

Caracterización física de sitios potenciales para la ubicación del relleno sanitario de Zamorano

Allan Neptalí Rittenhouse Navarrete

Honduras
Abril, 2003

**ZAMORANO
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONOMICO Y
AMBIENTE**

**Caracterización física de sitios potenciales
para la ubicación del relleno sanitario de
Zamorano**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Allan Neptalí Rittenhouse Navarrete

Honduras
Abril, 2003

El autor concede a Zamorano permiso
para reproducir y distribuir copias de este
trabajo para fines educativos. Para otras personas
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Allan Neptalí Rittenhouse Navarrete

Honduras
Abril, 2003

Caracterización física de sitios potenciales para la ubicación del relleno sanitario de Zamorano

Presentado por

Allan Neptalí Rittenhouse Navarrete

Aprobada:

George Pilz, Ph.D.
Asesor Principal

Mayra Falck, M.Sc.
Coordinadora interina Carrera de
Desarrollo Socioeconómico y Ambiente

Luis Caballero, M.Sc.
Asesor

Antonio Flores, Ph.D.
Decano Académico

Carlos Gauggel, Ph.D.
Asesor

Kenneth Hoadley, Ph.D.
Rector

Oscar Díaz, M.Sc.
Asesor

George Pilz, Ph.D.
Coordinador PIA

DEDICATORIA

A Tania Margarita Villanueva Rodas, por convertirse en todo lo bello que deseé encontrar.

A mis hijos, Ema Argentina y Allan Jacob, por ser la fuerza para cualquier lucha.

AGRADECIMIENTOS

A Tania Villanueva por llegar a mi vida como un sol y convertirse en el amor de mi vida, mi mejor apoyo y mi mejor amiga.

A mis padres Carlton y Bertha por darme su apoyo y amor en todo momento.

A mis hermanos por ser amigos y mostrar su interés y confianza en mí.

A mis hijos Ema y Jacob por ser la inspiración, la razón de mis alegrías y siempre tener los brazos abiertos para su papi.

A la familia Villanueva Rodas por su confianza y apoyo en los momentos más difíciles.

A Raul Perdomo, Osman Romero, Donaldo Gonzales y Rodney Lagos, por su amistad y compañerismo.

A mis asesores, George Pilz, Carlos Gauggel, Gloria Arévalo de Gauggel, Luis Caballero y Oscar Díaz por su dedicación y confianza en este trabajo.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

A la fundación Nippón por el apoyo económico para realizar mis estudios en el programa de Ingeniería Agronómica.

RESUMEN

Rittenhouse, Allan. 2003. Caracterización física de sitios potenciales para la ubicación del relleno sanitario de Zamorano. Proyecto especial del programa de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 41 p.

Zamorano en respuesta a la necesidad de mantener la calidad ambiental y garantizar a las futuras generaciones un ambiente seguro está tomando la iniciativa en el manejo de los desechos sólidos generados en el proceso productivo y de vivienda. Actualmente Zamorano está implementando la reducción, reutilización y reciclaje de algunos de desechos como papel, metal y plástico, el resto del material se deposita en el relleno actual el cual no reúne las condiciones establecidas por la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente para la ubicación de un relleno sanitario y se está corriendo el riesgo de contaminación de los recursos de agua superficiales. El presente estudio consistió en determinar la cantidad de desechos sólidos que llegan al sitio actual y además encontrar el sitio menos riesgoso para la ubicación del nuevo relleno sanitario y que éste garantice los objetivos de conservación del medio ambiente permitiendo a Zamorano ser un ejemplo de organización y limpieza. Para ello se separó y pesó la basura por tipos, diferenciándola en plástico, papel, metal, vidrio, material orgánico y otros; para encontrar el sitio de ubicación del nuevo relleno se seleccionó seis sitios que se encuentren fuera del plan de crecimiento urbano de Zamorano a los cuales se les realizó un estudio consistente en tres etapas; la primera fue la recolección de información como mapas de suelos, cursos de aguas, ubicación de reservorios de agua y datos históricos de precipitación; la segunda etapa consistió en la priorización de sitios eliminando los mas expuestos a buscadores y mas cercanos a fuentes de aguas identificados a través del GIS; la tercera etapa consistió en la selección del sitio que cumplió con los requisitos de la SERNA para la ubicación de rellenos sanitarios. Se encontró que actualmente están llegando al botadero actual 32 metros cúbicos de desperdicios por semana y que entre estos se depositan 18 % de plástico, 6 % de cartón, 2 % de vidrio, 3 % de papel y 51 % de material orgánico, acortando la vida útil de relleno. De los seis sitios estudiados el sitio seleccionado para la ubicación del nuevo relleno sanitario es de Santa Inés, con un índice obtenido de 1 por obtener la mayor puntuación en una tabla donde se creó dicho índice por sitio y en segundo lugar el sitio de El Cañal, con un índice de 0.9. De esta manera se garantiza un mejor manejo de los desechos del Zamorano y la conservación del medio ambiente.

Palabras clave: Calidad ambiental, GIS, infiltración, permeabilidad, pepenadores, relleno sanitario.

Dr. George Pilz

NOTA DE PRENSA

Zamorano modelo de limpieza y de conservación del medio ambiente

El crecimiento acelerado de la población de Zamorano en los últimos años, ha provocado un fuerte impacto en el incremento de la producción de desechos sólidos a tal grado que el lugar destinado para su depósito está a punto de sobrepasar su capacidad instalada, su vida útil se reduce a menos de un año.

Zamorano en la búsqueda de nuevas alternativas para el manejo de desechos sólidos y la conservación del medio ambiente realizó un estudio para cuantificar los desechos que llegan al botadero y buscar la reubicación del depósito actual a un lugar que garantice la conservación del medio ambiente contribuyendo a crear una mejor calidad de vida.

El estudio se realizó durante el presente año en los predios del campus universitario donde se compararon seis sitios posibles para la reubicación del botadero y que cumplen con los requisitos que exige la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) para la habilitación de rellenos sanitarios. Al mismo tiempo, se pesó la cantidad de basura que llega al depósito actual desde las Zamoempresas, residencias estudiantiles y viviendas.

Las variables de comparación de estos sitios fueron: analizar el riesgo de contaminación de fuentes de agua superficial y subterránea, riesgo del ingreso de los buscadores de basura, distancia al perímetro de la Escuela y de viviendas, capacidad del suelo de retener los lixiviados y cercanía a fallas geológicas.

Se determinó que el mejor sitio para la ubicación del nuevo relleno sanitario es en la zona denominada Santa Inés, que tiene capacidad para recibir las 8,900 libras de basura por semana con un volumen de 32 metros cúbicos que en promedio están llegando al botadero actual.

Con la reubicación del relleno sanitario Zamorano podrá asegurar que las fuentes de agua subterráneas estén libres de contaminación asegurando la salud de los residentes y además se contribuirá de manera eficiente con la conservación del medio ambiente al vivir en una ciudad limpia y ordenada.

Licda. Sobeyda Alvarez

CONTENIDO

Portada.....	i
Portadilla.....	ii
Autoría.....	iii
Página de firmas.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimientos.....	vi
Agradecimientos a patrocinadores.....	vii
Resumen.....	viii
Nota de prensa.....	ix
Contenido.....	xii
Índice de cuadros.....	xiii
Índice de Anexos.....	xiii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 LÍMITES DEL ESTUDIO.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 CAUSAS DEL INCREMENTO EN LA PRODUCCIÓN DE DESECHOS.....	4
2.2 MANEJO DE DESECHOS EN EL ZAMORANO.....	4
2.3 TIPOS DE DESECHOS.....	5
2.4 ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS.....	5
2.5 DEFINICIÓN DEL RELLENO SANITARIO.....	6
2.6 BENEFICIOS DEL RELLENO SANITARIO.....	7
2.7 VENTAJAS DEL RELLENO SANITARIO.....	7
2.8 DESVENTAJAS DEL RELLENO SANITARIO.....	8
2.9 IMPACTOS DE LA UTILIZACIÓN DEL RELLENO SANITARIO.....	8

2.9.1	Contaminación del suelo.....	8
2.9.2	Contaminación de agua por lixiviados.....	8
2.9.3	Producción de gases.....	9
2.10	USO FINAL DEL SITIO.....	9
2.11	REQUERIMIENTOS UN SITIO PARA LA UBICACIÓN DE UN RELLENO SANITARIO.....	10
2.12	SELECCIÓN DEL TERRENO PARA UBICAR RELLENOS SANITARIOS.....	10
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1	EQUIPO UTILIZADO.....	12
3.2	UBICACIÓN DEL ESTUDIO.....	12
3.3	SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE LOS SITIOS PARA EL ESTUDIO.....	13
3.4	PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
3.4.1	Cuantificación y cualificación de los desechos que llegan al botadero actual.....	13
3.4.2	Etapas 1.....	13
3.4.3	Etapas 2.....	14
3.4.4	Etapas 3.....	15
3.4.4.1	Distancia que garantice la zona de recarga de acuíferos y fuentes de agua libres de contaminación.....	15
3.4.4.2	Características de suelo impermeable.....	15
3.4.4.3	Suficiente material de cobertura.....	15
3.4.4.4	Encontrarse lejos de zonas de inundación.....	15
3.4.4.5	Encontrarse fuera del perímetro urbano.....	15
3.4.4.6	Encontrarse fuera de áreas protegidas, servidumbre y líneas de conducción de agua y energía.....	16
3.4.4.7	Encontrarse ubicado lejos de fallas geológicas.....	16
3.4.4.8	Riesgo a pepenadores.....	16
3.4.4.9	Tasa de infiltración superficial.....	16

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
4.1	CUANTIFICACIÓN Y CUALIFICACIÓN DE LOS DESECHOS QUE LLEGAN AL BOTADERO ACTUAL.....	17
4.2	DISTANCIA QUE GARANTICE LA ZONA DE RECARGA DE ACUÍFEROS Y FUENTES DE AGUA LIBRE DE CONTAMINACIÓN.....	19
4.3	CARACTERÍSTICAS DE SUELO IMPERMEABLE.....	20
4.4	SUFICIENTE MATERIAL DE COBERTURA.....	20
4.5	ENCONTRARSE LEJOS DE ZONAS DE INUNDACIÓN.....	21
4.6	ENCONTRARSE FUERA DEL PERÍMETRO URBANO.....	21
4.7	ENCONTRARSE FUERA DE AREAS PROTEGIDAS, SERVIDUMBRE Y LINEAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA Y ENERGÍA.....	22
4.8	ENCONTRARSE UBICADO LEJOS DE FALLAS GEOLÓGICAS.....	23
4.9	RIESGO A PEPENADORES.....	23
4.10	TASA DE INFILTRACIÓN SUPERFICIAL DE SUELOS.....	24
4.11	ELECCIÓN DEL SITIO APROPIADO.....	24
5.	CONCLUSIONES.....	27
6.	RECOMENDACIONES.....	28
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	29
8.	ANEXOS.....	31

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Cantidad de basura que llega al relleno por semana.....	17
2.	Porcentaje de desechos por tipo.....	18
3.	Distancia de los sitios a los ríos, lagunas y nivel freático.....	19
4.	Contenido de arcilla y limo al fondo de la trinchera.....	20
5.	Distancia de cada sitio a la casa y comunidad más cercana.....	22
6.	Distancia de cada sitio a líneas de energía, agua potable y alcantarillado.....	23
7.	Distancia de cada sitio al perímetro más cercano.....	23
8.	Tasa de infiltración superficial.....	24
9.	Valoración de cada sitio según su puntaje obtenido.....	26

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

1.	Mapa de ubicación de los sitios sometidos al estudio.....	31
2.	Mapa de ubicación de los sitios propuestos para ubicar un relleno sanitario.....	32
3.	Relaciones aproximadas entre estructura, textura y conductividad hidráulica en cm / día.....	33
4.	Distribución de pozos perforados del valle del Yegüare.....	34
5.	Datos históricos de precipitación en el valle del Zamorano.....	35
6.	Caracterización de perfiles de suelos.....	36

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El manejo inadecuado de los residuos sólidos afecta tanto a las grandes ciudades como a las pequeñas poblaciones rurales de los países en vías de desarrollo, las principales causas del problema son las deficiencias de criterios técnicos, económicos y sociales, ya que estos limitan la capacidad de las comunidades de manejar adecuadamente el problema de los desechos sólidos y además ocasionando que el servicio carezca de una adecuada planificación y organización; lo cual se ha traducido en altos costos de funcionamiento del sistema que las mismas municipalidades han tenido que subsidiar consumiendo gran parte de su presupuesto (Jaramillo, 1991).

