesitar uno o dos hospederos intermediarios acuáticos, el primero de los cuales es un caracol, en el que se produce una enorme multiplicación asexual del agente patógeno, y el segundo (en el caso de que exista) un pez o un macrófito acuático. Muchos de estos helmintos tienen una distribución geográfica limitada, y solo en áreas endémicas aumenta su transmisión (2).

f) Categoría VI: Comprende las enfermedades que son transmitidas por insectos vectores. Estos vectores proliferan en las heces expuestas, y ambos pueden acarrear en sus patas y tracto digestivo numerosos agentes patógenos. El control de los mismos consiste en evitar el contacto de los mismos con las excretas o aguas residuales (2).

## **B. La contaminación fecal**

Las enfermedades relacionadas con las excretas son responsables de una alta tasa de morbilidad y mortalidad en los países en desarrollo, especialmente entre las comunidades de bajos ingresos ubicadas en áreas marginales urbanas y en áreas rurales, donde comúnmente no se cuenta con abastecimiento de agua adecuado ni instalaciones para el saneamiento (20).

Al igual que en todos los países en desarrollo, en Guatemala, la contaminación fecal es uno de los principales problemas de salud tanto en el área rural como en las áreas marginales-urbanas (21).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los problemas ambientales con posibles efectos perjudiciales en la salud han aumentado en los últimos años. La creciente presión demográfica, las modalidades de consumo excesivo e insostenible y los niveles de contaminación que acusan un crecimiento exponencial, están amenazando el equilibrio de los ecosistemas y la salud de la población en todo el mundo (22).

En 1990 Centroamérica contaba con 12 millones de personas en condiciones de extrema pobreza, lo que indica que más del 70 por ciento de la población vive en condiciones de pobreza. En materia de saneamiento, a pesar de los esfuerzos realizados, persisten las malas condiciones de saneamiento básico, especialmente la mala calidad del agua de consumo humano y la contaminación fecal de los alimentos. En Guatemala solamente el 53 por ciento de la población posee abastecimiento de agua servida, y el 57 por ciento posee una disposición sanitaria de excretas, lo que conlleva a que las infecciones gastrointestinales y diarreas sean la 1ª. causa de mortalidad en niños de 1 a 4 años (23).

Debido a que las necesidades de servicios básicos a nivel mundial, es decir, de abastecimiento de agua potable y de eliminación de excretas y aguas residuales se han incrementado considerablemente, las Naciones Unidas proclamaron el Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental de 1981 a 1990. Los problemas de la eliminación de excretas y aguas residuales han sido objeto de poca atención, y a fin de ponerlos en relieve, en todo el mundo se comenzó a emplear la palabra "saneamiento" para hacer referencia exclusivamente a la eliminación de

excretas y aguas residuales. En 1986, un grupo de estudio de la OMS adoptó oficialmente esa acepción del término, definiendo el saneamiento como “los medios de recoger y eliminar las excretas y las aguas residuales de la colectividad de una manera higiénica para no poner en peligro la salud de las personas y de la comunidad en su conjunto” (OMS 1987). La eliminación higiénica que no ponga en peligro la salud debe ser el objetivo básico de todos los programas de saneamiento (24).

### **C. La letrina abonera seca familiar como sistema de tratamiento de excretas**

El manejo sanitario de las excretas pretende eliminar la mayor parte de los microorganismos patógenos contenidas en éstas (25). Cada comunidad debe elegir la opción más factible y conveniente para obtener la protección necesaria para la salud. La elección del sistema más apropiado requiere un detenido análisis de todos los factores, en particular del costo, las posibilidades de aceptación cultural, la sencillez del diseño, la construcción, el funcionamiento y el mantenimiento, y la disponibilidad local de materiales y aptitudes (24).

En 1977, CEMAT investigó diferentes clases de letrinas, encontrando como la mejor a la letrina abonera seca familiar (LASF), originalmente diseñada en Vietnam. Esta letrina es apropiada para usarla en las áreas rurales, lugares donde no hay drenajes y las tierras son rocosas, además las LASF no necesitan agua y si se utilizan adecuadamente producen un abono de aspecto inofensivo y útil para la agricultura (26).

La LASF ha sido evaluada también en otros países, como por ejemplo en El Salado, Panamá en donde un grupo de investigadores del Centro de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura (CEDIFA), de la Universidad de Panamá, evaluó el

desempeño técnico de dos tipos de letrinas formadoras de abono: la LASF y la Clivus Multrum, desarrollada en Suecia. En esta investigación se concluyó que la LASF se adaptaba perfectamente a las condiciones humanas y medioambientales de Panamá y se empezaron a construir en diferentes comunidades (27).

La LASF es una letrina de dos cámaras en las que se depositan las excretas sólidas separadas de la orina; a las excretas sólidas se les agrega ceniza, cal o tierra después de cada defecación para que permanezcan secas. La orina es conducida por una manguera hasta un recipiente donde se recibe y posteriormente se aplica a los cultivos. Las dos cámaras o cajones de la LASF están separadas con una fundición de concreto encima, con un agujero en cada cámara; esto sirve para la colocación de la tasa y es allí donde se introducen las excretas y la ceniza, cal o tierra. En la parte de atrás de estas cámaras hay dos compuertas que sirven para descargar o extraer el abono a los 10 o 12 meses de haberla empezado a usar (anexo 8).

Las ventajas de este tipo de letrina con respecto a otras son las siguientes:

- Reducen o eliminan los agentes patógenos, evitando las enfermedades
- Evitan la contaminación del suelo, lagos, lagunas y agua subterránea
- Semestralmente se obtiene abono como fertilizante que puede usarse con seguridad
- Frecuentemente se obtienen un fertilizante líquido (producto de la orina)
- Su construcción no requiere de mano de obra calificada
- Su construcción es económica, adaptable a las condiciones de vivienda rural
- Se construye con materiales locales y es fácil de aprender a construir y mantener por una familia campesina.

- Es muy útil en áreas de alta densidad o en áreas rocosas
- Puede ubicarse muy cerca de la casa, aún dentro de ella
- No importa la cercanía de pozos de agua, ya que ésta se construye sobre la superficie del suelo y las cámaras son impermeables
- Se puede construir en lugares donde el nivel freático está bastante cerca de la superficie, inclusive en suelo semi-pantanosos (puede hacerse sobre pilotes)
- Las excretas son inaccesibles para los animales
- No necesitan manipularse las excretas frescas
- No produce malos olores
- Evita las plagas de moscas
- No representa peligro para los niños de corta edad que pudieran caer dentro, como las letrinas de pozo
- No se necesita agua para su uso (elemento escaso en el área rural) (28).

#### **D. Análisis físicos, químicos y microbiológicos a considerar en este estudio**

##### **1. Análisis Químico**

La medición del pH es de gran importancia en los abonos obtenidos de LASF. Esta determinación puede realizarse colorimétricamente o electrométricamente. El método potenciométrico es preferible, pues sustituye al colorimétrico en exactitud y no sufre de interferencias por turbidez, materiales coloidales e interferencias de color (29).

