

**Selección técnica, económica y ambiental de  
un sitio para la ubicación del relleno sanitario  
del Municipio de San Antonio de Oriente,  
Honduras**

**Keila Johana Pavón García  
Lidia Rosibel Ruiz Alvarez**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2009

ZAMORANO  
CARRERA DE DESARROLLO SOCIECONÓMICO Y AMBIENTE

# **Selección técnica, económica y ambiental de un sitio para la ubicación del relleno sanitario del Municipio de San Antonio de Oriente, Honduras**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingenieras en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por:

**Keila Johana Pavón García**  
**Lidia Rosibel Ruiz Alvarez**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2009

# **Selección técnica, económica y ambiental de un sitio para la ubicación del relleno sanitario del Municipio de San Antonio de Oriente, Honduras**

Presentado por:

Keila Johana Pavón García  
Lidia Rosibel Ruiz Alvarez

Aprobado:

---

Carlos Quiroz, M.Sc.  
Asesor principal

---

Arie Sanders, M.Sc.  
Director  
Carrera de Desarrollo Socioeconómico  
y Ambiente

---

Ramón Hernández, Ing.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Marco Granadino, M.Sc.  
Asesor

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

## RESUMEN

Pavón, K.; Ruiz, L. 2009. Selección técnica, económica y ambiental de un sitio para la ubicación del relleno sanitario del Municipio San Antonio de Oriente, Honduras. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras, 52p.

La selección de un sitio para el diseño y construcción del futuro relleno sanitario del Municipio de San Antonio de Oriente, requiere de la implementación de parámetros técnicos, económicos y ambientales que se adapten a las necesidades de desarrollo y saneamiento de esta población. Con este fin se evaluaron tres sitios preseleccionados por la municipalidad de San Antonio de Oriente y adicionalmente se implementó el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para encontrar uno adicional. En los sitios se calificaron los siguientes parámetros: vida útil, vías de acceso, distancia a zonas habitables, dirección del viento, tenencia de tierra, material de cobertura, distancia a fuentes de agua, profundidad del nivel freático, distancia de los pozos, distancia a fallas geológicas, distancia a zonas de inundación, uso actual y futuro del terreno y riesgo a pepenadores. Los cuatro sitios evaluados son: Las Mesas, propiedad de la corporación municipal con una calificación de 83.03. El Nance, propiedad privada, obtuvo 90.32. Ferrari, propiedad de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano con una puntuación de 95.79. Las Mesitas, propiedad privada, obtuvo 83.77. Ferrari es el terreno más apto ya que posee una vida útil de 11.5 años, la principal limitante de este terreno es que posee condiciones de acceso desfavorables. El Nance es considerado una segunda alternativa, ya que posee buena ubicación pero su principal limitante es su escasa vida útil de 5.5 años. La implementación de una planta de recuperación de materiales reciclables y producción de abono orgánico incrementará la vida útil de los sitios en un 45%.

**Palabras clave:** disposición final, manejo, residuos sólidos, sistemas de información geográfica, vida útil.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y anexos .....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN LITERARIA .....	4
3. ZONA DEL ESTUDIO Y MÉTODOS.....	11
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
5. CONCLUSIONES.....	36
6. RECOMENDACIONES .....	37
7. LITERATURA CITADA .....	38
8. ANEXOS.....	40

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

### Cuadro

1. Población urbana y rural en el Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.....	12
2. Parámetros Técnicos para la Selección de sitios del Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras.....	14
3. Distancia de los sitios evaluados hacia las casas de las aldeas del Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009.....	18
4. Cuadro de Orientación del viento en dirección hacia las aldeas, San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009.....	19
5. Clasificación de la permeabilidad de los suelos en los 4 sitios de estudio del municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009.....	21
6. Vegetación identificada en los cuatro sitios de estudio, San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009.....	25
7. Áreas de protección para el cuarto sitio, Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.....	26
8. Criterios de selección evaluados en los sitios de estudio en el municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009.....	28
9. Cumplimiento de requisitos legales en 4 sitios seleccionados para ubicar el relleno sanitario en el Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009.....	30
10. Vida útil estimada de los sitios para determinar la ubicación del relleno sanitario del municipio de San Antonio Oriente, FM, Honduras. 2009.....	32
11. Precio estimado de los sitios estudiados para determinar la ubicación de un relleno sanitario en San Antonio de Orient, 2009. ....	32
12. Valoración económica de 4 sitios evaluados para ubicar un relleno sanitario en San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.....	33
13. Valoración para la Selección del Sitio en el Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009.....	35

### Figura

1. Mapa político del Municipio San Antonio de Oriente, FM, Honduras.2009.....	11
2. Mapa de sitios analizados para ubicar el relleno del Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras.2009.....	15

3. Mapa de pendientes del Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009.....	20
4. Mapa de recursos hídricos del Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009.....	22
5. Mapa de ubicación de pozos cercanos a los sitios en estudio en San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009.....	23
6. Mapa de área en sitios estudiados para ubicar un relleno sanitario en San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009.....	26
7. Mapa de sitios significativos para ubicar un relleno sanitario en San Antonio de Oriente, 2009. ....	27
8. Calificación alcanzada para cada uno de los sitios evaluados para ubicar el relleno sanitario en el Municipio de San Antonio Oriente, FM, Honduras, 2009.....	34
9. Dirección predominante del viento en el Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009.....	47
10.	

## **Anexo**

1. Descripción de perfiles de suelos (calicatas) en cuatro sitios seleccionados para la ubicación de un relleno sanitario en el municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009.....	40
2. Dirección del viento en el municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009 .....	47
3. Datos de infiltración tomada en los cuatro sitios en estudio para ubicar un relleno sanitario en San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009. ....	47

# **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 de estos problemas son las deficiencias de criterios técnicos, económicos, ambientales y sociales. La ausencia de estos criterios limita la capacidad de las comunidades de manejar adecuadamente el problema de residuos sólidos. Esta problemática ocasiona que el servicio carezca de una adecuada planificación y organización lo cual incrementa los costos de funcionamiento y hace que las municipalidades tengan que subsidiar (Jaramillo, 1991).

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

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).

Según la municipalidad de San Antonio de Oriente, la situación del manejo de residuos sólidos en el Municipio se encuentra en un estado crítico. Los residuos se acumulan en las orillas de las carreteras, calles y quebradas o se queman a cielo abierto sin control, no existen equipos de recolección ni servicio de tren de aseo. No se dispone de un sitio para la disposición final, solamente botaderos a cielo abierto que son criaderos de moscas y zancudos, al mismo tiempo se contamina el ambiente. Sumado a esto cabe destacar los limitados fondos con los que cuenta la Alcaldía Municipal de San Antonio de Oriente y la falta de iniciativa de los habitantes (Alcaldía del Municipio de San Antonio de Oriente, s.f).

En el municipio de San Antonio de Oriente la Alcaldía Municipal a través de la gestión realizada por la Unidad Municipal Ambiental ha priorizado la problemática de la basura como uno de los factores que más genera contaminación en el término municipal. Es por ello que conjuntamente con el apoyo de sectores institucionales y actores locales ha iniciado un proceso de saneamiento ambiental dirigido a reducir los índices de



contaminación provocados por el manejo inadecuado de los residuos sólidos. En este sentido la alcaldía debe incorporar en el proceso a representantes de la sociedad civil para que de manera integrada asuman la responsabilidad de brindar un correcto manejo de los residuos que se generan en la aldea más poblada del Municipio: La Aldea de El Jicarito. Para ello, se formó un grupo que encarara este compromiso, llamado: Comité Municipal de Desechos Sólidos de San Antonio de Oriente “COMADES – San Antonio de Oriente” (Municipalidad de San Antonio de Oriente, s.f).