La producción y el manejo de los residuos sólidos se viene agravando, en la gran mayoría de los países Latinoamericanos y particularmente en aquellas regiones donde el crecimiento poblacional es acelerado. El problema es aun mayor en las áreas urbanas debido a la alta concentración poblacional, el desarrollo industrial, los cambios de hábitos de consumo y el cambio de nivel de vida (Trajo, 1994).

Además según la Organización Panamericana de la Salud, la importancia de los residuos sólidos como causa directa de enfermedades no está bien determinada, sin embargo, se les atribuye una incidencia en la transmisión de algunas enfermedades, al lado de otros factores principalmente por vías indirectas como la contaminación del agua subterránea y aire (Jaramillo, 1991).

En Zamorano el manejo de los desechos sólidos es de alta prioridad debido a la necesidad de conservar el medio ambiente y los recursos naturales que son la base para su desarrollo a largo plazo. Este interés también responde a la preocupación de los vecinos del Zamorano y entidades gubernamentales para la conservación y protección del medio ambiente. Es por ello que Zamorano está tomando una actitud proactiva para atacar el problema de la contaminación creando alternativas como son el establecimiento de un programa de reciclado de algunos materiales como papel, plástico y latas desde 1998 y se espera que este programa ayude a prolongar la vida útil del relleno contribuyendo además a crear la cultura de conservación del medio ambiente en los estudiantes y personal de la institución.

El relleno sanitario de Zamorano funciona desde 1974, está ubicado en la parte noreste de la Escuela y su área es de 14,000 m², la capacidad instalada permite recibir a diario 10 metros cúbicos de desechos y se proyecta una vida útil de tres

años, cuando se seleccionó el sitio fue por su lejanía de la viviendas y costo del terreno; en los últimos años el crecimiento poblacional ha ejercido presión sobre este sitio de manera que se convierte en urgencia la reubicación de dicho botadero por que las leyes vigentes no permiten el manejo que hasta la fecha se ha dado al sitio así como sus características de ubicación y de conservación del medio ambiente (Mancheno, 1997).

Zamorano y la Secretaría de Recursos Naturales (SERNA) están consientes que el sistema del relleno sanitario no es el más moderno que existe para tratar los desechos sólidos pero es el que más se ajusta a las condiciones económicas y tecnológicas de nuestro país y especialmente de Zamorano y su uso es muy frecuente en América Latina, pero se debe considerar que existen tecnologías modernas como sistemas de ignición de la basura pero son muy caras, a pasar de que se piensa que Zamorano algún día tendrá que adoptar estas tecnologías por el incremento en el costo de la tierra (Mancheno, 1997).

El manejo de los desechos sólidos de Zamorano así como la ubicación del sitio ha creado inconformidad en la población cercana a la escuela por malos olores y llegada de aves carroñeras, además que se presume que este puede estar contaminando las fuentes de agua de la comunidad que esta creciendo a la par del relleno actual. Estas quejas son las que no han permitido que se conceda a Zamorano su licencia ambiental.

Se han realizado estudios en manejo de desechos sólidos en el Zamorano con el objetivo de cuantificar y proponer planes de manejo de los desechos, entre ellos se mencionan:

- Estudio de costo beneficio del relleno sanitario de la Escuela Agrícola panamericana. Folleto de Mancheno J. y Toro J., 1997.
- Diagnóstico del manejo de desechos sólidos en Zamorano y elaboración de un plan alternativo de manejo. Tesis de Aviles Fuentes, 1998.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

- Contribuir al mejoramiento y mantenimiento de la calidad ambiental en Zamorano y sus alrededores.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar un sitio apropiado por sus características físicas según la SERNA para la ubicación del relleno sanitario de Zamorano.
- Identificar y cuantificar los desechos sólidos generados por las unidades productivas y de servicios de Zamorano en el momento de llegada al sitio final.

1.3 LÍMITES DEL ESTUDIO

El estudio se enfoca en el contexto de Zamorano, adaptado a sus condiciones sociales, económicas y tecnológicas, así como en la cantidad de desechos generados y su clasificación.

El estudio se orientó hacia la implementación de relleno sanitario como alternativa para la deposición de desechos, basados en los requisitos del reglamento para el manejo de desechos sólidos de la SERNA para la ubicación de rellenos sanitarios.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Zamorano es una institución de prestigio a nivel Latinoamericano y debe mantenerse como tal en su calidad de educación así como entidad protectora y conservadora del medioambiente. Es por ello necesario que Zamorano agilice el proceso de obtención de licencias ambientales y certificación ISO 14,000 para poder presentarse como una entidad de conservación y manejo de los recursos naturales y contribuir al mantenimiento de la calidad de vida.

La construcción de un relleno sanitario como opción para el depósito de los desechos de la institución y la ubicación de este en un sitio de menor riesgo al medio ambiente facilitará a Zamorano la obtención de su permiso ambiental.

Según la proyección con base en la cantidad de basura que llega al depósito actual se estimó que la vida útil de dicho sitio es de menos de tres años y por lo tanto es necesario iniciar un estudio para la ubicación de un relleno sanitario que cumpla con las regulaciones ambientales de la SERNA.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CAUSAS DEL INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN DE DESECHOS

La contaminación ambiental y los riesgos para la salud humana son problemas comunitarios que se deben en buena medida al manejo inadecuado de los desechos sólidos. Este problema mundial sólo tiende a agravarse dado que la población crece y consume más, por lo que se genera más basura cada día. Los países latinoamericanos no son la excepción, pues cada día sufrimos más de ésta problemática urbana y social que parece no tener solución. Por tal motivo las municipalidades, empresas y organizaciones comunales deben participar activamente en la búsqueda de posibles soluciones que se adapten a cada comunidad, ya que todos somos responsables de ésta situación. Esto es de vital importancia en momentos en que nuestros países buscan afanosamente la protección del Medio Ambiente (CEPRONA, 2003).

Al igual que en los países del continente Americano, Zamorano está experimentando un acelerado crecimiento en la producción de desechos sólidos producto del crecimiento poblacional, cambios en los hábitos y patrones de consumo y la industrialización (Rodríguez, 1992).

Mancheno (1997) estimó que la producción *per capita* para ese año de desechos en todo el campus de Zamorano era de 2.61 kg por persona por día con un incremento estimado según proyecciones históricas de 1.5 %, pero Aviles (1998) mencionó que una persona en Zamorano produce cerca de 800 gramos de basura por día, además, Rodríguez (1995) en un estudio que realizó a Zamorano estimó un crecimiento en la producción de desechos de 1.5 % anual.

2.2 MANEJO DE LOS DESECHOS SÓLIDOS EN EL ZAMORANO

Actualmente Zamorano tiene una ruta de recolección y un sitio final de depósito ubicado cerca de la carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, este sitio durante años ha sido manejado como un botadero y se han dado los primeros pasos para convertir este en un relleno sanitario como es la deposición en trincheras y compactación de la basura cubriéndola con tierra.

Las exigencias de los organismos nacionales de conservación del medio ambiente ya no nos permiten continuar con esta tecnología por el riesgo que se corre de contaminar los acuíferos y fuentes de agua superficiales así como la necesidad de Zamorano de presentarse como una entidad protectora de los recursos naturales y servir de ejemplo para América Latina (Aviles, 1998).

Existen varias alternativas para el manejo de los desechos, Mancheno (1997) menciona los tiraderos cielo abierto, entierros caseros y quemar la basura, pero sugirió el relleno sanitario como la alternativa más factible económicamente para Zamorano y además que garantiza los objetivos de conservación del medio ambiente.

2.3 TIPOS DE DESECHOS SÓLIDOS

Aviles (1998) clasificó los desechos sólidos según su origen en:

Materia orgánica- estos son residuos de cocina o de alimentos, subproductos de plantas agrícolas, ramas de árboles, hojas y desperdicios de rastros.

Papel- este abarca papel de oficina, libros folletos, periódicos, cajas, cartones y los compuestos de celulosa, todos estos son materiales reciclables.

Plástico- incluye botellas, bolsas, lazos y todos los materiales compuestos de polietileno, poli estireno y PVC.

Vidrio- este incluye botellas, platos, espejos y otros derivados de sílice.

Metales- compuestos por envases de aluminio, botes de refrescos y tapaderas de botellas.

Otros- abarca el papel y cartón encerado, papel emplastado, papel fax, papel higiénico, telas, poroplast, zapatos, y combinaciones de metal y plástico.

2.4 ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS

Existen varias alternativas para el manejo de los desechos sólidos, la elección de la que se utilizará en un asentamiento urbano, comunidad rural o gran ciudad dependerá de factores como disponibilidad de financiamiento para la operación, costo del terreno, aspectos legales del país, tecnologías existentes en la región. Entre las alternativas más comunes se mencionan, incineradores, depósito al mar, entierros, relleno sanitario. De estas alternativas la que más se adapta a nuestra capacidad tecnológica y económica es el relleno sanitario con la ventaja que presenta de ser la menos nociva para el medio ambiente (Aguilar, 1994).

Según Trajo (1994) entre las opciones para el manejo de los desechos menciona: reducir, reciclar, reutilizar, incineración, moler y compactar (variante del relleno sanitario).

Mancheno (1997) propuso el relleno sanitario como la alternativa para el manejo de los desechos sólidos del Zamorano debido a la cantidad generada y a las tecnologías existentes como maquinaria para perforar trincheras y extracción de gases, otras tecnologías están fuera de nuestro alcance y su impacto al medio ambiente puede ser mayor.