## 2. Análisis Físico

Las propiedades físicas de los abonos orgánicos son de gran valor, debido a que indican la calidad del mismo y la eficiencia del sistema (30).

Entre los aspectos físicos que deben evaluarse en los bioabonos se encuentra el porcentaje de humedad, el cual se determina por la diferencia de pesos entre la muestra original luego de calentarla a 100 °C durante una hora (30).

## 3. Análisis microbiológico

Existen suficientes pruebas, de que los abonos obtenidos de las excretas pueden contener altas concentraciones de agentes patógenos, muchos de los cuales pueden sobrevivir durante algún tiempo y resistir la mayor parte de los procesos de tratamiento. Por consiguiente, es de suma importancia evaluar la concentración de bacterias y parásitos en éstos para evitar que su uso represente un riesgo de infección para los trabajadores del campo y los consumidores (22).

El análisis bacteriológico conlleva principalmente el análisis de la concentración de coliformes totales y fecales en las muestras de abono de LASF. El recuento de coliformes totales y fecales en las muestras, por lo general se realiza según la técnica del número más probable (NMP) (31). El recuento de coliformes totales se considera una prueba presuntiva y el recuento de coliformes fecales como una prueba confirmatoria, ya que si se encuentran coliformes fecales en una muestra, es probable

que existan microorganismos patógenos como: *Salmonella* spp, *Shigella* spp y *E. coli* enteropatógena (2).

Se han utilizado principalmente dos metodologías para la enumeración de coliformes totales y fecales, éstas son la técnica estándar del número más probable (NMP) y la técnica del filtro de membrana (FM). El procedimiento del NMP ha sido estándar para la industria por mucho tiempo, requiere dos medios de cultivo, dos temperaturas de incubación y más de 72 horas para completarse, es aplicable a las pruebas presuntivas, confirmatorias y de completación. La técnica del NMP es una estimación estadística de los resultados del examen de los tubos replicados y sus diluciones. Las consideraciones teóricas y determinaciones duplicadas en gran escala, indican que esta estimación tiende a ser mayor que el número real y que su disparidad tiende a disminuir con el aumento del número de tubos de cada dilución examinada. La exactitud de alguna prueba simple, dependerá entonces del número de tubos empleados (31).

Existen modificaciones del método NMP para la enumeración rápida de coliformes, por ejemplo, modificando la composición del medio de cultivo para la determinación de coliformes fecales propuesto por Muñoz y Silverman (32), y también modificando la temperatura de incubación a 41.5 °C para poder cuantificar coliformes fecales en 7 horas por el método de FM (33).

El recuento de huevos de helmintos y la determinación del porcentaje de viabilidad de los mismos, también es de suma importancia en la evaluación microbiológica de los abonos obtenidos de LASF. El método adecuado para realizar estas evaluaciones es el método en lámina, el cual es sencillo y confiable (34).



En 1990, la OMS publicó las directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura, en las que se incluyen los siguientes lineamientos:

**Directrices microbiológicas provisionales de calidad para la reutilización de aguas residuales en el riego agrícola**

Nota: En casos concretos estas directrices deben modificarse de acuerdo con los factores epidemiológicos, socioculturales e hidrogeológicos locales.

Proceso de reutilización	Nemátodos intestinales <sup>a</sup> (media aritmética del número de huevos viables por litro)	Coliformes fecales (media geométrica por 100 mL)
Riego restringido <sup>b</sup> Riego de árboles, cultivos Industriales, cultivos para Piensos, árboles frutales* y Pastos**	<1	Sin aplicación
Riego no restringido Riego de plantas Comestibles, terrenos Deportivos y parques Públicos****	<1	<1000

<sup>a</sup> *Ascaris*, *Trichuris* y anquilostomas

<sup>b</sup> En todos los casos se necesita un grado mínimo de tratamiento equivalente al menos a un estanque anaerobio de 1 día de duración seguido de un estanque facultativo de 5 días o su equivalente.

\* El riego debe cesar dos semanas antes de recolectar la fruta, y no puede recogerse ningún fruto caído al suelo.

\*\* El riego debe cesar dos semanas antes que se permita apacentar al ganado

\*\*\* Los factores epidemiológicos locales pueden exigir normas más restrictivas para terrenos públicos de césped, especialmente en hoteles de zonas turísticas.

\*\*\*\* Cuando las plantas se consumen siempre bien cocinadas, esta recomendación puede ser menos estricta.

Nota: al utilizar excretas tratadas como abono orgánico, las directrices se interpretan como < de 1 huevo viable por g y < de 1000 col. fecales por 100 g.

Fuente: Centro Internacional de Referencia para la Evacuación de Desechos (1985)

### E. Experiencias con LASF en Guatemala

En 1979 CEMAT construyó aproximadamente 400 LASF en 10 departamentos de Guatemala y el seguimiento del 60 por ciento de las que se construyeron, indicó que el 88 por ciento de las mismas se utilizaron adecuadamente (21).

En 1983 se iniciaron proyectos de letrización en diversas regiones del país por parte de UNEPAR, institución del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social cuyo objetivo primordial era dotar de agua potable a comunidades rurales, y cuyo campo de acción se extendió en algunas comunidades al saneamiento del medio en conjunto con CARE. Se instalaron aproximadamente 1500 LASF, sin embargo solo un 15 por ciento fueron utilizadas adecuadamente y cumplieron con los procedimientos requeridos para la obtención de abono orgánico (35). Esta experiencia demuestra que el seguimiento sistemático es una parte fundamental del funcionamiento de la LASF.

En 1986 CEMAT realizó una evaluación nacional sobre el control sanitario de LASF, encontrando que a un pH alcalino y con una humedad menor del 50 por ciento, las concentraciones de coliformes fecales que se encuentran son de una media de  $160 \pm 539$  NMP/g (36).

En 1987 se evaluaron diferentes tipos de abonos orgánicos y se concluyó que el abono obtenido de LASF contiene el recuento más bajo de coliformes fecales, en comparación a abonos obtenidos de digestores anaeróbicos y compost (37).

En 1989 se realizó un estudio de comparación entre el método de cultivo in vitro y el método microscópico, para determinar la viabilidad de huevos de *A. lumbricoides* en muestras de LASF, y se observó que no existe semejanza entre los métodos

evaluados. Esto se contrapone a estudios realizados en otros países donde indican la semejanza entre ambos métodos. Sin embargo, se concluyó que a causa de la confiabilidad de los resultados obtenidos por el método microscópico para determinar la viabilidad de huevos de helmintos, éste puede seguirse utilizando en laboratorios pequeños para evaluar sistemas de tratamiento de desechos (34).

Estudios realizados por CEMAT y presentados al I Seminario Nacional de LASF en 1987, demuestran que la desecación alcalina que se da en las LASF, es adecuada para volver inviables los huevos de *A. lumbricoides* (7).