El Comité Municipal de Desechos Sólidos de San Antonio de Oriente solicitó apoyo a la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, para poder realizar la cuantificación de residuos sólidos del Municipio y así mismo encontrar un sitio que cumpla con parámetros técnicos, ambientales y económicos para la construcción del relleno sanitario del Municipio.

## **1.2 OBJETIVOS**

El objetivo principal de este estudio es seleccionar mediante criterios técnicos, económicos y ambientales el mejor sitio para el diseño y construcción del futuro relleno sanitario del Municipio de San Antonio de Oriente en el departamento de Francisco de Morazán, Honduras.

Para lograr este objetivo, se ha definido los siguientes objetivos específicos:

- Identificar mediante el apoyo de sistemas de información geográfica, un terreno localizado en el Municipio de San Antonio de Oriente que cumpla con los criterios técnicos, económicos y ambientales para la implementación de un relleno sanitario.
- Aplicar los criterios técnicos, económicos y ambientales a terrenos propuestos por la Municipalidad de San Antonio de Oriente para la selección de un sitio que cumpla con las condiciones mínimas de un relleno sanitario.
- Determinar el o los sitios que cumpla con los parámetros técnicos y ambientales para el futuro relleno del Municipio San Antonio de Oriente.

## **1.3 LÍMITES Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

El estudio se enfoca en la ubicación de un sitio potencial para la construcción del relleno sanitario del Municipio de San Antonio de Oriente, este ha sido adaptado en términos técnicos, económicos y ambientales al Municipio. Todo esto basado en el reglamento para manejo de residuos sólidos de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente de Honduras (SERNA).

Uno de los mayores problemas que afecta a los pobladores del Municipio de San Antonio de Oriente, es la ausencia de un sitio que cuente con un manejo adecuado para poder realizar la disposición final de los residuos sólidos que son generados en el Municipio.

Esta dificultad tiene grandes impactos sobre el ambiente al no tener un control adecuado de los residuos sólidos que son tirados en las carreteras o en botaderos a cielo abierto. Según Aguilar, (1994) 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. Los líquidos lixiviados y percolados son objeto de gran estudio debido a que estos al abandonar los sitios causan grandes daños a sus alrededores. Estos líquidos penetran el suelo contaminando las aguas subterráneas, que posteriormente contaminan los acuíferos y toda la red hídrica. Como resultado de esto parte de la población más vulnerable tiende a sufrir enfermedades respiratorias, gastrointestinales y daños en la piel.

A raíz de toda la problemática generada por la mala disposición de residuos sólidos la Corporación Municipal se ve en la necesidad de buscar alternativas para frenar estos problemas, por lo que solicita apoyo a la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Como respuesta a la solicitud del Municipio nace el presente estudio, con el objetivo de seleccionar un sitio que cumpla con parámetros técnicos, económicos y ambientales para el diseño y construcción del relleno sanitario del Municipio de San Antonio de Oriente.

## **2. REVISIÓN LITERARIA**

### **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 residuos sólidos (CEPRONA, 2003). Esta problemática mundial tiende agravarse dado que la población crece y consume más, por lo que se genera más residuos cada día. Los países latinoamericanos no son la excepción, pues sufren estos problemas urbanos y sociales que parecen 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. Esto es de vital importancia ya que la mayoría de países buscan afanosamente la protección del ambiente.

### **2.2 TIPOS DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Avilés, (1998) clasificó los residuos sólidos según su origen en:

- Materia orgánica: residuos de cocina o de alimentos, subproductos de plantas agrícolas, ramas de árboles, hojas y desperdicios de rastros.
- Papel: 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, poliestireno y PVC.
- Vidrio: botellas, platos, espejos y otros derivados de sílice.
- Metales: envases de aluminio, botes de refrescos y tapaderas de botellas.
- Otros: papel y cartón encerado, papel plástico, papel fax, telas, zapatos y papel higiénico y combinaciones de metal con plástico.

### **2.3 ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Existen varias alternativas para el manejo de los residuos sólidos, la elección 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 y tecnologías existentes en la región. Entre las alternativas más comunes se mencionan: incineradores, depósitos al mar, entierros y relleno sanitario. De estas

alternativas la que más se adapta a la capacidad tecnológica y económica de determinada región es el relleno sanitario, con la ventaja de ser la menos nociva para el medio ambiente (Aguilar, 1994).

## **2.4 DEFINICIÓN DE RELLENO SANITARIO**

El relleno sanitario es el método de deposición de residuos más completos 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 residuos, 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 residuos. 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).

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

## **2.5 BENEFICIOS DEL RELLENO SANITARIO**

Mancheno, (1997) enumeró los siguientes beneficios del uso de los rellenos sanitario como método para la eliminación de los residuos 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 agua.
- Asegura la buena relación entre vecinos.
- Fuente de ejemplo de organización.
- Se evita la molestia por insectos.

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 residuos.

- 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 residuos sólidos.
- Es flexible ya que puede disponer cantidades menores o mayores de residuos 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.

Sin embargo, también pueden existir desventajas como éstas (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 a 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 generados y asentamientos del suelo.

## **2.6 IMPACTOS DE LA UTILIZACIÓN DE RELLENO SANITARIO**

Los suelos más susceptibles a contaminación son los que tienen bajo contenido de arcilla la cual crea la barrera impermeable en los horizontes inferiores (Aguilar, 1994). 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 más expuestos a contaminación los sitios con una pendiente mayor al 10%.

El correcto diseño y la buena operación de un relleno sanitario reducen la contaminación del aire, minimizando la liberación de gases. El daño que se puede ocasionar en las aguas subterráneas a causa de los lixiviados que se infiltran hacia las capas freáticas por la descomposición de los residuos es menor sí en el relleno se implementa la impermeabilización de las trincheras de una manera correcta (Rodríguez, 1995). Un punto que se debe considerar a fondo es que el relleno sea ubicado a una distancia considerable de fuentes de agua (150-300 m) de distancia. Los lixiviados son el resultado de la descomposición de los residuos sólidos, la cual es generada por la acción de los microorganismos. En la descomposición de los residuos se vaporiza agua, la cual con el cambio de temperatura se condensa y arrastra altos contenidos de contaminantes los cuales se infiltran en el suelo ocasionando problemas ambientales y contaminación del agua.

Los métodos para controlar la contaminación del agua podrán aplicar estas tendencias: diluir y dispersar, concentrar y contener (Aguilar, 1994). Concentrar y contener implica clausurar el relleno cuando no tenga la característica de baja capacidad de infiltrar líquidos, por medio de este criterio los sitios para rellenos se caracterizan en tres tipos hidrogeológicamente: sitios con altas propiedades de contención de lixiviados, es necesario colectar 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 deposición de residuos inertes.

Los rangos óptimos de la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) en los líquidos lixiviados debe estar entre 20,000 a 35,000 mg/l y la DQO (Demanda Química de Oxígeno) debe estar entre 900 a 90,000 mg/l, los cloruros de 300 a 3,000 mg/l y los nitratos de 10 a 1,000 mg/l. Todo esto con el objetivo de tener un relleno sanitario con manejo adecuado para asegurar la no contaminación de las aguas subterráneas (Trajo, 1994).

La producción de gases en los rellenos sanitarios se da por la descomposición anaeróbica de los residuos sólidos por lo que se recomienda recuperarlos y aprovecharlos: existen cuatro opciones para el uso del gas del relleno; recuperarlo y quemarlo en una chimenea en el sitio, usarlo como sale para generar energía o calor, purificarlo eliminándole humedad e impurezas  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}$ , venderlo como combustible de bajo calor (Jaramillo, 1991).