2.5 DEFINICIÓN DE RELLENO SANITARIO

El relleno sanitario es el método de deposición de desechos más completo y de menor costo siempre y cuando el terreno sea de bajo valor por estar ubicado relativamente fuera del perímetro de la comunidad y utilización de terrenos marginales. Así mismo el relleno sanitario es también uno de los métodos más antiguos de eliminación de desechos, sus orígenes se remontan a los tiempos bíblicos y en nuestro continente se comenzó a conocer cuando en los Estados Unidos se utilizaron hondonadas para rellenarlas con desechos. En los años cuarenta se difundió por todo el mundo. Este método aunque es muy común actualmente se prevé que en un futuro dejará de serlo debido a la dificultad para encontrar terrenos de bajo costo y que estén a distancias que no eleven los costos de transporte (Trajo, 1994).

Después de aplicar Reducción, Reuso y Reciclaje, el relleno sanitario se presenta como una alternativa técnica y económica para poblaciones de hasta 70.000 habitantes, con operación manual, requiriendo equipo pesado solamente para la adecuación del sitio y construcción de vías internas o excavación de material de cobertura de acuerdo con el avance, tipo y diseño de relleno (Rodríguez, 1992).

Según Jaramillo (1991) el relleno sanitario es una técnica de eliminación final de los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestias ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Esta técnica utiliza los principios de la ingeniería para confinar la basura en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además prevé los problemas que puedan causar los líquidos percolados y gases producidos en el relleno por efecto de la descomposición de la materia orgánica.

Según Trajo (1994), el relleno sanitario es la opción más antigua para la deposición final de desechos sólidos e indudablemente en un futuro dejará de ser la única opción de deposición final de los grandes asentamientos urbanos, esto debido a la dificultad para encontrar sitios apropiados, la creciente cantidad de desechos generados, el surgimiento de nuevas técnicas para reducir los costos.

La Secretaría de Recursos Naturales SERNA (2001) define el relleno sanitario como la técnica de eliminación de desechos sólidos el cual consiste en esparcirlo, acomodarlos y compactarlos al volumen más práctico posible, cubriéndolo diariamente con tierra u otro material disponible, contando con drenaje de gases o líquidos percolados.

Según SERNA (2001), un Vertedero de desechos es el sitio o paraje sin preparación previa donde se depositan los desechos sin técnica o con técnicas muy rudimentarias y en el que no se ejerce un control adecuado.

2.6 BENEFICIOS DEL RELLENO SANITARIO

Manchero (1997) enumeró los siguientes beneficios del uso de los rellenos sanitario como método para la eliminación de los desechos sólidos.

- Reducción de la contaminación ambiental
- Alarga la vida útil del terreno para el depósito de basuras
- Se disminuye la proliferación de enfermedades por vectores
- Se conserva la estética
- Se asegura la calidad de aguas
- Asegura la buena relación entre vecinos
- Fuente de ejemplo de organización
- Se evita la molestia por insectos

2.7 VENTAJAS DEL RELLENO SANITARIO

El funcionamiento de un relleno debe apegarse a los más sólidos principios de ingeniería como diseño de drenajes, perforación de trincheras, rutas de acceso y compactación para garantizar su buen funcionamiento, estos se definen cada vez mejor. Un relleno sanitario manejado adecuadamente tendrá las siguientes ventajas (Rodríguez, 1995):

- Si se obtiene un terreno a bajo costo es el método más barato para la deposición de desechos.
- La inversión inicial es baja comparada con otros métodos de deposición.
- Es un método de deposición total, es decir no deja residuos.
- Se pone en operación en corto tiempo.
- Recibe todo tipo de sólidos con esto se elimina la necesidad de realizar recolecciones separadas.
- Es flexible ya que puede disponer cantidades menores o mayores de desechos con poco personal o equipo adicional.
- Una vez terminado el proceso el sitio se puede utilizar para campos deportivos, estacionamientos y otros.

Además de las anteriores ventajas Jaramillo (1991) menciona las siguientes:

- Genera empleo a mano de obra no calificada
- Recuperación de gas metano
- Utilización de terrenos considerados marginales

2.8 DESVENTAJAS DEL RELLENO SANITARIO

Sin embargo también pueden existir unas desventajas como estas, (Rodríguez, 1995):

- En áreas muy pobladas el terreno apropiado puede estar dentro de distancias no costeable para el transporte.
- Si no se opera adecuadamente se puede convertir en un tiradero cielo abierto.
- La ubicación de rellenos cercanos a áreas residenciales puede tener fuerte oposición pública.
- Un relleno terminado tendrá asentamientos y requerirá mantenimiento periódico.
- Las construcciones permisibles sobre un terreno son limitadas debido a los gases y asentamientos.

Como desventajas Jaramillo (1997) menciona:

- Necesita una supervisión constante para mantener el nivel de la operación
- Se puede presentar una eventual contaminación de fuentes de agua
- Inutilización del terreno los primeros dos años después de terminado debido a los asentamientos.

2.9 IMPACTOS DE LA UTILIZACIÓN DE RELLENO SANITARIO

2.9.1 Contaminación del suelo

Los suelos más susceptibles a contaminación son los que tienen bajo contenido de arcilla la cual crea la barrera impermeable en los horizontes inferiores. Al no existir esta capa de arcilla los contaminantes llegan a todos los demás estratos inferiores permitiendo que los lixiviados se muevan a través del agua. También están mas expuestos a contaminación los sitios con una pendiente mayor al 10% y que permitan que los lixiviados se rebalsen Aguilar (1994).

2.9.2 Contaminación del agua por lixiviados

Según Rodríguez (1996), el correcto diseño y la buena operación de un relleno sanitario reducen la contaminación del aire, eliminando la liberación de gases. El daño que puede causar ocurre en las aguas subterráneas debido a los productos que percolan hacia las capas freáticas por la descomposición de los desechos. Esto a su vez se puede evitar cubriendo los pisos de las trincheras con arcillas o con plástico. También se recomienda ubicar el relleno lejos de las fuentes de agua como ríos y pozos o donde el nivel freático se encuentra muy cercano.

Los líquidos lixiviados son producidos por la descomposición de la basura por acción de los microorganismos. El proceso de descomposición produce calor el cual genera evaporación la que se condensa formando agua, además del agua de infiltración y de escorrentía que llega al sitio (Aguilar, 1994).

Los líquidos lixiviados y percolados son objeto de gran estudio debido a que estos al abandonar el relleno causan grandes daños a sus alrededores. La interrelación entre contenido de humedad, tamaño de los trozos, circulación de aire y temperatura son relativamente complejas; el efecto total de esta interacción es la que determina la evaporación y por consiguiente el lixiviado de los contaminantes suspendidos en agua (Trajo, 1994).

Según Aguilar (1994), las estrategias para el control de la contaminación del agua o lixiviado se podrá aplicar estas tendencias: diluir y dispersar, y concentrar y contener. Concentrar y contener implica sellar el relleno cuando este no tenga en su suelo la característica de baja capacidad de infiltrar líquidos, con este criterio los sitios para rellenos se caracterizan en tres tipos hidrogeológicamente, sitios con altas propiedades de contención de lixiviados, es necesario coleccionar los lixiviados y darles tratamiento; sitios que permiten la migración lenta de lixiviados con atenuación significativa, son eficientes para la atenuación de iones metálicos por su contenido de partículas de arcilla y sitios que permiten la rápida migración de lixiviados con poca o nula atenuación, solo se podrán utilizar para la deposición de desechos inertes y se podrá incrementar su atenuación de los lixiviados si se cubren con una capa impermeable.

Trajo (1994) describió que los contaminantes más importantes en los lixiviados son los DBO (demanda bioquímica de oxígeno) encontrada de 20,000 a 35,000 mg/l, DQO (demanda química de oxígeno) encontrada de 900 a 90,000 mg/l, cloruros de 300 a 3,000 mg/l y nitratos de 10 a 1,000 mg/l.

2.9.3 Producción de gases

Según Jaramillo (1991) la producción de gases en los rellenos sanitarios se da por la descomposición anaeróbica de la basura, se recomienda recuperarlos y aprovecharlos; existen tres opciones para el uso del gas del relleno; recuperarlo y quemarlo en una chimenea en el sitio, usarlo esencialmente como sale para generar energía o calor, purificarlo eliminando humedad e impurezas, CO₂ y H₂S, para venderlo como combustible de bajo calor.

2.10 USO FINAL DEL SITIO

Aguilar (1994) sugiere como un segundo uso después del relleno la construcción de parques y áreas de recreación como canchas, estacionamientos, jardines botánicos y otros, cabe considerar que debido a la presencia de CO₂ en el suelo se desplaza el oxígeno y dificulta la respiración de las plantas.

Según Rodríguez (1995), el uso final del sitio puede ser para la creación de canchas deportivas y parques recreativos, no se recomienda la edificación de cualquier tipo por la poca firmeza por la disminución de la densidad después de mezclarlo con desechos.

2.11 REQUERIMIENTOS DE UN SITIO PARA UBICAR UN RELLENO SANITARIO

Según SERNA (2001), en su Reglamento para el Manejo de lo Residuo Sólidos, el sitio seleccionado para ubicar un relleno sanitario debe reunir las siguientes características:

1. “Estar ubicado a una distancia que garantice que las zonas de recarga de los acuíferos o fuentes de agua potable, estén libres de contaminación”.
2. “El suelo debe reunir características de impermeabilidad, remoción de contaminantes y profundidad a nivel de agua subterráneas, que garantice la conservación de los acuíferos de la zona de estar existentes”.
3. “Contar con suficiente materia de cobertura diaria de los desechos depositados durante toda su vida útil, en caso de no contar con material suficiente se deberá presentar los planos de bancos de préstamo de materiales a los que se recurrirá así como las formas de transporte y almacén”.
4. “Estar ubicados a una distancia de zonas de inundación, pantanos, marismas, cuerpos de agua y zonas de drenaje natural”.
5. “Estar ubicados fuera del perímetro urbano, en un sitio de fácil y rápido acceso por carretera o camino transitable en cualquier época del año a una distancia no menor de 10 kilómetros y no mas de 30 minutos ida y regreso el perímetro urbano para garantizar la no realización de las actividades que sean ajenas a este”.
6. “Estar ubicado fuera de las áreas pretejidas, servidumbre de paso de acueductos, canales de riego, alcantarillados, oleoductos y líneas de conducción de energía eléctrica”.
7. “Estar ubicado a una distancia mínima de 60 metros de fallas geológicas que haya tenido desplazamientos recientes”.
8. “Otras que se consideren importantes según las condiciones de cada sitio y según la disposición de la DECA (Dirección de Evaluación y Control Ambiental)”.

2.12 SELECCIÓN DEL TERRENO PARA UBICAR RELLENOS SANITARIOS

Según la SERNA (2001), el objetivo primario de la selección de los terrenos consiste en garantizar un sitio más idóneo, para ello se tendrán en cuenta las características naturales del lugar y el entorno productivo de los suelos con el fin de garantizar la salubridad pública y del medio ambiente, ambas características sirven como prevención en caso de que algunas empresas no cumplan con esto requisitos.