Ya en 1981, Castillo y el Laboratorio de Virología e Histocultivo del Instituto de Nutrición para Centroamérica y Panamá (INCAP) habían evaluado los virus aislados en diferentes sistemas de tratamiento de excretas, obteniendo como resultado 0 aislamientos de rotavirus y 0 aislamientos de poliovirus en las cámaras en uso y en los abonos procesados (38) (anexo 9).

Entre 1993 y 1996, MSF sección Suiza, entregó materiales para la construcción de 987 letrinas en 23 comunidades de los municipios de Todos Santos Cuchumatán y Chiantla, del departamento de Huehuetenango. Se decidió realizar una encuesta a fin de establecer cuántas letrinas se construyeron, de qué calidad y cuántas se encuentran en uso. La evaluación reveló que se construyó el 91 por ciento de las letrinas y que el 72 por ciento de las mismas se utilizan adecuadamente (39).

Cada comunidad cuenta con un comité, el cual nombró a dos supervisores que también son beneficiarios del proyecto. Generalmente existe un supervisor por cada 10 letrinas en cada comunidad y cada supervisor visita 2 veces al mes las letrinas a su cargo para evaluar la forma de uso y el mantenimiento que se le da a la misma (39).

#### IV. JUSTIFICACION

Las excretas procedentes de los seres humanos y que se manejan inadecuadamente, representan un gran problema de contaminación ambiental así como un factor de riesgo muy importante para la salud de las poblaciones cercanas, a causa de la alta concentración de organismos que contiene. Estos riesgos pueden disminuir considerablemente tratando adecuadamente las excretas antes de liberarlas al medio ambiente.

La mayoría de las comunidades rurales de Guatemala, no cuentan con servicios de drenajes, y cuando cuentan con ellos los desechos son enviados sin ningún tratamiento a los cuerpos de agua cercanos a la comunidad, influyendo en la alta prevalencia de enfermedades gastrointestinales causadas por parásitos, bacterias y virus en estas poblaciones.

Una solución para este problema es la utilización adecuada de LASF, las cuales disminuyen el riesgo de contraer estas enfermedades y además permiten la obtención de abono orgánico, que los agricultores pueden utilizar en sustitución de los fertilizantes químicos de mayor costo y que pueden causar daños al medio ambiente cercano.

El abono obtenido de estas letrinas debe contener cantidades reducidas de coliformes fecales, parásitos y virus para que no represente una fuente de contaminación de los productos agrícolas ni de los agricultores que los cultivan.

Según la publicación de las directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura, publicadas en 1990 por la OMS, es necesaria la evaluación sanitaria de dichos abonos previo a su utilización.

La importancia de este estudio fué comprobar que el abono obtenido a través de LASF en el municipio de Todos Santos Cuchumatán, es sanitariamente seguro y cumple

con los criterios propuestos por la OMS para poder ser utilizado en los cultivos de esta región, sin causar riesgo para la salud de los campesinos y los consumidores.

## V. OBJETIVOS

### A. Objetivo General

Evaluar desde el punto de vista sanitario los abonos obtenidos a través de LASF en el municipio de Todos Santos Cuchumatán, del departamento de Huehuetenango.

### B. Objetivos Específicos

1. Determinar la concentración de coliformes totales y fecales de los abonos obtenidos a través de LASF.
2. Determinar el número de huevos de helmintos y el porcentaje de viabilidad de los mismos en los abonos obtenidos a través de LASF.
3. Determinar el pH y el porcentaje de humedad de los abonos obtenidos a través de LASF.
4. Comparar los resultados obtenidos de las distintas determinaciones con las Directrices microbiológicas provisionales de calidad para la reutilización de aguas residuales tratadas en el riego agrícola, publicadas por la OMS en 1990 (19).

## VII. MATERIALES Y METODOS

### A. Universo

Lo constituyeron las 826 LASF distribuidas en 18 comunidades (entre aldeas y caseríos), del municipio de Todos Santos Cuchumatán, Huehuetenango que se encuentran utilizando este sistema de tratamiento de las excretas.

La muestra se calculó de acuerdo a una fórmula para que el estudio posea significancia estadística. La muestra calculada fué de 80 LASF, la forma de cálculo se detalla en el diseño de muestreo incluido en la sección de Métodos.

### B. Materiales

#### 1. Reactivos

- a) Caldo lauril sulfato triptosa
- b) Caldo bilis verde brillante
- c) Caldo *E. coli*
- d) Hidróxido de sodio 0.1 N
- e) Azul de metileno al 0.03 por ciento
- f) Agua peptonada al 0.01 por ciento

#### 2. Cristalería

- a) 200 tubos de vidrio con tapón de rosca o corcho, resistentes a autoclave
- b) 200 campanillas de Durham
- c) 6 gradillas de metal de 72 tubos de capacidad
- d) 20 vidrios de reloj
- e) 40 frascos de vidrio de boca ancha, con capacidad de 100 mL (aprox)

- f) 20 varillas de vidrio
- g) 100 portaobjetos de vidrio de 2 x 3"
- h) 100 cubreobjetos de vidrio de 22 x 40 mM
- i) 25 frascos de vidrio de boca ancha, con capacidad de 300 mL (mínimo)
- j) pipetas con capacidad de 10 mL

### 3. Materiales

- a) 100 bajalenguas de madera estériles
- b) 100 bolsas ziploc medianas
- c) papel encerado estéril
- d) tijeras
- e) maskin tape
- f) marcador indeleble
- g) puntas para pipeta automática con capacidad de 5 a 200 ul
- h) puntas para pipeta automática con capacidad de 200 a 1000 ul
- i) cuaderno de trabajo
- j) lápiz o lapicero
- k) guantes descartables, bata y mascarilla como equipo de bioseguridad

### 4. Equipo

- a) balanza semianalítica
- b) autoclave
- c) campana de flujo laminar
- d) incubadora
- e) potenciómetro
- f) horno con temperatura de 100 °C



- g) microscopio con objetivos 10X, 40X y 100X
- h) pipeta automática con capacidad de 1 mL
- i) pipeta automática con capacidad de 0.1 mL
- j) hielera

### 5. Cepas Bacteriológicas

Se utilizó *E. coli* ATCC 25922

### C. Métodos

#### 1. Diseño de muestreo

Se escogieron completamente al azar las siguientes 10 comunidades del municipio de Todos Santos Cuchumatán, Huehuetenango:

Comunidad	No. LASF
a) El Rancho	191
b) Mash	31
c) Chichim	34
d) Río Ocho	56
e) Tuicoy	32
f) Buena Vista	44
g) Teogal	17
h) Valentón	44
i) Tuitzcoy	29
f) Tuichip	18
<b>Total</b>	<b>496</b>

Para calcular el número de muestras a analizar por cada comunidad se utilizó la siguiente fórmula estadística:

$$n = \frac{pq NC^2 / d}{1 + 1/N (pq NC^2 / d - 1)}$$

p = 50% (porcentaje de letrinas que cumplen con la norma)