## **2.7 REQUERIMIENTOS PARA UBICAR UN RELLENO SANITARIO**

Según la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA, 2001). Toda propiedad que se destine para la disposición de residuos ordinarios, mediante la técnica de relleno sanitario deberá presentar las siguientes características:

- Estar ubicado a una distancia de 200 m de las zonas de recarga de acuíferos o de fuentes de abastecimiento de agua potable para que estas estén libres de contaminación.
- El suelo debe reunir características de impermeabilidad, remoción de contaminantes y profundidad del nivel de aguas subterráneas, que garanticen la conservación de los acuíferos de las zonas, en caso de que estos existan.
- Contar con suficiente material para la cobertura diaria de los residuos depositados durante su vida útil. En caso de no contar con material suficiente, se deberá presentar los planos de ubicación de los bancos de préstamo a los que se recurrirá, así como las formas de transporte y almacenamiento de dicho material.
- Estar ubicado a una distancia no menor de 150 m de zonas de inundación, pantanos, marismas, cuerpos de agua y zonas de drenaje natural.
- Estar ubicado 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 Km y no más de 30 minutos ida y regreso del perímetro urbano a fin de garantizar la no interferencia con actividades distintas de las que allí se realicen, como también permitirá una mayor vigilancia y supervisión del mismo, en un sitio con fácil y rápido acceso por carretera o camino transitable en cualquier época del año.

- Estar ubicado fuera de las áreas naturales protegidas, servidumbre de paso de acueductos, canales de riego, alcantarillados, oleoductos y líneas de conducción de energía eléctrica.
- Estar ubicado a una distancia mínima de 60 m de fallas geológicas que hayan tenido desplazamientos recientes.
- Otras que considere convenientes, según las condiciones particulares de cada zona y a juicio de la Dirección de Evaluación y Control Ambiental (DECA).

## **2.8 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 CO<sub>2</sub> 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 construcción de canchas deportivas y áreas recreativas, no se recomienda la edificación de cualquier tipo, por la poca firmeza con la que cuenta el suelo debido a la disminución de su densidad, después de mezclarlo con residuos.

## **2.9 SELECCIÓN DEL TERRENO**

Según la SERNA, (2001) el objetivo primordial de la selección de los terrenos consiste en garantizar un sitio más idóneo, para ello se tendrá 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. El proceso de selección debe dividirse en fases comenzando con un proceso de búsqueda utilizando Sistema de Información Geográfica (SIG) para establecer que áreas son aptas para evaluar, tras este paso se debe estudiar cada sitio más a detalle e identificar terrenos aptos para el diseño y construcción del relleno sanitario (Rittenhouse, 2003).

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 la implementación de un sistema de manejo de residuos sólidos funcionará de igual manera en varios sitios (Rittenhouse, 2003). Según Trajo, (1994) en el manejo de residuos sólidos se debe considerar factores políticos y sociales, sin olvidar el tema de seguridad y consistencia de manera que se eliminen las molestias públicas y los daños al ambiente.

## 2.10 ASPECTOS TÉCNICOS PARA LA SELECCIÓN DEL SITIO

A continuación se describe cada uno de los aspectos técnicos considerados en la selección de un sitio para construir un relleno sanitario, estos parámetros están basados en las recomendaciones de varios organismos especializados como son: Agencia de Protección de Medio Ambiente de los Estados Unidos (USEPA), Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS) y la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA).

1. La vida útil del sitio deberá tener una extensión amplia, la cual tenga la capacidad de recibir residuos sólidos por un período no menor de 10 años. Es preferible que la vida útil del relleno sea mayor a 15 años, ya que entre mayor es el número de años de vida útil incrementa la factibilidad financiera del proyecto.
2. El material para cobertura debe ser lo más autosuficiente posible en tierra para su cobertura como sea posible ya que si no se encuentra la cantidad adecuada de material en el sitio de relleno, se tendrá que asegurar su procedencia de otro lugar, por lo que se incrementarán los costos de manejo. En los cuatro sitios estudiados: Ferrari, El Nance, Las Mesas y Las Mesitas cumplen con este parámetro a cabalidad.
3. La topografía del sitio debe ser en sitios con una pendiente no mayor al 18%. Sin embargo, es preferible aquella en que se logre un mayor volumen aprovechable por hectárea, como puede ser el caso de minas abandonadas a cielo abierto e inicio de cañadas, pequeñas vaguadas o depresiones naturales de cerros.
4. La vía de acceso deben ser carreteras de fácil acceso y para ello deben encontrarse en buenas condiciones en cualquier época del año.
5. Los vientos dominantes son un parámetro muy importante por el problema que pueden generar los malos olores, por eso deberá seleccionarse de tal manera que los vientos dominantes soplen en sentido contrario a la mancha urbana con el fin de evitar posibles malos olores.
6. La factibilidad de compra y costo de terreno se tomará en cuenta una vez realizado todo el análisis técnico y la gestión de factibilidad de compra de la propiedad, por medio de los precios y valoración de los sitios
7. La ubicación del sitio debe poseer condiciones aceptables ya que los parámetros que exigen los entes ambientales en cada país en cuanto a ubicación del relleno son que se encuentre alejado de poblados, fuentes de agua y vías de acceso.
8. La geología es un parámetro de mucha relevancia por lo que se realizó calicatas para conocer la textura que más predomina en los sitios de estudio.
9. La hidrogeología se evaluó por los pozos cercanos a los sitios en estudio, con la finalidad de conocer la profundidad del nivel freático mediante una sonda de infiltración. Las coordenadas de ubicación de los pozos fueron recolectadas para tener una pequeña base de datos de ellos.



10. La Hidrología superficial permite conocer si los sitios seleccionados cumplen con los requerimientos de la SERNA que dice: los rellenos sanitarios deben de encontrarse de los a una distancia mínima de 150 m de ríos para evitar contaminación de aguas subterráneas.
11. La tenencia de la tierra, este parámetro permite conocer los propietarios de los terrenos y conocer más a detalle sobre estos sitios.

## **2.11 MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**

El manejo integral y sustentable de los residuos sólidos combina flujos de residuos, métodos de recolección y procesamiento, de lo cual derivan beneficios ambientales, optimización económica y aceptación social en un sistema de manejo práctico para cualquier región. Esto se puede lograr combinando opciones de manejo que incluyen esfuerzos de reúso y reciclaje. Tratamiento que involucran compostaje, biogasificación, incineración con recuperación de energía, así como la disposición final en rellenos sanitarios (INE, 1999).

### 3. ZONA DEL ESTUDIO Y MÉTODOS

#### 3.1 ZONA DEL ESTUDIO

El Municipio de San Antonio de Oriente pertenece al departamento de Francisco Morazán y se encuentra ubicado a unos 31 Km al este de Tegucigalpa. Su extensión territorial es de 231 Km<sup>2</sup> con una entre los 780 y 1,300 msnm Sus límites geográficos son al norte con el Municipio de Valle de Ángeles, al sur con Güinope y Maraíta, al Este con Moroceli y Yuscarán y al oeste con el Distrito Central y Tatúmbla (Figura 1).