El proceso de selección debe dividirse en fases comenzando con un proceso de búsqueda utilizando un sistemas de información geográfico (SIG), para establecer que áreas son aptas para estudiar, tras este paso se debe estudiar cada sitio más a detalle e identificar terrenos apropiados que serán estudiados más a detalle.

Lo residuos sólidos urbanos en cada sitio son diferentes por que reflejan los hábitos y la manera de vivir de los seres humanos es por esta razón que no se garantiza que un sistema de desechar los residuos funcionara en otro.

Según Trajo (1994), para implantar un nuevo sistema de tratamiento de basura se debe considerar varios factores sociales y políticos, sin perder de vista que el objetivo es la seguridad y consistencia de modo que elimine las molestias públicas y daños al ambiente.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 EQUIPO UTILIZADO

El equipo utilizado para la perforación de calicatas y levantamiento de datos geográficos fue proporcionado por la Zamoempresa de Cultivos Forestales y la carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente y consistió en el siguiente:

1. Piochas
2. pala angosta
3. barra
4. machete
5. bascula
6. sacos
7. aros para medir infiltración
8. tanques de agua
9. regla
10. barreno
11. GPS
12. programas Arc view, pathfinder
13. vehículo

3.2 UBICACIÓN DEL ESTUDIO

La investigación se realizó en el Valle del Yegüare ubicado en el municipio de San Antonio de Oriente departamento de Francisco Morazán, a 36 kilómetros de la ciudad de Tegucigalpa, en el sector sur oriental del país. El valle del Yegüare limita al norte con el municipio de San Antonio de Oriente; al sur, con los municipios de Maraita y de Güinope; al este, con el municipio de Yuscarán; y al oeste, con el municipio de Tatumbla.

El valle del Yegüare tiene una topografía plana a semi plana con una pendiente ligera del uno y medio por ciento. La elevación promedio del valle es de 774 m.s.n.m. La zona central, donde se encuentra Zamorano tiene a una altitud de 800 m.s.n.m. La temperatura promedio anual del valle del Yegüare es de 24 °C Las temperaturas más altas se registran el mes de mayo con un promedio de 27 °C y las más bajas en enero con un promedio de 22 °C. Los registros de precipitación anual en el valle dan un promedio de 1,110 mm, con una temporada lluviosa de junio a octubre y la temporada seca de enero a abril. El río Yegüare es el principal drenaje del valle. Entre sus afluentes principales se encuentran: La quebrada el gallo, Las cuevitas, La pita, La chorrera y Santa Inés

3.3 SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE LOS SITIOS PARA EL ESTUDIO

Se analizó el plan maestro de crecimiento urbano de Zamorano y el mapa de distribución de pozos perforados del valle del Yegüare para seleccionar seis sitios que no interfieran con dicha proyección de crecimiento institucional y de viviendas para comparar la permeabilidad del suelo, riesgo de contaminación de fuentes de agua subterráneas y superficiales, riesgo a pepenadores y así como la parte estética de cada sitio. Además se evaluó estos sitios con los requerimientos para la selección de sitios para ubicar rellenos sanitarios que establece la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente SERNA (2001) en su reglamento de manejo de desechos sólidos.

Los sitios iniciales seleccionados en concordancia con el plan de crecimiento urbano de Zamorano fueron los siguientes (anexo 5):

1. Potreros ganado de carne
2. Ovejas
3. Santa Inés
4. Florencia, plantación de caoba
5. Terrazas agronomía
6. Cañal bajo zona 2

3.4 PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1 Cuantificación y tipificación de los desechos que llegan al botadero actual

Se pesó la basura durante dos semanas en el sitio actual del relleno, para ello se vació la volqueta fuera de la trinchera para separarla por tipos de desechos y pesarla, así se determinó el porcentaje por peso de los tipos de desechos contenidos en cada viaje, en esta parte se contó con el apoyo de los estudiantes de la Universidad Católica de Honduras Fany García y Carlos Quiroz, que estaban realizando su monografía en una propuesta para el manejo de desechos sólidos de el Zamorano.

Se determinó la densidad de la basura calculando el volumen y tomando el peso neto en los basurero plásticos que se utilizan para recolectar la basura de las residencias mediante la formula del volumen de un cono truncado, para determinar la densidad de la basura mediante la formula $Densidad = \text{peso} / \text{volumen}$.

3.4.2 Etapa 1

Se recolectó información secundaria que complementó el estudio y sirvió para elegir los sitios a los que se le realizó el análisis primario de suelos para determinar su permeabilidad y capacidad de infiltración de agua, así como el riesgo de cada sitio de actuar como un contaminador de fuentes de agua superficiales, subterráneas y efectos al aire, exposición al ingreso de pepenadores.

Se obtuvo la siguiente información secundaria:

- Mapas de suelos
Obtenidos del Instituto Geográfico Nacional
- Mapa de usos de suelos
Obtenido de tesis de Lagos, R. (2,002)
- Cursos de aguas
Obtenidos de la unidad SIG de Zamorano
- Ubicación de reservorios y fuentes de agua
Obtenido de tesis de Lagos, R. (2,002)
- Datos históricos de precipitación
Obtenidos de la Zamoempresa de servicios agrícolas
- Plan de desarrollo urbano del Zamorano
Obtenidos del departamento de ingeniería de Zamorano
- Foto aérea del campus de la Escuela para hacer mapa en unidad SIG

3.4.3 Etapa 2

A través del uso del Sistema de Información Geográfica (SIG) del Zamorano se preseleccionaron cuatro sitios que cumplieran con los requisitos establecidos por la SERNA para la ubicación de rellenos sanitarios, se utilizó las herramientas del sistema de información para levantar puntos con el GPS, digitalizar ríos, calles y rutas a los sitios propuestos, creando el mapa de ubicación del estudio.

Los sitios seleccionados que además de cumplir con los requisitos de la SERNA están fuera del plan de crecimiento de Zamorano y retirado de los pozos perforados fueron:

- Sitio 1, Cañera bajo zona 2
- Sitio 2, Florencia, plantación de caoba
- Sitio 3, Santa Inés, lotes de agronomía
- Sitio 4, Terrazas de agronomía, bajo el herbario
- Sitio 5, Botadero actual, (testigo)

Se realizó la evaluación *in situ* de las propiedades físicas del suelo a través de calicatas, barrenaciones y mediciones de infiltración superficial de cuatro sitios previamente seleccionados y el sitio del botadero actual.

Para la obtención de los perfiles, en esta etapa se perforaron las calicatas a los cuatro sitios seleccionados con la medidas de 1.5 x 1.5 x 1.0 metros (largo, profundidad y ancho) y se continuó con barrenaciones hasta la profundidad cercana a 4.0 metros con el objetivo de determinar estructura, textura y color para obtener según el método de la FAO, un rango de conductividad hidráulica (Landon, 1991).

Para la toma de datos de infiltración superficial se utilizó el método de el doble aro, en el que se utiliza la formula $Volumen = 2 * 3.1416 * r^2 * h$ (r = radio, h = altura) para determinar la cantidad de agua absorbida en el aro interno por el suelo en saturación cada 10 minutos manteniendo el aro externo con un nivel medio de agua, Caballero (2002).

3.4.4 Etapa 3

Para la selección del sitio más apropiado se utilizó la información recolectada y detallada en la etapa 1, con base en los requisitos exigidos por la SERNA a cada sitio se le otorgo una calificación desde el más alto al más bajo según el cumplimiento de los requisitos. Así mismo se evaluaron dos requisitos adicionales que garanticen el bienestar de los vecinos, seleccionando el sitio que obtuvo la más alta calificación en la tabla de doble entrada. Estos requisitos son los siguientes.

3.4.4.1 Distancia que garantice la zona de recarga de acuíferos libre de contaminación. Se midió la distancia en metros de los sitios al río más cercano, laguna más cercana y la profundidad del nivel freático.

3.4.4.2 Características de suelo impermeable. Se caracterizó los diferentes estratos en cada calicata y se determinó su estructura, textura y color a través del método del tacto para textura y estructura y visual con tablas Munsell para color, estas se utilizaron para obtener un rango de infiltración según el método de la FAO, (Landon 1991). Anexo 2.

3.4.4.3 Suficiente material de cobertura. Para la calificación de este requisito de consideraron todos en el mismo nivel debido a que al excavar el suelo se obtendrá el suficiente material de cobertura para compactación de la basura por que la cantidad de piedra es baja en los sitios estudiados.

3.4.4.4 Encontrarse lejos de zonas de inundación. La calificación de este requisito se consideró igual para todos los sitios debido a que el valle del Zamorano se encuentra relativamente retirado de zonas de inundación como ríos y lagos y se tiene la experiencia del anterior huracán en el cual no se llegó a estos sitios. Se evaluó la distancia de cada sitio a la posible inundación si el río Yeguaré se desbordara 500 metros y también en el escenario que los ríos secundarios se desbordaran 250 metros, a través de crear una área buffer para cada condición.

3.4.4.5 Encontrarse fuera del perímetro urbano. Se investigó en la oficina de catastro de Francisco Morazán y en Ordenamiento Territorial de la SERNA la caracterización de Zamorano. Se evaluó cada sitio con respecto a su distancia de la casa de habitación y la edificación más cercana para cada sitio del campus central.

3.4.4.6 Encontrarse fuera de áreas protegidas, servidumbres y líneas de conducción de agua y energía. Según la SERNA Zamorano no es área protegida y los sitios se

encuentran lejos de estas, pero se midió la distancia de cada sitio a líneas de conducción de energía eléctrica.

3.4.4.7 Encontrarse ubicado lejos de fallas geológicas. Se analizó el mapa geológico de valle del Yegüare, identificando las fallas geológicas y sus desplazamientos y se estimó la distancia del los sitios a estas.

3.4.4.8 Riesgo a pepenadores. Se midió la distancia en kilómetros de cada sitio a la de los poblados más cercanos y al sector perimetral más cercano para determinar la exposición de cada sitio a los buscadores de desperdicios utilizando las herramientas del Sistema de información geográfico de Zamorano.

3.4.4.9 Tasa de infiltración superficial. Se midió la tasa de infiltración en la superficie con el uso del método del doble aro para determinar la cantidad de agua absorbida en el aro interno por el suelo en saturación cada 10 minutos manteniendo el aro externo con un nivel medio de agua.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a los límites de tiempo que se posee para elaborar estudios científicos dentro de las instalaciones de Zamorano, se tomaron los datos del presente estudio en un corto periodo, que va desde Enero a Abril del año en curso. Estos se presentan comenzando con la cuantificación y tipificación de los residuos sólidos que llegan al botadero actual y continúan con la discusión de los resultados de evaluar los sitios seleccionados con cada parámetro que exige la SERNA para ubicar un relleno sanitario.

4.1 CUANTIFICACIÓN Y CUALIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS QUE LLEGAN AL BOTADERO ACTUAL

Los días que llega la mayor cantidad de basura al botadero de desechos sólidos de Zamorano son los lunes y martes, efecto de que el día domingo no se realiza una recolección, creando una acumulación de la basura desde el sábado por la tarde hasta el día lunes por la mañana que se inicia la ruta de recolección, esta cantidad es reducida a medida se acerca el fin de semana producto la reducción del consumo.