- $q = 50\%$  (porcentaje de letrinas que no cumplen con la norma)  
 $NC =$  Nivel de confianza = 1.96 (95 % de confiabilidad)  
 $d = 0.1$  (máxima distancia permitida)  
 $N = 496$  letrinas en las 10 aldeas escogidas al azar

$n = 80$  muestras en total

Las 80 muestras se dividieron proporcionalmente al número de LASF que existen en cada comunidad, de la manera siguiente:

Aldea	No. LASF	Proporción	No. Muestras
a) El Rancho	191	0.38	30
b) Mash	31	0.06	5
c) Chichim	34	0.07	6
d) Río Ocho	56	0.11	9
e) Tuicoy	32	0.06	5
f) Buena Vista	44	0.09	7
g) Teogal	17	0.03	3
h) Valentón	44	0.09	7
i) Tuitzcoy	29	0.06	5
j) Tuichip	18	0.04	3
<b>total</b>	<b>467</b>	<b>1.00</b>	<b>80</b>

Las letrinas a analizar en cada comunidad fueron escogidas completamente al azar para la significancia del estudio.

La distribución de las comunidades que se muestrearon se presenta en la sección de los anexos (anexo 10).

## 2. Metodología de Análisis

a) Toma de muestras: este paso fué sumamente importante para la obtención de resultados confiables, por lo que se realizó de manera aséptica y en bolsas ziploc debidamente rotuladas. El transporte al laboratorio se realizó en el menor tiempo posible en hielera y manteniendo la asepsia.

b) Análisis microbiológico: se realizó lo más rápido posible para evitar variación en los resultados. Se realizaron controles con la cepa *E. coli* ATCC 25922 para verificar el adecuado funcionamiento de reactivos y metodología.

### i) Recuento de coliformes totales y fecales :

Se realizó por la técnica de fermentación en tubo múltiple (Número más probable) para el grupo de los coliformes (40), con las modificaciones realizadas por Flores (37).

- Pesar asépticamente 25 g del abono y agregarlo a un frasco conteniendo agua peptonada al 0.01 por ciento.

- Inocular en triplicado 10 mL, 1 mL y 0.1 mL de la suspensión de los abonos en tubos conteniendo campanillas de Durham y caldo lauril sulfato triptosa, incubar a 35 °C por 24 horas.

- A las 24 horas se observa la formación de gas, lo que indica una presuntiva reacción positiva. Los tubos con esta reacción deben estudiarse en la fase confirmatoria.

- Introducir un asa estéril en los tubos con formación de gas e inocular un tubo conteniendo caldo bilis verde brillante y un tubo conteniendo caldo *E. coli*, siempre con campanillas de Durham para observar la formación de gas. Los tubos con bilis verde brillante se incuban a 35 °C por 48 horas y los tubos con caldo *E. coli* se

incubaban a 44.5 °C por 24 horas. Luego se realizan las pruebas confirmatorias recomendadas por American Public Health Association (40).

ii) Recuento y determinación del porcentaje de viabilidad de huevos de helmintos:

- Preparar suspensiones al 10 por ciento en hidróxido de sodio 0.1N de acuerdo al método de Stoll modificado (34).

- Agitar vigorosamente sin formar remolino.

- Dejar reposar cinco minutos y agitar, tomar 0.04 mL con una pipeta y depositar en una lámina portaobjetos de 2 x 3".

- Agregar una gota de azul de metileno al 0.03 por ciento y cubrir con una lámina cubreobjetos de 22 x 40 mM.

- Observar al microscopio y cuantificar los huevos utilizando un aumento de 100X.

- Observar los huevos presentes y diferenciar entre viables y no viables. Los huevos no viables toman el azul de metileno y presentan cambios en la morfología.

- Multiplicar el número de huevos contados por el factor de 250 y expresar el número de huevos viables en porcentaje.

c) Análisis Físico: Según el método utilizado por Flores (37). Se determinó el porcentaje de humedad y sólidos totales:

- Pesar una cápsula de porcelana y calentar a 100 °C en el horno, repetir hasta obtener un peso constante (Po).

- Pesar en la cápsula aproximadamente 5 g de muestra (P1).
- Calentar a 100 °C durante 24 horas, sacar, enfriar en desecadora y luego pesar (P2).

- Efectuar los cálculos de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$\text{(\% sólidos totales (ST))} = (P2-P0) / (P1-P0) \times 100$$

$$\text{(\% humedad)} = 100 \% - \text{ST (\%)}$$

d) Análisis Químico: De acuerdo a Flores (37) se determinó el pH por el método potenciométrico:

- Pesar aproximadamente 3 g de muestra.
- Agregar 50 mL de agua desmineralizada.
- Dejar reposar por treinta minutos, agitando ocasionalmente.
- Leer el pH en un potenciómetro previamente calibrado.

## VIII. RESULTADOS

Se analizaron 91 muestras de abono obtenido a través de LASF provenientes de 10 comunidades escogidas al azar del municipio de Todos Santos Cuchumatán, Huehuetenango. El número de muestras analizadas en cada comunidad se presenta en el siguiente cuadro:

### A. Cuadro No. 1

Número de muestras de abono obtenido a través de LASF  
en Todos Santos Cuchumatán, Huehuetenango

Comunidad	No. LASF	No. muestras necesarias según el diseño de muestreo	No. muestras analizadas
a) El Rancho	191	30	30
b) Mash	31	5	7
c) Chichim	34	6	7
d) Río Ocho	56	9	9
e) Tuicoy	32	5	10
f) Buena Vista	44	7	7
g) Teogal	17	3	8
h) Valentón	44	7	4
i) Tuitzcoy	29	5	5
j) Tuichip	18	3	4
<b>Total</b>	<b>467</b>	<b>80</b>	<b>91</b>

Las LASF que se analizaron en cada comunidad fueron escogidas completamente al azar para la significancia del estudio. En algunas comunidades fue posible analizar más muestras que las sugeridas por el diseño de muestreo para darle más significancia al mismo.