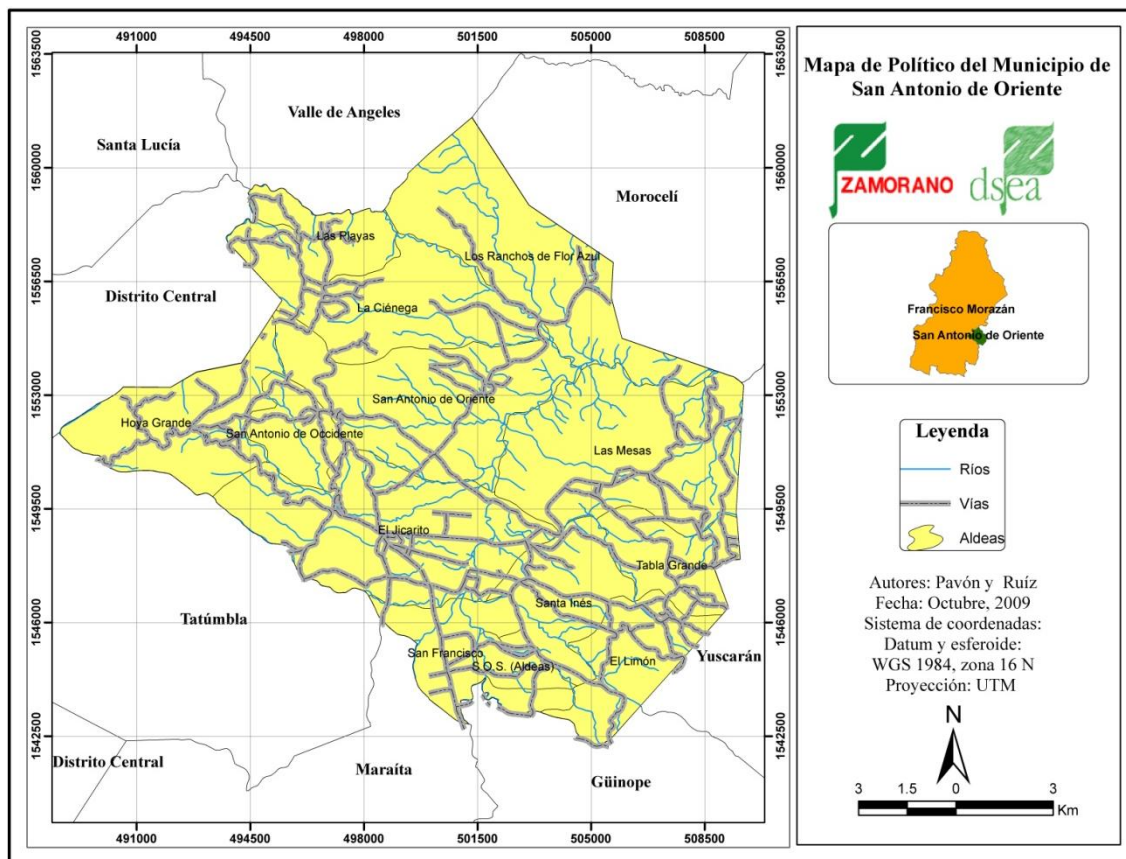


Figura 1. Mapa político del Municipio San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.  
Fuente: Sistema Nacional de Información Territorial (SINIT).

El Municipio de San Antonio de Oriente tenía una población de 12,063 habitantes en el 2001. Divididos en 52% hombres y 48% mujeres lo que resulta en una proporción habitual. El 29% de esta población es urbana y el resto rural, lo que proporciona un primer indicador demográfico del Municipio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Población urbana y rural en el Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.

Área	Hombres	Mujeres	Total
Urbano	1,909	1,629	3,538
Rural	4,463	4,062	8,525
Total	6,372	5,691	12,063

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2001).

San Antonio de Oriente, está formado por 12 aldeas, incluyendo la cabecera municipal y 85 caseríos. La cabecera municipal agrupa apenas el 4.4% de la población. Por otra parte la aldea vecina de El Jicarito, con 5,798 habitantes equivalentes al 48% del total de la población del Municipio, es la aldea con mayor concentración poblacional y el único centro urbano. El otro centro importante es San Francisco con 1,311 habitantes, localizado en la parte baja del Municipio.

Según Durán y Vilchez (2009), la producción per cápita de residuos sólidos en el Municipio de San Antonio de Oriente es 0.31 kg/habitante/día. Este dato es fundamental ya que sirve de base al momento de calcular la vida útil de los 4 sitios potenciales para el diseño y construcción del relleno sanitario del Municipio de San Antonio de Oriente.

### **3.2 SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE LOS SITIOS PARA EL ESTUDIO**

Se contó con el apoyo de las autoridades del Municipio para la selección de los sitios y con sistemas de información geográfica. Se realizó una reunión con cuatro personas que representan el comité de manejo de residuos sólidos del Municipio y ellos ratificaron la necesidad de un relleno sanitario debido a que la disposición actual se está haciendo a cielo abierto. Ellos dieron a conocer dos sitios potenciales previamente identificados, el tercero fue propuesto por pobladores de la zona y el cuarto fue localizado con sistema de información geográfico. Los sitios son los siguientes: a) Las Mesas; b) El Nance; c) Ferrari, y d) Sitio seleccionados mediante SIG

### **3.3 PROCESO DE INVESTIGACIÓN**

Se recolectó información secundaria, se realizaron visitas de reconocimiento a los diferentes terrenos y posteriormente se realizaron los trabajos de campo para conocer la

permeabilidad y la capacidad de infiltración de los suelos de los diferentes sitios en estudio, a demás se recolectaron muestras de vegetación.

La unidad SIG facilitó los mapas temáticos para localizar el cuarto terreno entre estos;

- Mapa de uso de suelos.
- Mapa de cobertura vegetal.
- Mapa de ríos.
- Mapa de vías.
- Mapa de curvas a nivel.
- Mapa de geomecánica
- Mapa de los poblados del Municipio San Antonio de Oriente.
- Ubicación de reservorios y fuentes de agua (Lagos, 2002).

Por medio del uso de Sistema de Información Geográfica, se recorrieron los sitios para tomar puntos con un GPS. Una vez obtenidos los datos se utilizaron para desarrollar polígonos y polilíneas de las carreteras que conducen a cada sitio en el programa ArcMap.

Se realizó la evaluación *in situ* de las propiedades físicas del suelo a través de calicatas (Ver anexo 1), para conocer la estructura, textura y color de los suelos en los diferentes sitios. Para obtener una muestra significativa de los suelos, las calicatas contaron con un 1x1x1.5 m (largo ancho y profundidad).

Para la toma de datos de infiltración superficial se utilizó el método de doble aro, éste nos determinó la cantidad de agua absorbida en el aro interno por el suelo en saturación con intervalos de 10 y 5 minutos manteniendo el aro externo con un nivel medio de agua. En cada uno de los sitios se recolectaron muestras de vegetación para saber si existen o no especies endémicas en la zona, las especies se recolectaron en una bolsa y luego se trasladaron al herbario Paul Stanley en donde fueron identificadas, se nos proporcionó el nombre científico de cada especie y su familia.

Se realizó una valoración económica de los sitios en estudio, en donde se tomó en cuenta el área de los terrenos en varas cuadradas, posteriormente se multiplico el precio de cada vara cuadrada por la cantidad de varas cuadradas disponibles en cada uno de los terrenos y así se obtuvo el costo total del terreno. Como segundo paso se determinó la inversión total de la obra la cual se obtuvo de la multiplicación del volumen disponible en  $m^3$  \* US\$ 10 (precio referencia de Zamorano). Se estimó la vida útil de los terrenos con manejo integral de los residuos reciclables y recuperables y sin el manejo de estos, con la proyección total de residuos sólidos del Municipio de San Antonio de Oriente.

A continuación se describe cada uno de los aspectos técnicos considerados en la selección de un sitio para construir un relleno sanitario, dichos parámetros están basados en las recomendaciones de parámetros propuesto por varios organismos especializados como son la Agencia de Protección de Medio Ambiente de los Estados Unidos (USEPA), La Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS) y las Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA).

### 3.4 PARÁMETROS TÉCNICOS PARA LA SELECCIÓN DEL TERRENO

A cada criterio se le asignó una puntuación dependiendo del parámetro y una vez evaluado en terreno se verificó que cumpla las condiciones y conforme a esto se le brindo una puntuación a los sitios (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros Técnicos para la Selección de sitios del Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras.