En el periodo de vacaciones esta cantidad se reduce debido a que hay una disminución en el consumo de alimentos y otros materiales, por efecto de no encontrarse la población estudiantil, que constituye el mayor porcentaje de personas radicadas en la institución pero generándose aun la basura que proviene de las colonias del profesorado y personal administrativo, actuales habitantes del campus universitario.

Se muestra que en promedio llegan 32 m³ de desechos sólidos al botadero cada semana, lo que equivale a 3,973 kilogramos de basura, este dato puede variar desde 3,223 kilogramos hasta 4,723 kilogramos semanales. La densidad de la basura compactada es de 124 kilogramos por metro cúbico mezclada en sus diferentes componentes, como ser: plástico, papel, cartón, material orgánico, vidrio, metal y la basura que por su tamaño no se puede separar (cuadro 1).

Cuadro 1. Cantidad de basura que llega al relleno por semana.

Parámetro	Total semana	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Rango
Peso en Kg.	3,973	750	19	366
Metros cúbicos	32 .0	8.75	0.6	26.62

Fuente: el autor

La cantidad de desechos sólidos que llega semanalmente puede variar desde 23.25 m³ hasta 40.75 m³, esta variaciones se deben a los cambios en consumo en los diferentes días de la semana.

En el cuadro 2 se muestra una división de los materiales contenidos en la basura que llega al botadero y organizados de forma que se prioriza los reciclables y luego los no reciclables.

El plástico que llega al botadero pertenece al 18 por ciento del total recibido en el sitio, de los materiales reciclables, siendo la mayor cantidad, este plástico se puede someter a un proceso de reciclaje para evitar que llegue al botadero y ocupar gran cantidad de espacio por su forma hueca, ya que en su gran mayoría son botellas denominadas “pets”, utilizadas para envasar bebidas carbonatadas y agua purificada, reduciendo la vida útil de éste.

En orden de mayor a menor, continuamos con el cartón, latas de aluminio, vidrio y papel de oficina que se encuentra en porcentajes menores y que posee también procesos que generaran un segundo uso de ellos.

El material orgánico está compuesto por desechos de cocina y de plantas de proceso como vísceras y pieles de animales es el 51 por ciento del total depositado y es la mayor cantidad de desechos no reciclables que contribuyen a reducir la vida útil del botadero.

Cuadro 2. Porcentajes de desechos por tipo.

Material	Porcentaje
Reciclables	
Plástico	18
Cartón	6
Latas de aluminio	4
Vidrio	2
Papel de oficina	3
No reciclables	
Material orgánico	51
Otros	16

Fuente: el autor

A continuación se muestra cada uno de los requerimientos de la SERNA y su resultado obtenido al realizar la evaluación por sitio, como al seleccionar los sitios para someterlos al estudio se escogieron los que cumplían los requisitos de la SERNA para ubicar rellenos sanitarios, se buscó el sitio que cumple con mejor aptitud dichos requerimientos:

4.2 DISTANCIA QUE GARANTICE LA ZONA DE RECARGA DE ACUÍFEROS Y FUENTES DE AGUA LIBRE DE CONTAMINACIÓN

El sitio con la mejor condición por su mayor distancia de los ríos es el de Santa Inés, con una distancia de 578 metros al río más cercano, seguido por el sitio de las Terrazas con una distancia al río más cercano de 302 metros, los sitios de Florencia y El Cañal se encuentran relativamente a un similar distancia, su separación se diferencia por 12 metros, siendo 290 metros para Florencia y 278 para El Cañal en su distancia al río más cercano respectivamente, estos últimos aunque su distancia es menor que la de Santa Inés cumplen el requerimiento de la SERNA el cual es de 150 metros de separación de ríos, reservorios y cuerpos de agua. El peor sitio es el actual por encontrarse a la par de un río intermitente.

En cuanto a la distancia de las lagunas, el sitio Santa Inés es el más apropiado por encontrarse a una distancia mayor de dos kilómetros de la laguna más cercana a éste, el sitio Actual es también adecuado por el cumplimiento de este parámetro por encontrarse a una distancia superior de un kilómetro de la laguna más cercana, el sitio Florencia se encuentra a menos de un tercio de la distancia que tiene Santa Inés, pero aun se considera bueno dentro del parámetro que exige la SERNA, los sitios de las Terrazas y El Cañal no se consideran apropiados como los anteriores por situarse cercanos a las lagunas, su distancia es de 230 y 320 metros de la laguna más cercana cada uno respectivamente.

El nivel freático se encontró a igual profundidad en los sitios de Santa Inés y El Cañal, éste se encuentra por debajo de la capa impermeable del fondo de la barrenación, dicha labor por dificultades de barrenación debido al contenido de piedras de los sitios Florencia, Terrazas y Actual no se pudo realizar, por consiguiente no se tomó como referencia para otorgar calificación a cada sitio con este parámetro.

Cuadro 3. Distancia de los sitios a los ríos, lagunas y nivel freático.

Requisito	Sitios				
	El Cañal	Florencia	Santa Inés	Terrazas	Actual
Dist. Río, m.	278	290	578	302	0
Dist. Laguna, m.	320	752	2,099	230	1,400
Nivel freático	4.50	No	4.50	No	No

Fuente: el autor

4.3 CARACTERISTICAS DE SUELO IMPERMEABLE

Este requerimiento busca proteger el acuífero de los líquidos contaminados que por percolación puedan llegar a éste mediante encontrar una capa impermeable definida por su contenido de arcillas o partículas finas en el fondo de la trinchera o depósito de desechos. El cuadro cuatro muestra que el sitio de El Cañal por su contenido de arcilla pura al fondo de la barrenación realizada a una profundidad de 4.0 metros es el que se denomina como ideal por su capacidad de contener los líquidos lixiviados, según el la tabla de conductividad hidráulica y su relación con la textura y estructura del suelo, este presenta una conductividad hidráulica menor a 0.25 centímetros por día (anexo 3).

El sitio de Santa Inés con un suelo de textura Franco limoso al fondo de la barrenación realizada se caracteriza como de muy buena capacidad de contener líquidos lixiviados a la profundidad de 3.5 a 4.0 metros, su conductividad hidráulica (anexo 3) es de entre 0.25 centímetros por día y 0.5 centímetros por día, siendo está catalogada como muy baja capacidad de infiltrar líquidos.

En el sitio actual se encontró arcilla pero con mucha arena y grava gruesa lo que permite una mayor infiltración de lixiviados a los estratos inferiores, su conductividad hidráulica es entre 2.0 y 6.0 centímetros por día, la cual es una alta tasa de conductividad hidráulica.

En los sitios de la Terrazas y Florencia no se pudo realizar la barrenación por los altos contenidos de piedras encontrados desde una profundidad de 0.60 metros en adelante.

El cuadro 4 muestra los sitios y su textura al fondo de la supuesta trinchera de 4.0 metros de profundidad.

Cuadro 4. Contenido de arcilla y limo al fondo de trinchera.

Característica	Sitios				
	El Cañal	Florencia	Santa Inés	Terrazas	Actual
Textura del suelo	Arcilla	No	Franco limoso	No	Arena compacta

Fuente: el autor

4.4 SUFICIENTE MATERIAL DE COBERTURA

La SERNA diferencia el método de relleno sanitario en método de área y método de trincheras, el primero es propuesto para sitio con terrenos accidentados o quebrados para aprovechar las hondonadas y depositar ahí la basura que luego será cubierto con material de relleno para su compactación, acarreado de bancos de préstamo. Conociendo la topografía de abanico aluvial donde se encuentra Zamorano, que se caracteriza por planicies con bajos porcentajes de pendientes, el método más adecuado es el de trincheras, donde se excluye la necesidad de acarrear material de otros sitios, para ello cada sitio proveerá la suficiente cantidad de material de cobertura ya que al perforar la

trinchera el material removido se utilizará posteriormente para la compactación de la basura, la cantidad de piedras encontradas no presentará obstáculos para las perforaciones con maquinaria pesada ni disminuyen significativamente el volumen de ocupación del suelo.

No existe diferencia entre sitios por la cantidad de material de cobertura que pueda aportar cada uno con la perforación de las trincheras a la profundidad deseada.

4.5 ENCONTRARCE LEJOS DE ZONA DE INUNDACIÓN

La altura promedio del valle del Yegüare es de 774 m.s.n.m y la zona central, donde se encuentra Zamorano tiene a una altitud de 800 m.s.n.m, esta característica de altura le confiere a Zamorano la ventaja de contar con bajas probabilidades de ocurrencia de fenómenos de inundación en comparación con las zonas costeras cuyas altitudes son cercanas al nivel del mar.

El río Yegüare es el principal drenaje por encontrarse en la zona más baja y justo sobre la falla geológica que atraviesa el valle, entre sus afluentes principales se encuentran: La quebrada el gallo, Las cuevitas, La pita, La chorrera y Santa Inés. El movimiento del agua de escorrentía y de posibles inundaciones se da desde la parte alta del valle hacia donde se encuentra el río.

Los posibles riesgos de inundación pueden atribuirse al río Yegüare, cuya distancia al sitio del estudio más cercano es mayor a un kilómetro, la probabilidad de ocurrencia de que dicho río como potencial inundador es muy baja, aun con las precipitaciones ocurridas durante el huracán Mitch este río no se desbordó a más de 150 metros y los sitios del estudio se encuentran ubicados en la parte alta del valle, reduciendo la posibilidad de inundación en caso de que éste se desborde por exceso de caudal que no soporte su cause natural.

El sitio más cercano, de los planteados en el estudio, al río Yegüare como potencial inundador es el denominado El Cañal con una distancia de 1,050 metros, seguido por el sitio las Terrazas con 1,250 metros de separación del cause del río. El sitio más expuesto a inundación es el actual por encontrarse a 0 metros de distancia de la quebrada La Chorrera, siendo un afluente del Yegüare.

4.6 ENCONTRARSE FUERA DEL PERÍMETRO URBANO

Según Ordenamiento Territorial, dependencia de Catastro del departamento de Francisco Morazán, Zamorano y sus alrededores se catalogan como zona rural. La zona definida por catastro como urbana más cercana es en la ciudad de Tegucigalpa, que se encuentra a una distancia de 30 kilómetros de Zamorano.

La SERNA exige en este requisito que los sitios deben estar ubicados a una distancia mayor de un kilómetro de zonas rurales.

El sitio denominado Santa Inés es el más apropiado en cuanto a la distancia de separación entre este y el área habitacional de Zamorano, por encontrarse a una distancia de 3,800 metros, así mismo el sitio denominado El Cañal se encuentra a una distancia de las residencia de 1,380 metros caracterizándose este como muy bueno.

Los sitios Terrazas y el Actual no cumplen este requerimiento, por encontrarse muy cercanos al área habitacional en mención, por lo tanto no son aptos para ubicar en ellos un relleno sanitario.