Los análisis microbiológicos, físicos y químicos de cada muestra de abono se realizaron según las técnicas descritas. Los resultados obtenidos de los abonos de cada comunidad se presentan a continuación:

### C. Cuadro No. 2

#### Resultados del análisis de abono orgánico obtenido a través de LASF en 10 comunidades del municipio de Todos Santos Cuchumatán, Huehuetenango

Comunidad	No.	Coliformes totales a (NMP/g)	Coliformes fecales (NMP/g)	Huevos de <i>A. lumbricoides</i> (Huevos/g)	Viabilidad de huevos de <i>A. lumbricoides</i> (Porcentaje)	PH	Contenido de Humedad (Porcentaje)
a) El Rancho	30	41 ± 2	7 ± 1	108 ± 291	0	10.63 ± 0.21	16.81 ± 2.83
b) Mash	7	478 ± 5	74 ± 9	36 ± 83	0	10.16 ± 0.32	24.05 ± 4.57
c) Chichim	7	79 ± 5	11 ± 4	107 ± 146	0	10.11 ± 0.22	14.71 ± 1.61
d) Río Ocho	9	65 ± 3	10 ± 5	0	0	10.60 ± 0.55	20.67 ± 8.65
e) Tuicoy	10	25 ± 3	8 ± 2	0	0	10.78 ± 0.57	13.24 ± 3.81
f) Buena Vista	7	318 ± 5	42 ± 9	107 ± 146	0	9.84 ± 0.47	17.27 ± 2.67
g) Teogal	8	264 ± 3	49 ± 6	31 ± 61	0	10.33 ± 0.60	19.14 ± 5.53
h) Valentón	4	15 ± 2	15 ± 2	0	0	10.56 ± 0.76	15.35 ± 4.85
i) Tuitzcoy	5	82 ± 9	20 ± 10	150 ± 196	0	10.49 ± 0.31	24.32 ± 9.32
j) Tuichip	4	145 ± 3	17 ± 2	63 ± 0.24	0	10.76 ± 0.24	16.15 ± 8.73

a) Intervalos de confianza basados en el 95%

Puede observarse que el abono de las comunidades de Mash, Buena Vista y Teogal presentó coliformes totales y fecales más elevados que el de las demás comunidades.

Se presenta variación en el contenido de huevos de helmintos en el abono de las comunidades muestreadas, observando que en las comunidades de Río Ocho, Tuico y Valentón no se encontró ningún huevo por gramo.

### C. Cuadro No. 3

**Coliformes fecales y porcentaje de huevos viables de helmintos comparados con los rangos recomendados por la OMS (19) y pH y porcentaje de humedad en comparación con los datos sugeridos por CEMAT(36) en los abonos orgánicos analizados**

Variable	n	Media <sup>a</sup>	Intervalo de Confianza	Rango permitido	Decisión
Col. totales (NMP/g)	91	77	76 - 78	n.d.	n.d.
Col. fecales (NMP/g)	91	14	13 - 15	0 - 1,000	Si cumple
% huevos viables helmintos	91	0	-	0 - 1	Si cumple
PH	91	10.51	10.36 - 10.66	7.5 - 14	Si cumple
% humedad	91	17.75	16.07 - 19.43	0 - 50	Si cumple

- a) -coliformes totales y fecales= media geométrica por 100 g  
 -porcentaje de huevos viable de helmintos: media aritmética por g  
 -pH y porcentaje de humedad: media aritmética por g de abono

n.d. no se encontraron datos de referencia.

Los resultados de coliformes fecales y porcentaje de viabilidad de huevos de helmintos se compararon con los rangos permitidos por la OMS (19) y se determinó que sí cumplen con los mismos. Así mismo, el abono producido por las LASF cumple con los parámetros de pH y porcentaje de humedad recomendados por CEMAT (36).



## IX. DISCUSION DE RESULTADOS

En cada comunidad se analizaron como mínimo las muestras sugeridas por el diseño de muestreo, a excepción de la comunidad de Valentón en la que se analizaron 4 muestras de las 7 sugeridas, esto se debió a que no se encontraron más LASF conteniendo abono con 6 meses de reposo en las cámaras.

En el cuadro No. 2 se puede observar que los resultados de coliformes fecales en los abonos de las comunidades muestreadas fueron similares, a excepción de los abonos de las comunidades de Mash, Buena Vista y Teogal que mostraron recuentos más elevados pero sin sobrepasar el rango permitido por la OMS (19). De las comunidades estudiadas, los abonos de Río Ocho, Tuicoy y Valentón no presentaron ningún huevo de helminto por gramo.

Las desviaciones estándar calculadas con un nivel de confianza del 95 por ciento, fueron pequeñas ( $\pm 1$  NMP/g en col. totales y fecales,  $\pm 0.15$  en pH y  $\pm 1.68$  en porcentaje de humedad), lo que nos indica que los abonos de las LASF de cada comunidad poseen características bacteriológicas, químicas y físicas similares.

Con respecto al recuento de huevos de helmintos se observan desviaciones estándar altas en algunas comunidades (El Rancho y Tuitzcoy), lo que significa diferencias en el contenido de huevos de helmintos en los abonos de la misma comunidad. Las pequeñas desviaciones estándar obtenidas en los diferentes análisis, también indican que las técnicas empleadas son adecuadas y confirman las recomendaciones de Flores (4) y Alvarez (36) de utilizarlas para evaluar abono orgánico desde el punto de vista sanitario.

El intervalo de confianza de coliformes fecales obtenido fue de  $14 \pm 1$  NMP/g, el cual se encuentra dentro del rango recomendado por la OMS (19) y fue menor que los recuentos obtenidos en 1,987 por CEMAT (36) al comparar el abono de LASF con muestras de letrinas de pozo y el obtenido por Flores (37) al comparar el abono de LASF con otros abonos orgánicos. Se considera que la menor concentración de coliformes fecales en los abonos obtenidos de LASF en Todos Santos Cuchumatán, se debe a que el manejo de LASF se ha mejorado a partir de las recomendaciones de Cáceres (21), al desarrollo de un programa de educación ambiental dirigido al adecuado manejo de las mismas y a la supervisión continua de su uso en las comunidades.

Se obtuvo un 0 por ciento de huevos viables de helmintos en el abono de todas las comunidades, lo que comprueba que la desecación alcalina que se da en las mismas es efectiva para la remoción de parásitos intestinales. Este resultado es similar a los obtenidos por CEMAT (36) y Flores (37) en 1,987 y se encuentra en el rango de  $< 1$  huevo viable/g, recomendado por la OMS (19).

El intervalo obtenido de pH fue de:  $10.51 \pm 0.15$  y el de porcentaje de humedad fue de:  $17.75 \pm 1.68$ , ambos resultados concuerdan con los obtenidos por Flores (37) en 1,987 y se encuentran dentro del rango de pH alcalino y porcentaje de humedad menor del 50 por ciento sugeridos por CEMAT (36).

A partir de estos resultados se considera que el uso y manejo de LASF que se lleva a cabo en el municipio de Todos Santos Cuchumatán del departamento de Huehuetenango, permite la obtención de un abono sanitariamente seguro y que no representa riesgo para los agricultores y consumidores de los productos agrícolas abonados con el mismo.

## X. CONCLUSIONES

1. El programa de educación ambiental y supervisión continua sobre el uso y manejo de LASF implementado en Todos Santos Cuchumatán Huehuetenango, ha contribuído a la obtención de un abono con características bacteriológicas, físicas y químicas similares en las diferentes comunidades.
2. El abono obtenido a través de LASF en el municipio de Todos Santos Cuchumatán del departamento de Huehuetenango, cumple con las directrices recomendadas por la OMS (19) para su uso en la agricultura y no representa riesgos de salud para los agricultores y consumidores.
3. Los recuentos bajos de coliformes fecales ( $14 \pm 1$  NMP/g) y el 0 por ciento de huevos viables de helmintos se relacionan con un pH alcalino y un porcentaje de humedad menor del 50 por ciento, tal y como lo recomienda CEMAT (36).