Criterios	Parámetros		
	Excelente	Bueno	Regular
Vida Útil	Mayor de 10 años (1.000)	De 5 a 10 años (0.850)	Menor de 5 años (0.700)
Acceso	Cercanas y Pavimentadas (0.250)	Cercanas Transitables (0.212)	Lejanas y Transitables (0.175)
Distancia a zonas habitables	3 – 12 Km (0.400)	1 – 3 Km (0.340)	< 1 y > 12 Km Puntuación: 0.280
Dirección del viento	En sentido contrario a la zona habitable (0.050)	En ambos sentidos (0.042)	En sentido de la zona habitable (0.035)
Tenencia de la Tierra	Terreno Propio (0.700)	Rentado a largo plazo (0.595)	Rentado a corto plazo (0.490)
Disponibilidad de material de cobertura	Autosuficiente (0.700)	Acarreo Cercano (0.595)	Acarreo Lejano (0.490)
Geología	Impermeable < 10-8 m/s (0.400)	Semi impermeable >10-6 - <10-8 m/s (0.340)	Permeable >10-4 - <10-6 m/s Muy Permeable >10-4 m/s (0.280)
Topografía	Pendiente < 10% (0.200)	Pendiente de 10 – 25% (0.170)	Pendiente > 25% (0.140)
Distancia a cuerpos de agua superficiales	> 200 m (0.300)	-	≤200m. (0.210)
Profundidad del Nivel Freático	> 30 m (0.400)	10 – 30 m (0.340)	< 10 m (0.280)
Distancia a Fallas Geológicas	> 60 m (0.400)	-	< 60 m (0.280)
Distancia a pozos de abastecimiento de agua	> 200 m (0.400)	-	≤200 m (0.280)
Distancia a la red de agua potable	> 200 m (0.300)	(0.340)	≤200 m (0.210)
Distancia a la red de alcantarillado	> 200 m (0.300)	-	≤200 m (0.210)
Presencia de tubería de riego	> 200 m (0.300)	-	≤200 m (0.210)
Distancia a cultivos	> 1 Km (0.300)	0.5-1 Km (0.255)	< 0.5 Km (0.210)

Nota: puntuación entre paréntesis.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS

Los cuatro sitios analizados (Las Mesas, El Nance, Ferrari y Las Mesitas), se localizan cerca del Jicarito que posee la mayor parte de la población del Municipio, el cuarto sitio (Las Mesitas) seleccionado por SIG se encuentra ubicado cerca de la aldea La Ciénega (Figura 2) aunque al final se descarto.

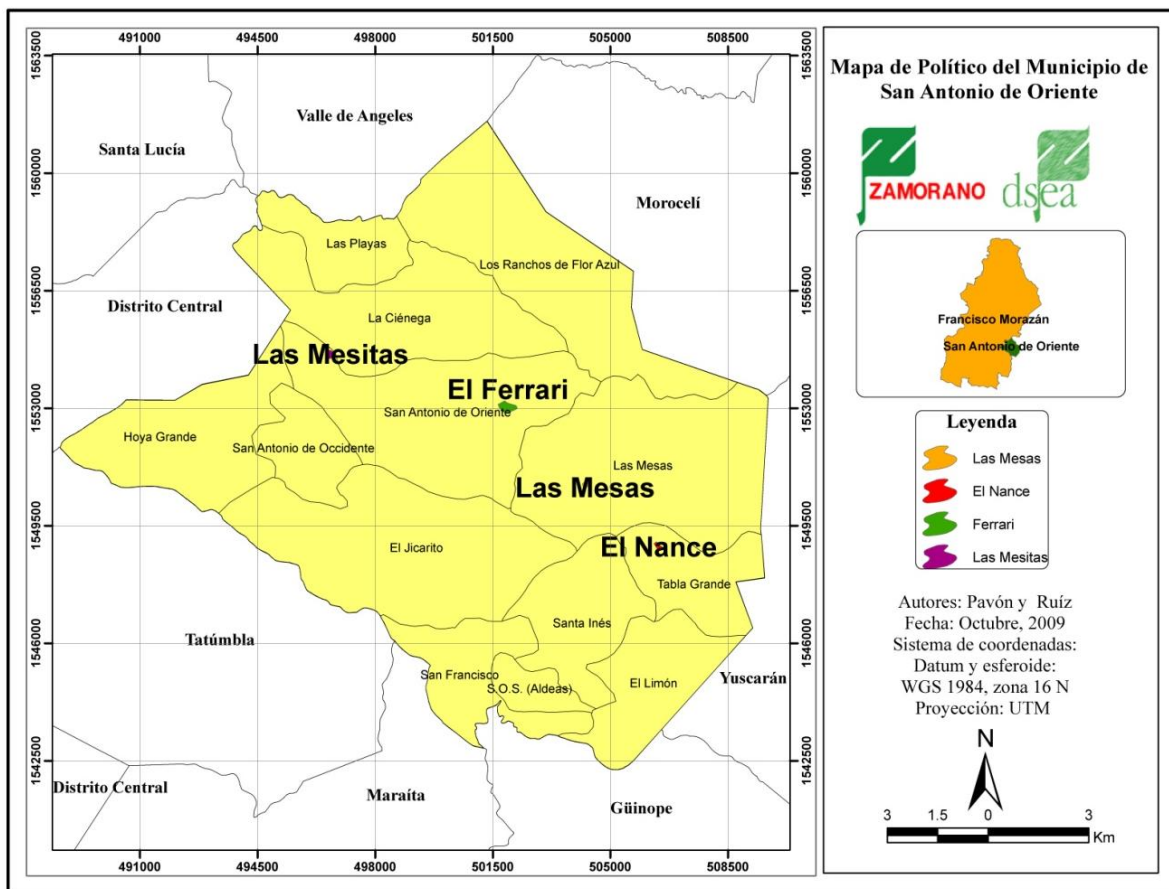


Figura 2. Mapa de sitios analizados para ubicar el relleno del Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.

A continuación se presentan las características de los cuatros sitios:

- Las Mesas (área: 19,138 m<sup>2</sup>): el sitio se encuentra ubicada a 10 Km de la aldea El Jicarito que se usa como punto de partida por tener un 49% de la población del Municipio, este terreno es de vocación forestal y en la actualidad se encuentra destinado para ganadería extensiva, la vegetación que se observó en el terreno en su mayoría son coníferas (*Pinus* spp.), la topografía es ligeramente ondulada de 3 a 8% con pedregosidad. La profundidad de suelos varia de poco profundos a profundos. No hay flora y fauna endémicas en el sitio.
- El Nance (área: 127,435 m<sup>2</sup>): el sitio se encuentra localizada a 12 Km de aldea el Jicarito, su uso actual es para ganadería extensiva igual cuenta con uso potencial para agricultura. Posee una pendiente de 0-3%, por lo cual es considerado plano o casi plano. Este sitio no presente síntomas de erosión ya que posee cobertura vegetal. Posee suelos moderadamente profundos que alcanzan una profundidad 60-90 cm. Las texturas de los suelos son moderadamente gruesas, predominan los franco arcillo arenosos. El terreno contiene un alto grado de pedregosidad: 15-25% del volumen del terreno. Posee una categoría excesiva en drenaje, porque el agua se elimina rápidamente del suelo. No presenta riesgo de inundación.
- Ferrari (área: 152,155 m<sup>2</sup>): el sitio se encuentra localizada a 10 kKm de la Aldea el Jicarito, su uso actual es para ganadería extensiva. El mismo es de vocación forestal. Posee una pendiente de 0-3%, por lo cual es considerado plano o casi plano. Este sitio no presente síntomas de erosión ya que posee cobertura vegetal. Posee suelos muy profundos >1.5 m. Las texturas de dicho terreno son moderadamente finas, ya que predominan los francos arcillosos. El terreno posee un fuerte grado de pedregosidad: 20-50% del volumen del terreno. Posee una categoría de drenaje bueno. No presenta riesgo de inundación.
- Las Mesitas (área: 40,910 m<sup>2</sup>): el sitio de se encuentra localizado a 16 Km de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, en la carretera que conduce de Joya Grande a Valle de Ángeles. El uso actual del terreno es para cultivo de hortalizas y otros cultivos como el maíz. Dentro del terreno se encuentra la casa del propietario. Posee una pendiente de 0-3%, por lo cual es considerado plano o casi plano. En el sitio no se observaron indicios de erosión ya que en su mayor parte se encuentra en barbecho. Posee un suelo con profundidad moderada ya que la textura del suelo es arcilla pesada. El terreno presenta un porcentaje bajo de pedregosidad (5-8%) del volumen del terreno. Presenta agua superficial en dos horizontes por lo cual limita la construcción del relleno sanitario.