Florencia, sitio que se encuentra dentro de los 1,062 metros, es una tercera opción a tomar y clasificada como buena para este requerimiento de distancias a zonas residenciales.

Cuadro 5. Distancia de cada sitio a la casa y comunidad más cercana del campus.

Distancia a en metros a la	Sitios				
	El Cañal	Florencia	Santa Inés	Terrazas	Actual
Casa más cercana del campus.	1,380	1,062	3,800	713	560
Comunidad cercana.	2,520	890	780	1,850	500

Fuente: el autor

El sitio con mayor distancia de la comunidad vecina más cercana de Zamorano es el de El Cañal con 2,520 metros de separación, el sitio de las Terrazas es caracterizado como muy bueno para este requerimiento por su distancia mayor a lo que exige la SERNA, ésta es de 1,850 metros.

Los sitios de Florencia, Santa Inés y el Actual se catalogan como no aptos para ubicar en ellos un relleno sanitario por su cercanía a los vecinos de Zamorano, debido a que poseen 890, 780 y 500 metros de distancia de una la comunidad más cercana respectivamente.

4.7 ENCONTRARCE FUERA DE AREAS PROTEGIDAS, SERVIDUMBRES Y LINEAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA Y ENERGÍA

La SERNA excluye a La Escuela Agrícola Panamericana de las zonas protegidas y esta se encuentra fuera de áreas de servidumbre.

El sitio más retirado de las líneas de conducción de energía es el de Santa Inés con una distancia a éstas de 1,200 metros, seguidos por los de Florencia y El Cañal con un distancia de 900 metros y 600 metros respectivamente. Los sitios Actual y Terrazas no son adecuados para ubicar en ellos un relleno sanitario por encontrarse a una distancia menor de 500 metros.

En cuanto a la separación de los sitios a las líneas de agua potable todos se consideran adecuados según los requerimientos de la SERNA, el cual es de 150 metros, pero se cataloga como mejor el sitio de Santa Inés por poseer la mayor distancia de éstas, seguido por el Actual, Terrazas, El Cañal y Florencia en orden descendente.

Cuadro 6. Distancia de cada sitio a las líneas de energía, agua potable y alcantarillado.

Distancia en metros a	Sitios				
	El Cañal	Florencia	Santa Inés	Terrazas	Actual
líneas de energía	600	900	1200	50	300
líneas agua potable	324	269	2038	364	500
líneas alcantarillados	1048	423	3553	232	850

Fuente: el autor

4.8 ENCONTRARCE UBICADO LEJOS DE FALLAS GEOLÓGICAS

La Falla geológica más cercana se encuentra debajo del cause del río Yegüare y en ésta no se han registrado inactividad por varios años. Todos los sitios sometidos al estudio se encontraron lo suficiente retirados de esta falla geológicas y se les otorgo a todos los sitios igual aptitud para la ubicación de un relleno sanitario en éste requerimiento, por cumplirlo a satisfacción ya que la SERNA pide que el sitio se encuentre a una distancia mayor de 60 metros de fallas geológicas y que no haya tenido recientes desplazamientos.

4.9 RIESGO A PEPENADORES

Se encontró que el sitio más adecuado es el de Santa Inés por estar ubicado a una distancia de 800 metros del perímetro de Zamorano, con similares características se encuentran los sitios de las Terrazas y El Cañal a una distancia de 720 metros y 650 metros respectivamente.

El sitio más expuesto al ingreso de buscadores y por lo tanto menos apto para la ubicación de el relleno es el Actual por estar ubicado en el borde del perímetro de Zamorano y

cercano al crecimiento urbano de los vecinos, seguido por el sitio de Florencia encontrándose a 300 metros del perímetro de la Escuela.

Cuadro 7. Distancia de los sitios al perímetro más cercano.

Distancia en metros al	Sitios				
	El Cañal	Florencia	Santa Inés	Terrazas	Actual
perímetro	650	300	800	720	0

Fuente: el autor

Para evitar este tipo de riesgo se buscan sitios con las mayores distancias de poblados donde puedan surgir pepenadores o personas que recolectar basura debido a las condiciones económicas que sufran dichos lugares.

4.10 TASA DE INFILTRACIÓN SUPERFICIAL DE SUELOS

Según los resultados de la pruebas de infiltración superficial se obtuvo que el sitio más impermeable en su superficie es el ubicado en El Cañal con una tasa de infiltración de 0.600 litros por hora, por lo tanto es el más conveniente en esta característica para ubicar un relleno sanitario, seguido por el sitio de Santa Inés con una tasa de infiltración superficial de 0.670 litros por hora.

Los sitios de Terrazas y Florencia con tasa de infiltración de 0.800 y 1.250 litros por hora respectivamente se consideran no adecuados por permitir que el agua pase por su superficie con mayor rapidez que los de El Cañal y Santa Inés. El sitio Actual debido a que se ha alterado su estructura, textura y perdido su compactación tiene la tasa de infiltración superficial más alta y se considera de alto riesgo para el acuífero por la rapidez con que permite que el agua se infiltre en su superficie.

El cuadro ocho muestra los datos obtenidos en la medición de infiltración superficial en cada uno de los sitios sometidos al estudio de suelos y previamente discutidos.

Cuadro 8. Tasas de infiltración superficial.

Media de infiltración	Sitios				
	El Cañal	Florencia	Santa Inés	Terrazas	Actual
Litros por hora	0.600	1.250	0.670	0.880	3.70

Fuente: el autor

4.11 ELECCIÓN DEL SITIO APROPIADO

Para facilitar la tarea de la selección del sitio mas adecuado que cumpla con los requerimientos de la SERNA en la ubicación de un relleno sanitario, se creó una tabla donde se le asigna un valor por característica a cada sitio dentro del estudio.

La asignación de valores para cada requisito se hizo de acuerdo al que cumple el parámetro en la mejor posición y el valor más bajo si este no cumple a satisfacción el requisito, en un orden descendente, colocando el valor cero a los sitios que no cumplan con el requisito propuesto por la SERNA. Estos valores se ingresaron a una tabla donde se creó el índice por sitio el cual dio lugar a seleccionar el mejor de estos por sus características físicas.

El sitio con el puntaje más alto obtenido es el de Santa Inés con un índice de sitio de 1.0 por cumplir a satisfacción la mayoría de los requisitos establecido por la SERNA para ubicar rellenos sanitarios, seguido por el sitio de El Cañal con un índice de sitio de 0.90, ambos cumpliendo con los parámetros de impermeabilidad de suelos, distancia de ríos y fuentes de agua, distancia de áreas urbanas, distancia de perímetro, distancia de fallas geológicas y suficiente material de cobertura.

Los sitios Florencia y Terrazas se encontraron en igual condición en su cumplimiento de los requisitos que pide la SERNA para ubicar rellenos sanitarios, esta calificación es igual en ambos sitios cuyo índice obtenido es de 0.68, siendo no adecuados para la ubicación de un relleno sanitario en ellos por el riesgo de contaminación de aguas superficiales y el impacto social en las comunidades cercanas.

El sitio actual es el que no cumple los requerimientos de la SERNA para la ubicación de rellenos sanitario obteniendo en su valoración un índice de 0.59.

En el cuadro nueve se muestra la calificación obtenida por cada sitio según su cumplimiento del requisito exigido por la SERNA para la ubicación de rellenos sanitarios.

Cuadro 9. Valoración de cada sitio según su puntaje obtenido.

Requerimientos de SERNA	Sitios				
	El Cañal	Florencia	Santa Inés	Terrazas	Actual
Acuífero libre contaminación: 1.distancia ríos 2.distancia lagunas 3.nivel freático *	2 2 4.5 m	3 3 ---	5 5 4.5 m	4 1 ---	0 4 ---
Suelo impermeable	5	0	4	0	0
Material de cobertura	5	5	5	5	5
Lejos de zona de inundación	5	5	5	5	5
Fuera de perímetro urbano: - vecinos -Casa campus	5 4	3 3	2 5	4 2	1 1
Fuera de áreas protegidas	5	5	5	5	5
Dist. líneas electricidad Dist. líneas agua potable Dist. líneas alcantarillado	3 2 4	4 1 2	5 5 5	1 3 1	2 4 3
Lejos de fallas geológicas	5	5	5	5	5
Tasa de infiltración superficial	5	2	4	3	1
Riesgo a ingreso de pepenadores	5	2	3	4	1
Total del sitio	57	43	63	43	37
Índice por sitio	0.90	0.68	1	0.68	0.59

Fuente: el autor

*no tomado en consideración por no tenerlo todos los sitios

5. CONCLUSIONES

Zamorano, como ente educador, puede contribuir a la conservación del medio ambiente realizando una mejor gestión en el manejo de sus desechos sólidos provenientes de plantas de proceso y de viviendas, evitando que estos contaminen las aguas superficiales y subterráneas.

Dentro del campus de Zamorano se encontró que el sitio adecuado para ubicar el relleno sanitario por sus características físicas según los requerimientos de la SERNA está ubicado en la finca, propiedad de la institución, Santa Inés denominado de igual forma y como segunda opción el sitio de El Cañal, asegurando así la protección de las fuentes de agua y el mantenimiento de la calidad de vida en la zona.

Es imperante que se mueva el relleno sanitario de Zamorano del sitio actual debido al riesgo que se está corriendo en la contaminación del acuífero por encontrarse cercano a fuentes de agua superficiales y subterráneas y a las limitante legales que tendrá Zamorano para obtener su licencia ambiental y certificados ISO 14,000.

Se está depositando al relleno actual de Zamorano 18 % de plástico, 6 % de cartón, 4 % de vidrio y 3 % de papel, desaprovechando la oportunidad de someterlos al programa de reciclaje y afectando la vida útil del depósito por la gran cantidad de espacio que dichos desechos ocupan.

Esta llegando al relleno actual de Zamorano 51 % de material orgánico como residuos de cocina y de plantas de proceso, mezclados con otros tipos de desechos, que además de ocupar espacio en el depósito constituyen un atrayente para aves carroñeras.

Se encontró desechos que no deberían estar llegando sin tratamiento como agujas hipodérmicas y bisturís, que se conocen no proviene de la clínica debido a exigencias que establece el estatuto médico, donde cada doctor está comprometido legalmente a darle tratamiento a estos desechos.

Existe una desventaja relativa a la ubicación del relleno sanitario en el sitio de Santa Inés debido a que el proceso de recolección tendrá un mayor costo de transporte y seguridad por su distancia al campus.

6. RECOMENDACIONES

Someter los sitios Santa Inés y El Cañal, que técnicamente son los más adecuados por sus características físicas según los parámetros de la SERNA, a un estudio de impacto ambiental y análisis económico para ver si reúne los criterios en forma global.

Fortalecer el programa de reciclaje de papel y plástico de Zamorano que actualmente lo coordina la carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente brindándole apoyo técnico, logístico y económico necesario.

Crear un mecanismo de control para que las plantas de proceso y viviendas de Zamorano no envíen residuos orgánicos al relleno y estos se destinen al compostaje.

Brindar un tratamiento a los desechos de origen quirúrgico como bisturís y agujas para que no lleguen al botadero y no se exponga la seguridad laboral de los empleados.