## XI. RECOMENDACIONES

1. Es de suma importancia que los proyectos de letrización que contemplen el uso de LASF, se encuentren acompañados de programas de educación ambiental a los y de supervisión continua del uso de las mismas para así contribuir a la obtención de un abono sanitariamente seguro.
2. Realizar estudios agronómicos sobre la composición química de los abonos obtenidos a través de LASF en el municipio de Todos Santos Cuchumatán Huehuetenango, para evaluar su beneficio como fertilizante orgánico en los cultivos de la región.
3. Previo a iniciar un programa de letrización, se recomienda llevar a cabo estudios de impacto ambiental en la región determinada.

## XII. REFERENCIAS

1. Gootas HB. Composting, Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes. Geneva: World Health Organization, 1956. 199p.
2. Feachem R, et al. Sanitation and disease; Health aspects of excreta and wastewater management. Washington: World Bank, 1983. XXXV+501p.
3. Mackean D, Jones B. Introduction to human and social biology. London: John Murray Publishers Ltd, 1985. 89p.
4. Flores G. Parásitos encontrados en letrinas secas. Guatemala: Memorias I Seminario Taller Nacional sobre Letrinas Aboneras Secas Familiares, 1987. 144p. (p.63-68).
5. Cáceres A, Cáceres R. Control sanitario de bio-abonos y efluentes de letrinas aboneras secas familiares y digestores de biogas. Guatemala: I Curso Latinoamericano de Biogas, SMHEN/OLADE/CEMAT 1981. 475p.
6. García LS. Diagnostic Clinical Parasitology III. Identification of the Helminths. Am J Med Tech 1980;46:864-870.
7. Feachem R, Bradley DJ, Garelic H, Mara DD. Health aspects of excreta and wastewater management: Helminths. Washington: World Bank, 1978. 105p.
8. Michael JK. The double septic tank in Vietnam. Oxford: Sanitation in Developing Countries Today, 1977. 4p.
9. Suzuki N. Diagnostic method in intestinal helminth infections. APCO, 1976; appendix 1:25-33.
10. Kobayashi A. Faecal examination -on Kato's thick- smear technique as a screening method for helminth infections: a review. Thailand: First Conference APCO, 1979;appendix 6:51-56.
11. Cáceres A, Xet AM, Flores JG. Simplified methodology for helminth egg count and viability in organic fertilizer. Switzerland: Second projects meeting on use of human waste in agriculture and aquaculture to be held, 1987. 31p.
12. Margano S, et al. The use of some techniques in the diagnosis soil-transmitted helminths. First conference APCO, 1974;94:5-11.
13. Shinniah B, et al. Comparison of Stoll's dilution egg count Beaver's direct smear and Katz's modified thick smear techniques. Fifth conference APCO, 1978;416:21-26.

14. Kagei N. Techniques for the measurement of environmental pollution by infective stage of soil transmitted helminths. Fourth Conference APCO, 1982; appendix 1:27.39.
15. Meyer KB, Miller K, Kaneshiro E. Recovery of *Ascaris* eggs from sludge. Appl Environ Microbiol 1978;64(2):380-383.
16. Cáceres A. Microbiología aplicada al desarrollo de Guatemala. Guatemala: CEMAT, 1984. 218p. (p.169-171).
17. Kagei N, Chi-yi Y, Chun-Chang P. Use of *Ascaris* Ova as an indicator for Monitoring Nightsoil. Serdang, Malasia: World Health Organization. Western Pacific Regional Centre for the Promotion of Environmental, 1986. 5p.
18. Cáceres A. Factores que favorecen el ciclo de la contaminación fecal. Guatemala: Memorias I Seminario Taller Nacional sobre Letrinas Aboneras Secas Familiares, 1987. 144p. (p.33.38).
19. Mara D, Cairncross S. Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 1990. VII+213p.
20. Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. Diseño de letrinas mejoradas de pozo ventilado VIP. Washington: Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo, 1984. IV+80p.
21. Cáceres A. Disposición doméstica de excretas: La Letrina Abonera Seca Familiar. Guatemala: CEMAT/GTZ/GATE, 1985. 56p. (p.3.15).
22. Organización Mundial de la Salud. Estrategia mundial OMS de salud y medio ambiente. Ginebra, Suiza: Organización Mundial de la Salud, 1993. 31p. (p.3).
23. Organización Panamericana de la Salud. Acción de la OPS en el decenio internacional del abastecimiento de agua potable y del saneamiento 1981-1990. Washington: Organización Panamericana de la Salud, 1990. 45p. (p.39-43).
24. Organización Mundial de la Salud. Guía para el desarrollo del saneamiento in situ. Washington: Organización Mundial de la Salud, 1994. VIII+259p. (p.3).
25. Herrera R. Vigilancia Sanitaria. Buenos Aires: Fundación W:K: Kellogg. Vol 2, Vols 4, 1996. X+144p.
26. Chávez A. Diseño, Construcción y Estructura Convencional de LASF. Guatemala: Memorias I Seminario Taller Nacional sobre Letrinas Aboneras Secas Familiares, 1987. 144p. (p.21-24).
27. Hart Ch. Historia de dos letrinas. Revista Fuente de Panamá 1991;5:24-25.

28. CARE. Letrinas Aboneras Secas Familiares LASF. Guatemala: CARE, 1983. II+60p.
29. Flores G. Evaluación Agroquímica de Abonos Producidos en LASF. Guatemala: Memorias del I Seminario Taller Nacional sobre Letrinas Aboneras Secas Familiares, 1987. 144p. (p.101-107).
30. CEMAT. Manual Microbiológico y Físico Químico Simplificado de Digestores. Guatemala: CEMAT, 1984. 55p.
31. APHA, AWW, WPCF. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 14ed. Washington: American Public Health Association, 1976. 1193p.
32. Muñoz EF, Silverman MP. Rapid, Single-Step Most Probable Number Method For Enumerating Fecal Coliforms in Effluents from Sewage Treatment Plants. Appl Environ Microbiol 1979;37:527-530.
33. Reasoner DJ, Blannon JC, Geldreich EE. Rapid Seven Hour Fecal Coliform Test. Appl Environ Microbiol 1979;37:521-536.
34. Barranco A. Comparación de metodologías para determinar la viabilidad de *Ascaris lumbricoides* en letrinas secas. Guatemala: Universidad de San Carlos, (tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 1989. 43p.
35. Rasuleu M. Experiencias de Unepar Norte en la construcción de LASF. Guatemala: Memorias I Seminario Taller Nacional sobre Letrinas Aboneras Secas Familiares, 1987. 144p. (p.27).
36. Alvarez V. Número más probable de coliformes en abonos de LASF. Guatemala: Memorias I Seminario Taller Nacional sobre Letrinas Aboneras Secas Familiares, 1987. 144p. (p.59-62).
37. Flores G. Evaluación Sanitaria de Abonos Orgánicos. Guatemala: Universidad de San Carlos, (tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 1987. 82p.
38. Castillo A. Aislamiento de Virus de Transmisión Feco-Oral en diferentes Sistemas de Disposición de Excretas. Guatemala: Universidad de San Carlos, (tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 1981. 70p.
39. Burrows H. Informe de Evaluación Proyecto de Letrina Abonera Seca Familiar Todos Santos y Cantilin Departamento de Huehuetenango República de Guatemala. Guatemala: Médicos Sin Fronteras Suiza, 1998. 53p.
40. APHA, AWWA, AEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19<sup>th</sup> ed. Washington: American Public Health Association, 1995. 1123p.