## **4.2 LOS PARÁMETROS DE SELECCIÓN**

### **4.2.1 Vías de Acceso**

Las malas condiciones en la infraestructura vial pueden ocasionar graves pérdidas, ya que retarda el proceso de recolección de residuos sólidos y se dañan los automóviles, estos problemas a corto plazo incrementan los costos totales del relleno sanitario. Los sitios estudiados cuentan con vías de acceso poco favorables por lo cual su calificación en este parámetro es relativamente baja. Una de las limitantes con la que cuentan estos sitios es que solo poseen una vía de ingreso, lo cual dificulta el tráfico vehicular.

Desde El Jicarito hasta Las Mesas se transitan dos tramos viales, el primero es un tramo de tierra el cual cuentan con vías de acceso poco favorables en época lluviosa (2 Km). El segundo tramo es sobre la carretera Panamericana la cual es transitable todo el año (10 Km).

El Nance presenta tres pequeños tramos los cuales son: desde Jicarito hasta la Escuela Agrícola Panamericana calle de tierra (2 Km), el segundo tramo es al igual que Las Mesas sobre la carretera Panamericana (11 Km) y el tercer tramo es una pequeña calle de tierra (1.7 Km), la cual se encuentra en altas condiciones de deterioro debido a las lluvias.

Ferrari: presenta dos tramos, de tierra, el primero desde Jicarito hasta la parte trasera de la Residencia Maya (1.5 Km) el segundo va de la EAP desde este lugar hasta el terreno y son aproximadamente 5.7 Km Este tramo se encuentra con un deterioro intermedio ya que a pesar de estar en la época lluviosa se pudo ingresar a este lugar.

Las Mesitas: desde El Jicarito hay cuatro tramos carreteros los cuales son: primer tramo es calle de tierra (2 Km), segundo tramo desde la EAP hasta el desvío de Joya Grande que conduce a Valle de Ángeles (9.5 Km), el tercer tramo es desde el desvío Joya Grande hasta La Estancia (6.5 Km) calle de tierra, y de allí hasta el desvío que conduce a Las Mesitas son 5.5 Km por calle de tierra.

### **4.2.2 Distancia a zonas habitables**

Por la distancia existente entre el Municipio y la capital este es considerado como área rural. Debido a esta clasificación, los sitios estudiados se encuentran fuera del perímetro urbano. La Organización Panamericana de la salud define una distancia de 500 m como mínima para la instalación de rellenos sanitarios cerca de poblados. Las Mesas se encuentran cerca de sitios con poblados por lo que este terreno no cumple con el requerimiento de la SERNA. El Nance se encuentra a unos 500 m de sitios poblados por lo que se encuentra en la categoría base que define la SERNA como mínimo para la instalación de un relleno sanitario. Ferrari no se encuentra cerca de poblados, el poblado más cercano a dicho terreno se localiza a unos 1,250 m de distancia. Las Mesitas no cumple con este parámetro ya que se localizan poblados a uno 80-100 m del terreno.



### 4.2.3 Distancias de la Casa más cercana y lejana de las aldeas del Municipio de San Antonio de Oriente

Uno de los gastos que se incurren en el momento de construir un relleno sanitario es el transporte de los residuos, para esto es necesario conocer la distancia de las casas que están más cercanas y lejanas de los sitios tomando como punto de partida la ubicación de los sitios estudiados.

Cuadro 3. Distancia de los sitios evaluados hacia las casas de las aldeas del Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009

Aldeas	Sitios							
	Ferrari		El Nance		Las Mesitas		Las Mesas	
	Mínima (m)	Máxima (m)	Mínima (m)	Máxima (m)	Mínima (m)	Máxima (m)	Mínima (m)	Máxima (m)
El Jicarito	6,023	12,988	3,666	15,345	6,043	13,160	3,825	11,338
El Limón	15,308	17,293	3,449	5,878	16,475	18,067	7,907	17,884
Hoya Grande	12,801	20,229	7,941	24,519	5,612	11,655	15,289	19,722
La Ciénega	22,801	28,361	19,837	23,026	1,432	6,498	19,478	26,298
Las Mesas	13,511	21,675	1,329	9,011	16,811	24,445	264	8,297
Las Playas	9,760	25,663	28,781	30,982	3,015.00	5,120	23,781	27,525
Los Ranchos de Flor Azul	27,564	28,618	14,859	15,871	30,349	31,587	14,832	15,240
S.O.S (Aldeas)	11,643	12,909	17,574	20,617	14,803	17,897	13,328	16,236
San Antonio de Occidente	6,576	11,836	16,969	20,183	3,356	4,110	12,713	15,719
San Antonio de Oriente	2,315	8,613	14,956	17,633	1,074	10,969	12,211	17,330
San Francisco	9,302	12,827	12,110	15,136	11,032	14,268	19,722	21,706
Santa Inés	10,775	16,641	16,541	20,028	13,294	16,739	4,470	9,009
Tabla Grande	13,545	21,057	249	4,444	18,921	23,589	3,063	7,697
Total	161,924	238,710	168,261	222,673	142,217	198,104	150,883	214,001

### 4.2.4 Dirección del Viento

Por medio de análisis de datos históricos se determinó que la orientación del viento con mayor predominio es la Oeste con un 9.1%, seguida por la estenordeste con 8.8% y en tercer lugar la orientación Sur con un 7.7% (Ver anexo 2).

Las Mesas se encuentra ubicada con orientación al este, el porcentaje de viento hacia esta dirección es de 4.7%, este número es bajo y fue obtenido por medio de análisis de datos históricos. Estos poblados no serán muy afectados por la dispersión de malos olores a causa del viento. Los poblados más cercanos al terreno El Nance, se encuentran ubicados en el extremo sureste y noroeste del terreno. El porcentaje de viento hacia estas

direcciones es de 6.9%: Los habitantes de los poblados ubicados al sureste podrían visualizarse como más afectados por propagación de malos olores, una vez que se encuentre en operación relleno sanitario.

Las concentraciones poblacionales más cercanas al terreno Ferrari, se encuentran ubicadas en la dirección Sur Este con relación al terreno. El porcentaje de repeticiones del viento hacia esta dirección es de 6.9%. La cual es considerada como peligrosa por su alta puntuación. La mayor concentración poblacional cerca del terreno Las Mesitas se encuentra de Este a Sur, la cual da a conocer los riesgos a los que están expuestos los pobladores de esta área (Cuadro 4).

Cuadro 4. Cuadro de Orientación del viento en dirección hacia las aldeas, San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009.