Se debe evitar la quema de los cartones que llegan al depósito de basura de Zamorano ya que se pueden incluir al proceso de reciclaje y se evitará la contaminación del aire por el proceso de combustión de éstos, ayudando también a prolongar la vida útil del relleno en uso.

No se debe exponer los desechos de plantas de proceso de Zamorano como las vísceras y pieles de animales a las aves carroñeras, éstas se deben someter a un proceso de compostaje.

Suministrar capacitación a las personas que laboran en la recolección y manejo de los desechos sólidos de Zamorano, en cuanto a uso y manejo de equipo de protección.

Contratar a una persona que se encargue directamente de la administración del futuro relleno sanitario de Zamorano, el programa de reciclaje y la gestión ambiental que ello involucra, para armonizar las actividades y no se continúe trabajando de manera desorganizada.

7.0 BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, M. 1994. La basura; manual para el reciclamiento urbano. ed. Trillas, México, D.F., 61p.

AVILES, A. 1998. Diagnostico del manejo de desechos sólidos del Zamorano y propuesta de plan de manejo. Tesis Ingeniero Agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana, Francisco Morazán, Honduras. 49 p.

CABALLERO, L. 2002. Manejo integrado de cuencas. Notas de clases. Escuela Agrícola Panamericana.

FUNDACIÓN CENTRO DE PRODUCTIVIDAD NACIONAL (CEPRONA), 2003. Gestión integral de los desechos sólidos. San José, Costa Rica. Disponible en <http://www.ceprona.org/solidos.htm>

JARAMILLO, L. 1991. Residuos sólidos municipales, guía para la construcción, diseño y operación de los rellenos sanitarios manuales. ed. Cooperación técnica Española, Barcelona, España. 211p.

LAGOS, R. 2002. Línea base de la calidad del agua subterránea en el Valle del Yeguaré, Honduras. Tesis Ingeniero Agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana, Francisco Morazán, Honduras. 48 p.

LANDON, J. 1991. Booker tropical soil manual. Longman scientific technical. New York, United States of America. Pag.76.

MANCHENO, J. 1997. Estudio de costos beneficio del relleno sanitario de la Escuela Agrícola Panamericana. Folleto. Escuela Agrícola Panamericana. 23 p.

MUNSELL, J. 1998. Book of Color. Matte Finish Collection, Munsell Color, Baltimore. 56 p.

SERNA, 2001. Reglamento para el manejo de residuos sólidos. ed. Digrafixs. Tegucigalpa, Honduras. 54 p.

RODRÍGUEZ, J. 1996. Relleno sanitario manual de la Escuela Agrícola Panamericana. [Informe]. Tegucigalpa, Honduras. OPS/OMS. 37 p.

RODRIGUEZ, J. 1995. Manejo integral de los desechos sólidos. [Informe]. Tegucigalpa, Honduras. OPS/OMS. *s.p.*

RODRIGUEZ, J. 1992. Manual para manejo de desechos sólidos municipales. [Informe]. Tegucigalpa, Honduras. OPS/OMS. *s.p.*

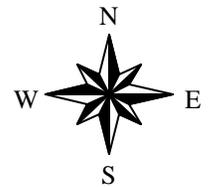
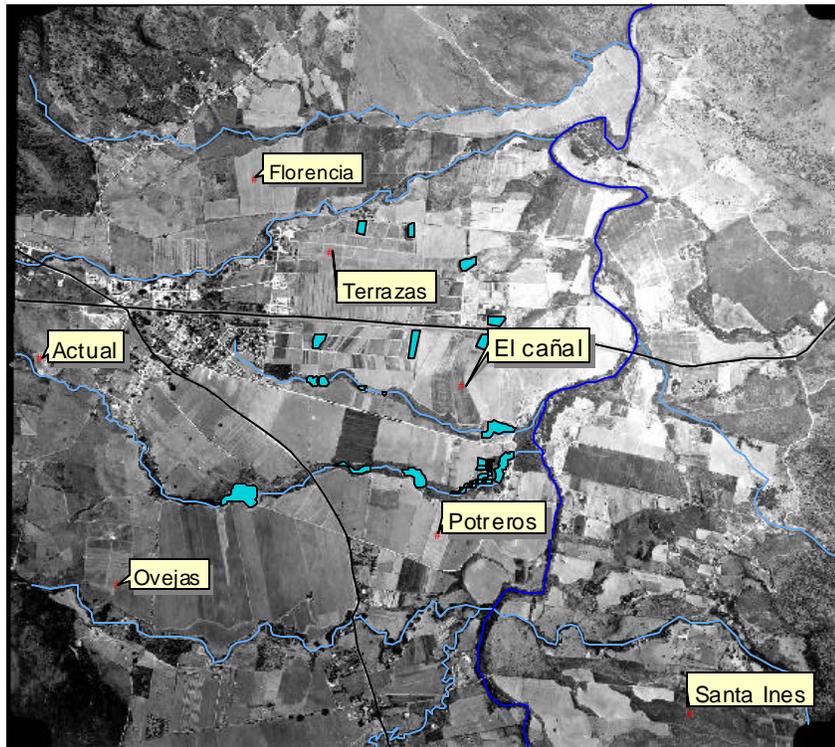
TRAJO, R. 1994. Procesamiento de la basura urbana. Ed. Trillas. Barcelona, España. 283p.

8. ANEXOS

Anexo 1.

Mapa de ubicación de los sitios sometidos al estudio

Sitios en estudio Foto aerea valle del Zamorano



- Rios Yeguaré
- Sitios en estudio
- Carretera principales
- Lagunas
- Rios secundarios y temporales

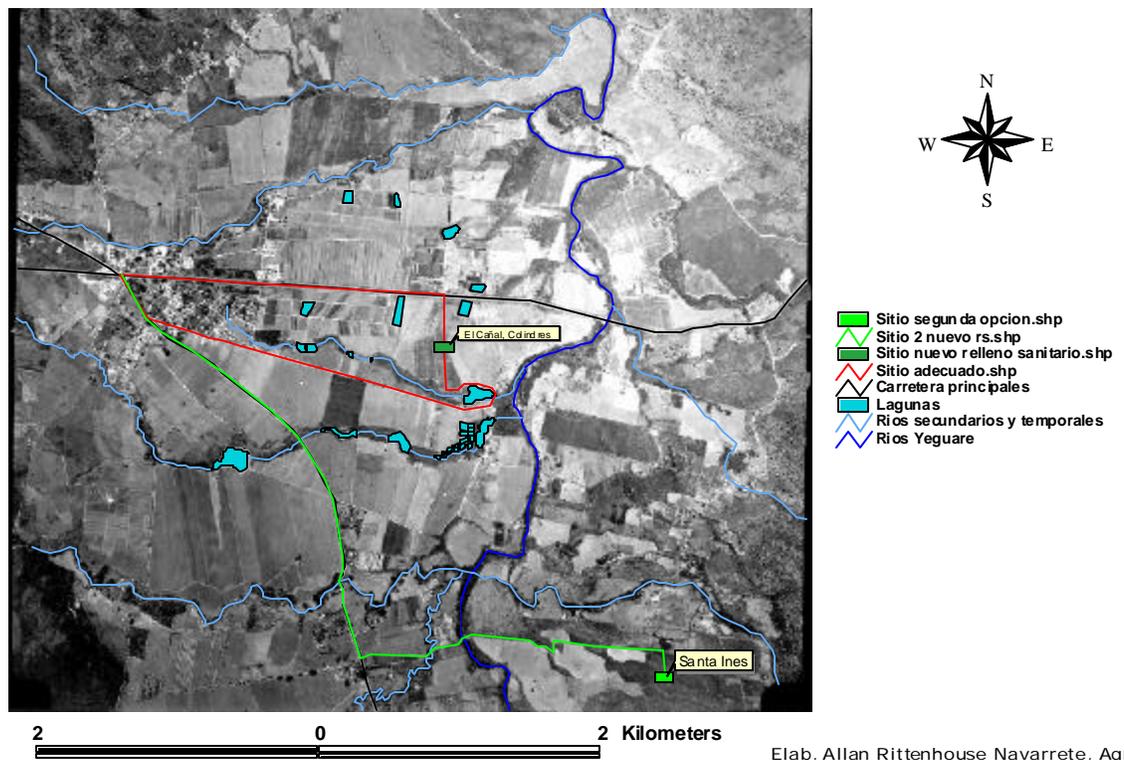
1 0 1 2 Kilometers

Elab. Allan Rittenhouse Navarrete, Agr.

Anexo 2.

Mapa de ubicación de los sitios propuestos para ubicar un relleno sanitario

Sitio propuesto Foto aerea valle del Zamorano



Anexo 3.

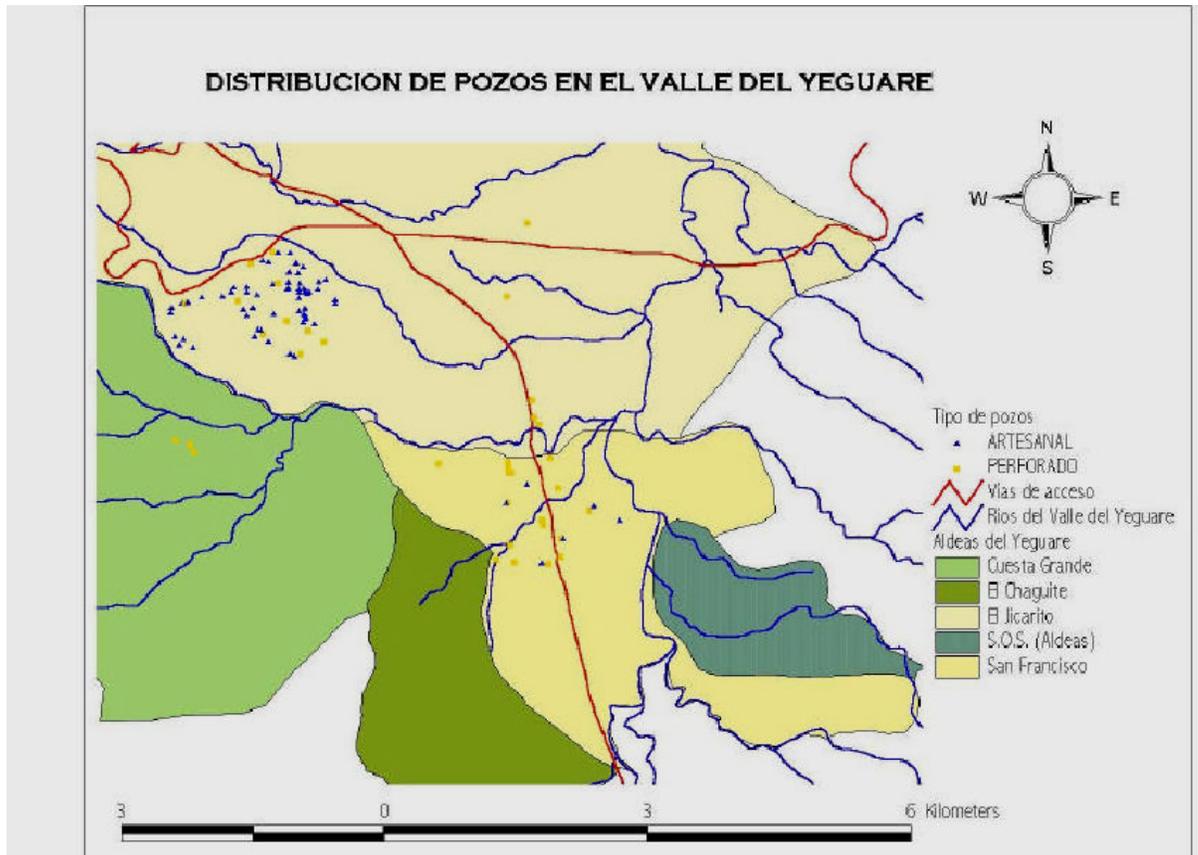
Relaciones aproximadas entre Estructura, Textura y Conductividad Hidráulica en cm / día.