### XIII. ANEXOS



## Anexo No. 1

### Composición de las heces humanas y la orina

Constituyente	Aproximado Porcentaje del peso seco	
	heces	orina
Calcio (CaO)	4.5	4.5-6.0
Carbono	44-55	11-17
Nitrógeno	5.0-7.0	15-19
Mat. Orgánica	88-97	65-85
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3.0-5.4	2.5-5.0
Potasio (K <sub>2</sub> O)	1.0-2.5	3.0-4.5

**Fuente:** Gootas HB (1).

## MICROBIOTA BACTERIANA EN HECES HUMANAS

No. de bacterias en heces (media  $\log_{10}$  por gramo)

Dieta Nacional	País	Enterobacteria <sup>a,b</sup>	Enterococos	Lactobacilos	Clostridios	Bacteroides	Bifido-bacteria	Eubacteria
Alta en carbohidratos	Guatemala	8.7	7.9	9.0	9.3	10.3	9.4	ND
	Hong Kong	7.0	5.8	6.1	4.7	9.8	9.1	8.5
	India	7.9	7.3	7.6	5.7	9.2	9.6	9.5
	Japón	9.4	8.1	7.4	5.6	9.4	9.7	9.6
	Nigeria	8.3	8.0	ND	5.9	7.3	10.0	ND
	Sudán	6.7	7.7	6.4	4.9	7.8	8.5	ND
	Uganda	8.0	7.0	7.2	5.1	8.2	9.4	9.3
Mixta	Dinamarca	7.0	6.8	6.4	6.3	9.8	9.9	9.3
	Inglaterra	7.9	5.8	6.5	5.7	9.8	9.9	9.3
	Finlandia	7.0	7.8	8.0	6.2	9.7	9.7	9.5
	Escocia	7.6	5.3	7.7	5.6	9.8	9.9	9.3
	Estados unidos	7.4	5.9	6.5	5.4	9.7	9.9	9.3

ND. No datos.

Fuentes: Inglaterra, India, Japón, Escocia, Estados Unidos, Uganda (Drasar 1974); Dinamarca, Finlandia (Agencia Internacional del Cáncer 1977); Hong Kong (Crowther y otros 1976); Nigeria, Sudán (Drasar, comunicación personal); Guatemala (Mata, Carrillo y Villatoro 1969).

a. Este grupo contiene principalmente *Escherichia coli*.

b. Estos dos grupos son los más comunmente usados como bacterias indicadoras de contaminación fecal.

Fuente: Feachem et al. (7)

BACTERIAS PATOGENAS EXCRETADAS EN HECES

Bacteria	Enfermedad	Puede ocurrir infección sin síntomas?	Reservorio
<i>Campylobacter fetus</i> ssp. <i>Jejuni</i>	Diarrea	Sí	Animales y humano
<i>Escherichia coli</i> <sup>a</sup>	Diarrea	Sí	Ser Humano <sup>b</sup>
<i>Salmonella</i>			
<i>S. typhi</i>	Fiebre tifoidea	Sí	Ser Humano
<i>S. paratyphi</i>	Fiebre paratifoidea	Sí	Animales y Ser Humano
Otras <i>Salmonellae</i>	Envenenamiento y otras Salmonelosis	Sí	Ser Humano
<i>Shigella</i> spp.	Disentería bacilar	Sí	Ser Humano
<i>Vibrio</i>			
<i>V. cholerae</i>	Cólera	Sí	Ser Humano
Otros vibrios	Diarrea	Sí	Ser Humano
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Diarrea y septicemia	Sí	Ser Humano

a. Incluye *E. coli* enterotoxigénica, enteroinvasiva, y enteropatogénica

b. Todos los animales son infectados por *E. coli*, enteropatogénica, cada serotipo es más o menos específico a cada hospedero particular.

c. De 30 o más serotipos identificados, algunos se asocian con particulares especies animales.

Fuente: Feachem et al. (7)

## Anexo No. 4

## HELMINTOS PATOGENOS EXCRETADOS EN HECES

Helminthos	Nombre común	Enfermedad	Distribución
<i>Ancylostoma duodenale</i>	Uncinaria	Uncinariasis	Clima cálido
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Gusano redondo	Ascariasis	Mundial
<i>Clonorchis sinensis</i>	Tremátodo del hígado	Clonorquiiasis	Asia
<i>Diphyllobothrium latum</i>	Gusano del pez	Diphyllobotriasis	Regiones templadas
<i>Enterobius vermicularis</i>	Oxiuro	Enterobiasis	Mundial
<i>Fasciola hepatica</i>	Tremátodo de oveja	Fascioliasis	Mundial
<i>Fasciolopsis buski</i>	Tremátodo intestinal	Fasciolopsiasis	Asia
<i>Gastrodiscoides hominis</i>	n.a.	Gastrodiscoidiasis	Asia
<i>Heterophyes heterophyes</i>	n.a.	Gastrodiscoidiasis	Sureste Europa, Asia
<i>Hymenolepis nana</i>	Gusano plano	Himenolepiasis	Mundial
<i>Metagonimus yokogawi</i>	n.a.	Metagonimiasis	Este de Asia
<i>Necator americanus</i>	Uncinaria	Uncinariasis	Clima cálido
<i>Opistorchis felineus</i>	Tremátodo del gato	Opistorquiiasis	Rusia
<i>O. viverrini</i>	n.a.	Opistorquiiasis	Rusia
<i>Paragonimus westermani</i>	Tremátodo pulmonar	Paragonimiasis	Asia, Africa y Sudamérica
<i>Schistosoma haematobium</i>	Esquistosoma	Esquistosomiasis	Africa y Asia
<i>S. japonicum</i>	Esquistosoma	Esquistosomiasis	Africa y Asia
<i>S. mansoni</i>	Esquistosoma	Esquistosomiasis	Africa y Sudamérica
<i>Strongyloides stercoralis</i>	Gusano hilo	Estrongiloidiasis	Clima húmedo
<i>Taenia saginata</i>	Tenia de la vaca	Taeniasis	Mundial
<i>T. solium</i>	Tenia del cerdo	Taeniasis	Mundial
<i>Trichuris trichiura</i>	Gusano látigo	Trichiuriasis	Mundial

n.a. no aplicable

Fuente: Feachem et al (7).