<b>Sitio</b>	<b>Dirección Hacia la concentración poblacional</b>	<b>Frecuencia de la Dirección del Viento hacia la concentración poblacional (%)</b>
Las Mesas	Este	4.7
El Nance	Sureste	6.9
Ferrari	Sureste	6.9
Las Mesitas	Sur	7.7

#### **4.2.5 Tenencia de la tierra**

Los cuatro terrenos que se evaluaron para ubicar el futuro relleno sanitario del Municipio de San Antonio de Oriente están distribuidos así: Dos terrenos son propiedad privada (El Nance y Las Mesitas), uno es ejidal (Las Mesas) y el último mencionado (Ferrari) pertenece a la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

#### **4.2.6 Material de cobertura**

La cantidad de material de cobertura disponible en los sitios estudiados es muy variada, los cuatro terrenos estudiados cumplen con este requerimiento. Las Mesitas posee material de cobertura, pero su textura son arcillas pesadas que dificultaran el uso de maquinaria para su extracción, esto puede convertirse a corto plazo en una limitante para su uso, El Nance tiene el material de cobertura necesario para cubrir los residuos sólidos, por lo cual no será necesario incurrir en gastos de este tipo. Ferrari y Las Mesas disponen de material de cobertura.

#### **4.2.7 Geología y topografía**

Con el apoyo de SIG se realizó un mapa de pendientes del Municipio para obtener las pendientes de los sitios, Las Mesas posee una pendiente de 5-7% la cual es ligeramente plana. En El Nance la pendiente es plana se encuentra entre un rango de 0-3%. Ferrari

cuenta con una pendiente de 5-7% y Las Mesitas posee pendiente ligeramente plana de 0-5%. Geología es la estabilidad del suelo es muy relevante ya que para construir el futuro relleno sanitario es necesario conocer ha detalle los posibles riesgos geológicos de los sitios. Los parámetros de mayor relevancia son: estabilidad de los taludes naturales o artificiales, riesgo de deformación del suelo y riesgo a fenómenos geológicos activos o reactivables que puedan surgir (Figura 5).

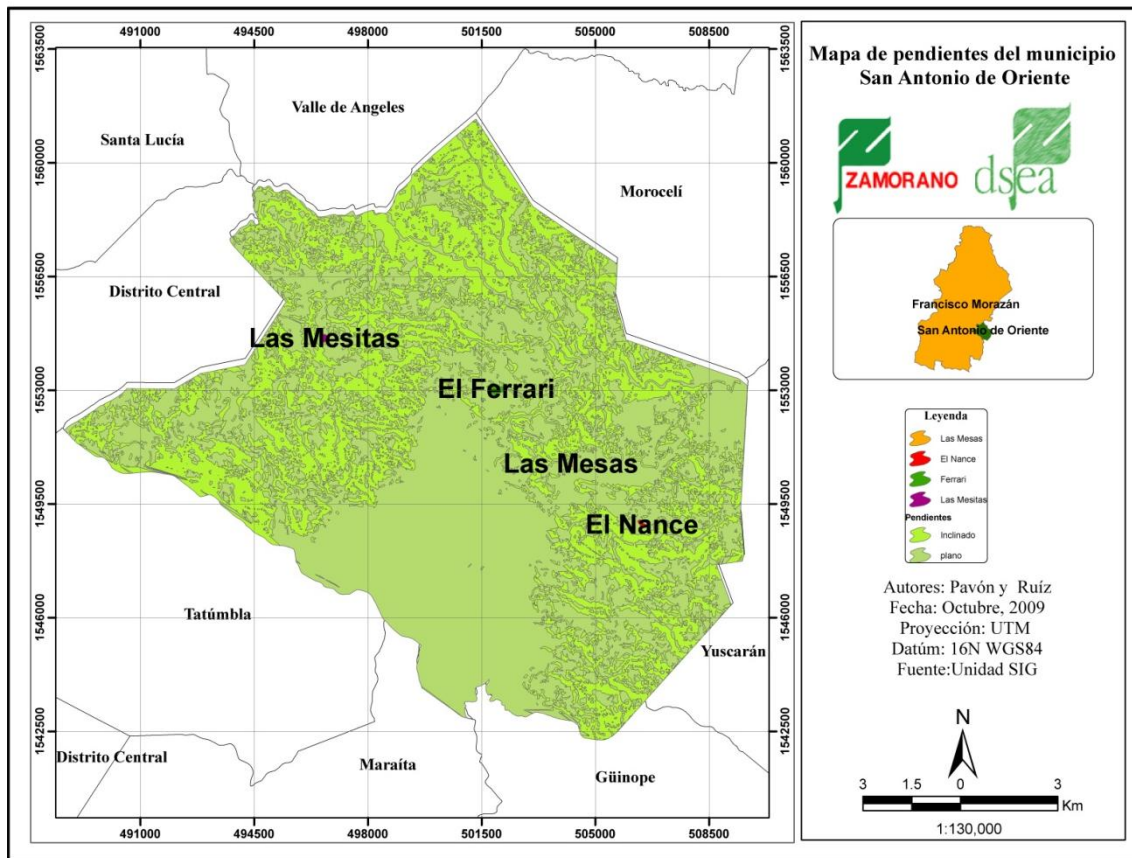


Figura 3. Mapa de pendientes del Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009. Fuente: Pendientes generadas a partir de las curvas de nivel a cada 20 m del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Después de un análisis detallado de los datos obtenidos de infiltración se pudo calcular el valor para la permeabilidad, se tomó en cuenta la cantidad de agua infiltrada en un periodo determinado de tiempo (5 y 10 minutos) y la textura del suelo presente en cada sitio por medio de la realización de calicatas esto se comparó con el grado permeabilidad según los valores obtenido (Cuadro 5).

Cuadro 5. Clasificación de la permeabilidad de los suelos en los 4 sitios de estudio del municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.

Sitio	Textura	Valores de infiltración (cm/s)	Grado Permeabilidad
Las Mesas	Arcilloso+	$4.26 \times 10^{-05}$	Muy baja
El Nance	Franco Arcillo Arenoso	$2.74 \times 10^{-05}$	Muy baja
Ferrari	Arcillo Arenoso+	$4.97 \times 10^{-05}$	Muy baja
Las Mesas	Franco Arenoso	$1.04 \times 10^{-04}$	Muy baja

#### 4.2.8 La zona de recarga de acuíferos y fuentes de agua libre de contaminación

Según la SERNA (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente) los rellenos sanitarios no deben estar a una distancia menor a 200 m de las fuentes de agua. Los sitios en estudio cuentan con calificaciones intermedias en este requerimiento. Las Mesas se encuentran alejadas de fuentes de agua ya que la altura que posee el terreno es muy significativa con relación al río allí presente. El Nance no se encuentra cerca de fuentes de agua, la fuente de agua más cercana al terreno es una laguna superficial. De los cuatro sitios en estudio, el que cuenta con una buena condición por su distancia (2 Km) a las fuentes de agua (ríos, lagos, lagunas, pozos) es Ferrari, el sitio menos apto para el relleno sanitario por su cercanía a fuentes de agua es Las Mesitas, ya que existen pozos superficiales en esta zona. Las Mesas y El Nance cuentan con una calificación media (80-85%), (Figura 4).