Estructura	Textura	Conductividad Hidráulica
Granos simples	Arena gruesa y grava	Mayor a 50
Granos simples	Arena media	25 a 50
Muy fino a medianos, granos simples	Franco arenoso y arena fina	12 a 25
Bloques subangulares, muy fino a finos	Franco arenoso fino y franco arenoso	6 a 12
Prismas medios y Bloques subangulares	Franco arcilloso, limoso, franco limoso, franco arenoso muy fino, franco	2 a 6
Prismas finos y medios, bloques angulares.	Arcilloso, arcilla limosa, arcilla arenosa, arcilla limo arenosa, arena arcillosa, franco areno limosa	0.5 a 2
Prismas muy finos o finos, bloques angulares.	Arcilla, arcilla arenosa, franco arcilla arenosa	0.25 a 0.5
Masivo, columnas finas y muy finas	Arcilla, arcilla pura	Menor a 0.25

Fuente: Booker tropical soil manual. Longman scientific technical.

Anexo 4

Distribución de pozos perforados del valle del Yeguaré. Tomado de Lagos, R. 2002



Anexo 6. CARACTERIZACIÓN DE PERFILES

Perfil:	#1
Fecha de descripción:	10 de febrero del 2003
Ubicación:	Santa Inés,
Descrita por:	Ing. Gloria Arévalo
Forma del terreno:	Ligeramente plano, pendiente de 1.5 %
Uso de suelo:	Agrícola, cultivo de granos
Manejo:	Mecanizado, con riego
Drenaje:	Muy bueno
Presencia de piedras:	Nula

Horizonte	Profundidad cm	Color, en húmedo	Textura	Estructura
Ap	0 a 13	2.5YR 3/2 Pardo grisáceo muy oscuro	franca	Bloques angulares de medianos a gruesos, débiles en seco y muy fuertes en húmedo.
Ed	14 a 33	2.5YR 5/2 pardo grisáceo	Franco arenoso fino	Bloques angulares medianos débiles a moderados, masivo, firme y suelto en seco y friable en húmedo
E	34 a 44	2.5YR 6/2 Pardo grisáceo claro	Franco	Bloques angulas medianos firme en seco y muy friable en húmedo
Bt	45 a 60	Matriz: 2.5YR 4/2 pardo grisáceo oscuro, Manchas: 20 % 2.5YR 5/6 Pardo amarillento claro	Arcilloso	Bloque angulares gruesos y firmes
Bt2	61 a 82	Matriz: 2.5YR 4/2 Pardo grisáceo oscuro, Manchas: 20% 10YR 5/8 pardo amarillento	Arcilloso	Bloques angulares gruesos, extremadamente firmes
Bt3	83 a 136	Mezcla: 10YR 5/8 pardo amarillento y 10YR 3/1 gris muy oscuro	Arcilloso	Bloques angulares gruesos, extremadamente firmes
C	137 a 160	Matriz: 10YR 4/4 pardo amarillento oscuro, Manchas: 7.5YR 2/1 negro	Franco arenoso	Prismas finos

C2	161 a 215	10YR 4/4 pardo amarillento oscuro	franco	Barrenación hasta 400 cm.
2BC	216 a 270	10YR 3/6 pardo amarillento	Arena media	
2C	271 a 312	10YR 3/6 pardo amarillento	Franco arenoso fino	
3C	313 a 320	10YR 3/6 pardo amarillento	Franco limoso	
4C	321 a 355	10YR 3/6 pardo amarillento	Franco areno limoso	
5C	356 a 370	10YR 3/6 pardo amarillento, moteos oscuros por materia orgánica	Franco areno limoso	
6C	371 a 390	10YR 3/6 pardo amarillento	Franco limoso	
7C	391 a 400x	10YR 3/6 pardo amarillento	Franco	

Perfil: # 2
Fecha de descripción: 8 de febrero del 2003
Ubicación: Florencia, plantación de caoba
Descrita por: Ing. Eduardo Guardián
Forma del terreno: Ligeramente plano, pendiente de 2%
Uso de suelo: Forestal
Manejo: Sin riego, chapas escasas
Drenaje: muy bueno
Presencia de piedras: Abundantes

Horizonte	Profundidad cm	Color, en húmedo	Textura	Estructura
Ap	0 a 25	10YR 3/1 gris muy oscuro	Franco	Bloques angulares, pequeños a medianos, fuertes
Bw	25 a 45	5YR 3/3 pardo rojizo oscuro	Arcilloso, con muchas grava	Bloques angulares, finos a medianos, fuertes
C	45 a 70	7.5YR 4/6 pardo fuerte	Horizonte de grava con arcilla y piedras, matriz fina de arcilla	Bloques subangulares, pequeños, moderados a débiles que deshacen granular
C1	70 a 143	7.5YR 4/4 pardo	Horizonte de grava con arcilla y piedras, matriz fina de arcilla, con muchos pedregones y piedras	Sin estructura, suelto

Perfil: # 3
Fecha de descripción: 8 de febrero del 2003
Ubicación: Terrazas de agronomía, bajo el herbario
Descrita por: Ing. Diana Moran
Forma del terreno: Plana, pendiente < 1%
Uso de suelo: Agrícola, actualmente sin uso
Manejo: En barbecho
Drenaje: Muy bueno
Presencia de piedras: Muchas

Horizonte	Profundidad cm	Color, en húmedo	Textura	Estructura
Ap	0 a 28	10YR 2/1, negro	Franco	Bloques angulares, medianos a pequeños, fuertes y muy duros
Ad	28 a 42	10YR 3/3, pardo oscuro	Franco con grava	Masiva que parte en bloques angulares, medianos a grandes, muy duros
E	42 a 57	10YR 3/4, pardo amarillento oscuro	Franco arenoso	Bloques angulares, medianos a grandes, moderado
E2	57 a 77	10YR 3/3, pardo oscuro	Franco arenoso	Bloques angulares, medianos a grandes, moderado
Bt	77 a 110	7.5YR 3/2, pardo oscuro	Franco arcilloso	Prismático que parte en bloques angulares, moderados y muy grandes, fuertes (con rocas rodadas abundantes)
Bt2	110 a 140x	10YR 3/2 pardo muy oscuro	Franco arcilloso	Prismático que parte en bloques angulares, moderados y muy grandes, fuertes (con mucha grava fina y pedregones abundantes)

Perfil:	# 4
Fecha de descripción:	8 de febrero del 2003
Ubicación:	El Cañal, Colindres, Bajo zona 2
Descrita por:	Ing. Diana Moran
Forma del terreno:	Ligeramente plana, pendiente de 1%
Uso de suelo:	Agrícola, plantado con caña
Manejo:	Mecanizado, con riego
Drenaje:	Muy bueno
Presencia de piedras:	Nulas

Horizonte	Profundidad cm	Color, en húmedo	Textura	Estructura
Ap	0 a 20	10YR 2/1, negro	Franco	Bloques subangulares, medianos a gruesos, débil
Ad	21 a 37	10YR 3/2, pardo muy oscuro	Franco	Masiva
E	38 a 60	10YR 4/2, pardo gris oscuro	Arena franca	Masiva, arena suelta
Bt	61 a 88	10YR 3/2, pardo muy oscuro	Franco arcilloso, con grava	Prismática muy fuerte, prismas grandes
C	89 a 140	10YR 5/1, gris con motas 50% 10YR 5/8 pardo amarillento	Arcilla con grava	Masiva que parte en bloques, mediano a muy grandes, débil y freable
C2	141 a 160	10YR 6/2, gris con motas 5% 10YR 3/2 pardo amarillentas	Arena arcillosa	Con barreno hasta 380 cm
C3	161 a 184	10YR 5/4, pardo amarillento	Arena franca	
C4	185 a 205	7.5YR 4/4, pardo	Arena franca	
C5	206 a 253	2.5YR 4/1, gris oscuro con motas 10YR 4/2, pardo grisáceo oscuro.	Franco limoso	
C6	254 a 300	10YR 5/3, pardo	Arcilla pura	
C7	301 a 315	10YR 5/3, pardo	Arcilla con grava	
C8	316 a 360	10YR 6/3, pardo pálido	Arcilla	
C9	361 a 380x	10YR 5/3, pardo	Arcilla con piedritas	

Perfil: # 5
Fecha de descripción: 14 de febrero del 2003
Ubicación: Relleno actual de la EAP
Descrita por: Ing. Gloria Arévalo
Forma del terreno: ligeramente plana, pendiente de 3%
Uso de suelo: Deposito de basura
Manejo: Mecanizado con Excavadoras
Drenaje: Muy bueno
Presencia de piedras: Muchas

Horizonte	Profundidad cm	Color, en húmedo	Textura	Estructura
A	0 a 50	2.5YR 3/1, gris muy oscuro	Franco	Bloques angulares, de medianos a gruesos, fuertes
C	51 a 70	7.5YR 2/1, negro	Franco arenoso con bolsones de grava de 30%	Bloques angulares, medianos y pequeños, fuertes
C2	71 a 85	10YR 3/2, pardo grisáceo muy oscuro	Franco arenoso con grava	Bloques angulares, medianos y pequeños, fuertes
C3	86 a 122	10YR 3/3, pardo oscuro	Arcilla con grava fina de 50 %	Bloques angulares, medianos y pequeños, granulares
Ab	123 a 140	10YR 2/1, negro	Franco	Bloques angulares, medianos y pequeños, moderadamente fuertes y masivo
A1	141 a 150	10YR 2/1, negro	Franco	Bloques angulares, medianos y gruesos, débiles con tendencia a masivo
E	151 a 164	10YR 3/3, pardo oscuro	Franco	Bloques angulares, medianos y gruesos, moderadamente débiles
Bw	165 a 185	10YR 2/2, pardo muy oscuro	Franco	Bloques angulares, medianos y pequeños, moderados
C1	186 a 238	10YR 4/4, pardo amarillento oscuro	Arcilloso con mucha piedra	Arena compacta
C2	238 a 250x	10YR 5/6, pardo amarillento	Arena con mucha piedra y pedregones	Arena compacta