Anexo No. 5

PROTOZOOS PATOGENOS EXCRETADOS EN HECES

Protozoo	Enfermedad	Puede ocurrir Infección sin Síntomas?	Reservorio
<i>Balantidium coli</i>	Diarrea, disenteria y ulceración del colon	Si	Ser humano y animales (especialmente cerdos y ratas)
<i>Entamoeba histolytica</i>	Ulceración del colon, disenteria y absceso Hepático	Si	Hombre
<i>Giardia lamblia</i>	Diarrea y malabsorción	Si	Ser humano y animales

Fuente: Feachem et al. (7)

Anexo No. 6

VIRUS PATOGENOS EXCRETADOS EN HECEAS

Virus	Enfermedad	Puede ocurrir Infección sin Síntomas?	Reservorio
Adenovirus	Numerosas condiciones	Sí	Ser humano
Enterovirus			
Poliovirus	Poliomielitis, parálisis y otras Condiciones	Sí	Ser humano
Echovirus	Numerosas condiciones	Sí	Ser humano
Virus Coxsackie	Numerosas condiciones	Sí	Ser humano
Virus Hepatitis A	Hepatitis infecciosa	Sí	Ser humano
Reovirus	Numerosas condiciones	Sí	Ser humano y animales
Rotavirus	Diarrea	Sí	Ser humano

Fuente: Feachem et al. (7)

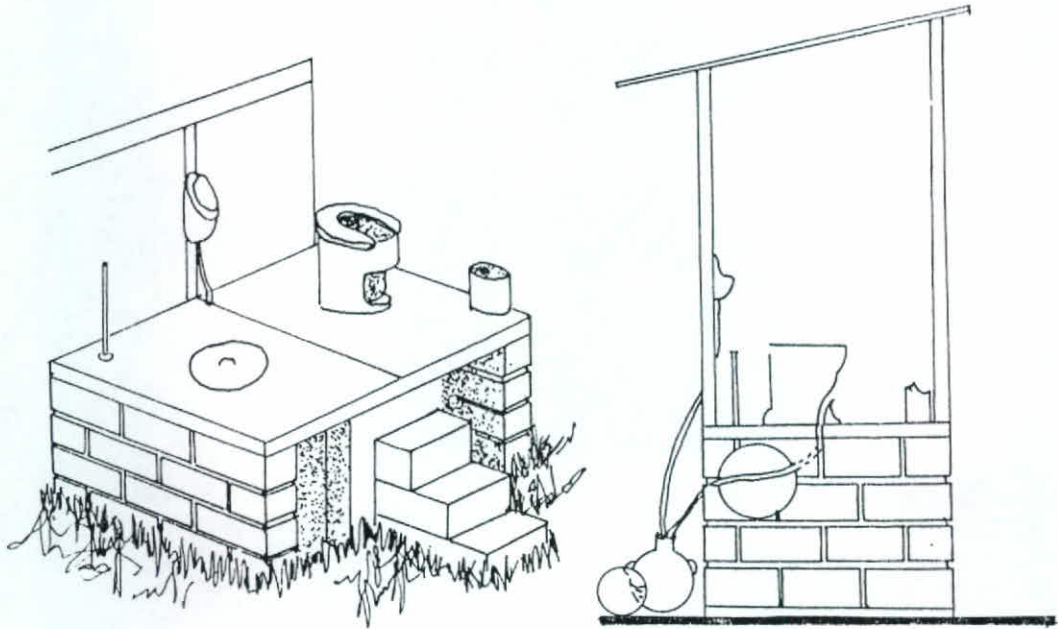
**CARACTERÍSTICAS DE LAS INFECCIONES RELACIONADAS CON EXCRETAS**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>EJEMPLO</b>	<b>TRANSMISION</b>	<b>CONTROL</b>
<b>I</b> No latente, infeccioso inmediatamente Dosis infecciosa baja (< 100 MOs)	Enterobiasis Virus entéricos Hymenolepiasis Amebiasis	Personal Doméstica	Garantizar agua potable Mejoramiento higiene personal y doméstica Tratamiento excretas
<b>II</b> No latente, infeccioso inmediatamente Dosis infecciosa media (> 10 <sup>4</sup> MOs)	Enterobacterias	Personal Doméstica Agua/Cultivos	Mejoramiento higiene personal y doméstica Tratamiento excretas
<b>III</b> Latente y persistente Sin huésped intermediario	Helminantiasis	Campos/patios Cultivos	Mejoramiento higiene Uso de letrina
<b>IV</b> Latente y persistente Huésped intermediario	Helminintos Teniasis	Campos/patios	Tratamiento excretas Cocción de carnes
<b>V</b> Infectividad diferida Huésped intermediario acuático	Helminintos Nemátodos	Agua	Tratamiento excretas Control de reservorios

FUENTE: Cáceres A. (18).

## Anexo No. 8

## DISEÑO DE LA LETRINA ABONERA SECA FAMILIAR



Fuente: CEMAT, 1990.



## Anexo No. 9

## HALLAZGOS DE VIRUS EN SISTEMAS DE DISPOSICION DE EXCRETA

TIPO DE SISTEMA	No.	ENTEROVIRUS		ROTAVIRUS
		Poliovirus	Otros (a)	
<b>A. Sistemas convencionales</b>				
1. Letrinas de pozo	20	6	0	0
2. Aguas negras sin tratamiento	5	0	0	0
3. Lodos-estanques con tratamiento	3	2	1	0
4. Aguas negras tratadas	3	0	0	0
<hr/>				
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>31</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
<hr/>				
<b>B. Sistemas alternativos</b>				
1. Cámaras en uso de LASF	21	0	0	0
2. Abonos procesados de LASF	11	0	0	0
3. Digestores tipo chino	1	0	0	0
4. Digestores tipo OLADE-Guatemala	2	0	0	0
<hr/>				
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>35</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<hr/>				
<b>TOTAL</b>	<b>66</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

(a) Posible ECHO o Coxsackie

FUENTE: Castillo A (38).

**Anexo No. 10**

**MAPA DEL DISEÑO DE MUESTREO  
COMUNIDADES DE TODOS SANTOS CUCHUMATAN  
DEPARTAMENTO DE HUEHUETENANGO**



Municipio  
San Sebastian  
Huehuetenango.

Municipio  
Chiantla.

Aldea  
El Rancho

A

Casero Chichim

C

Casero Tu

F

Municipio  
San Juan Ixcoy

Casero Buena Vista

F






Nirma Renata Moreira Ramirez  
Tesisista



Licda. Karin Herrera  
Asesora



Licda. Heidi Elke Logemann Lima  
Directora



Licda. Hada Marieta Alvarado Beteta  
Decana