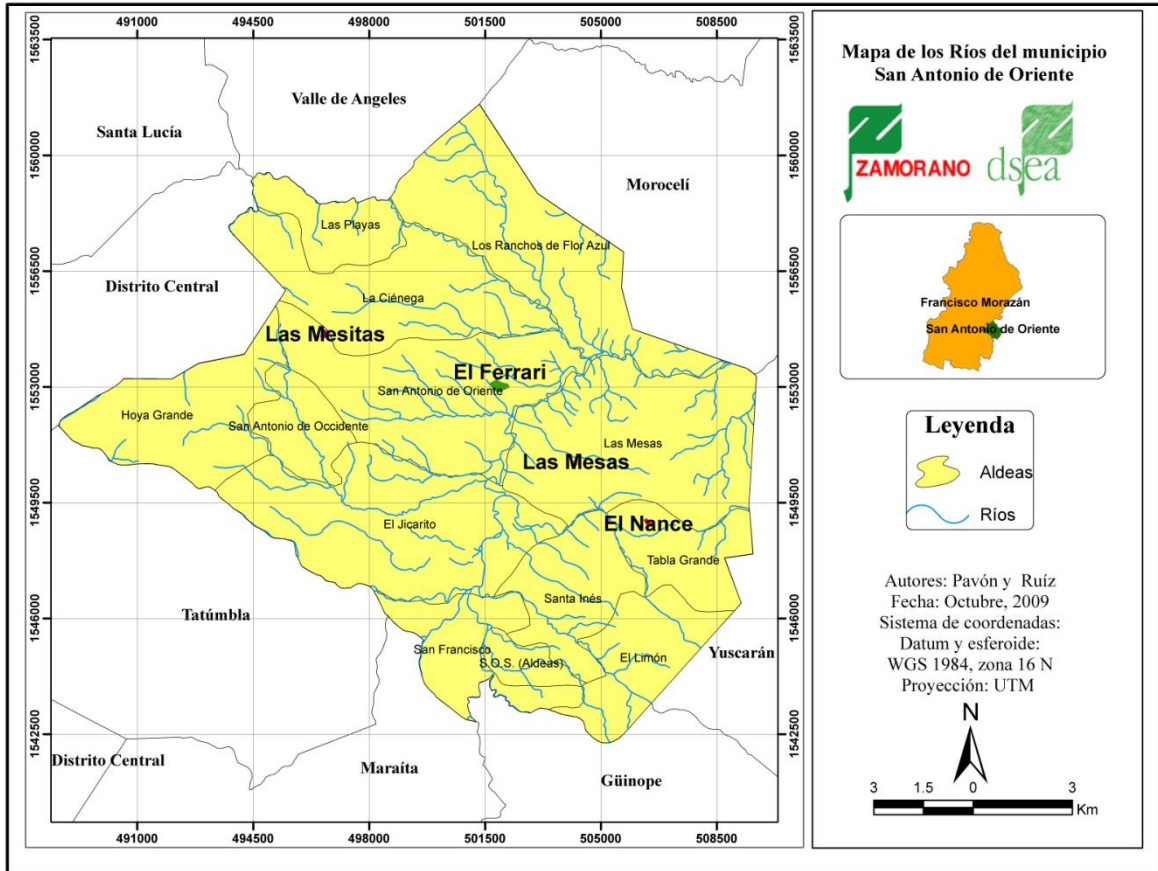


Figura 4. Mapa de recursos hídricos del Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009.

#### 4.2.9 Profundidad del nivel freático y distancia de los pozos

El nivel freático de los sitios en los cuales se encontró pozos excavados es en promedio 19 m de profundidad. Durante el estudio solo se encontraron cuatro pozos, de los cuales 1 se encuentra en el terreno Las Mesitas, dos en la Aldea La Ciénega y el último en la carretera que conduce al terreno Ferrari. Este último pozo es de tipo perforado y cuenta con una profundidad de 100 m. En el terreno de Las Mesas y El Nance no se encontraron pozos de ningún tipo ya que estas comunidades cuentan con servicio de agua potable (Figura 5).

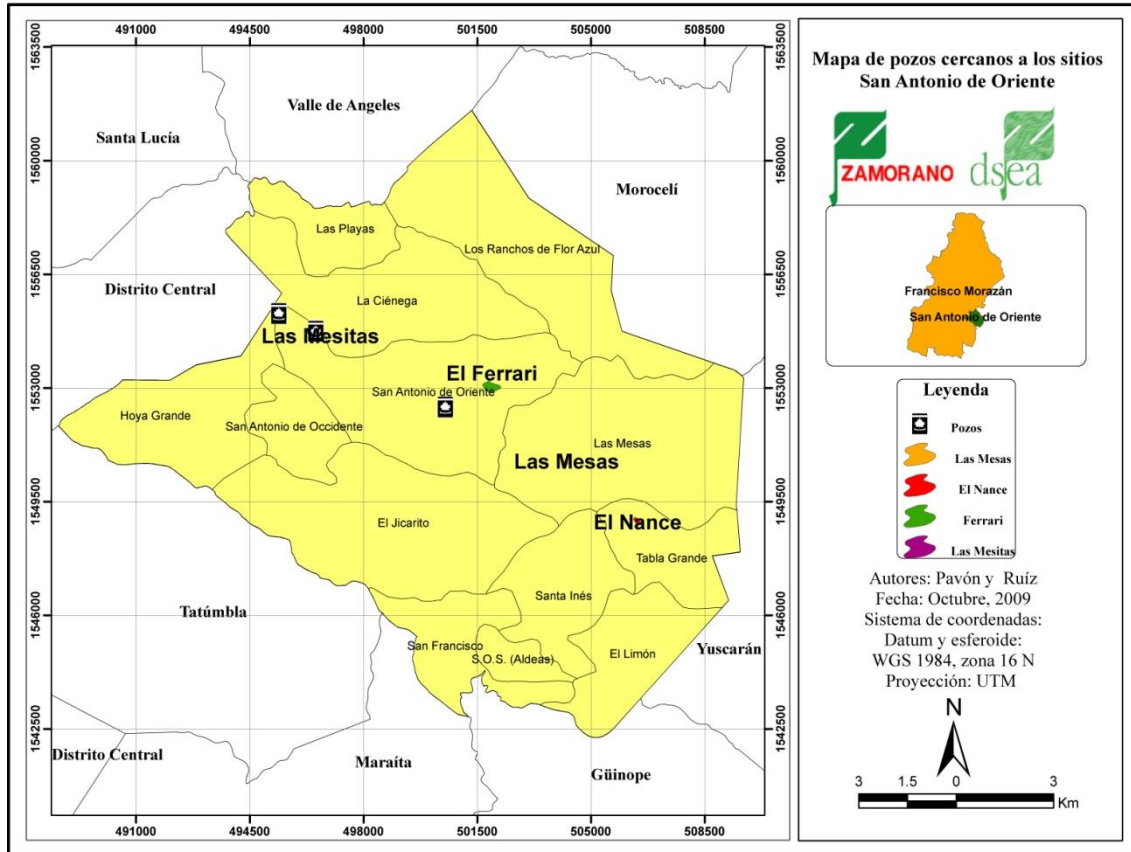


Figura 5. Mapa de ubicación de pozos cercanos a los sitios en estudio en San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009

#### 4.2.10 Fallas geológicas

Según Rittenhouse, (2003) la falla geológica más cercana a los sitios en estudio es la que se encuentra localizada, en la parte baja del cauce del río Yeguaré, este río no registra actividad por parte de la falla geológica desde hace varios años. Los sitios estudiados se encuentran lejos de fallas geológicas y por esto se puede decir que todos estos sitios cumplen con este parámetro a cabalidad y según la SERNA, los sitios deben de localizarse a una distancia mayor de 60 m de fallas geológicas y sin antecedentes de deslizamientos. En los sitios estudiados no se registran deslizamientos, por lo que se está cumpliendo con los requerimientos de la SERNA.

#### 4.2.11 Distancia a zonas de inundación

Las Mesas se encuentra localizado cerca de un río, pero la elevación presente en el terreno, permite que el terreno no se inunde. El Nance es un terreno que se encuentra alejado a fuentes de agua superficiales por lo que el riesgo de inundación es muy bajo. Ferrari cuenta con un río intermitente dentro del área y no se conoce si es zona inundable

en época lluviosa. Las Mesitas cuentan con alto contenido de agua superficial, por lo que es un área muy propensa a inundación.

#### **4.2.12 Riesgo a pepenadores**

Dentro de los sitios estudiados el que mayor riesgo a pepenadores presenta es Las Mesas, ya que su localización es cercana a una vía de acceso principal, por lo que es favorable para el ingreso de recolectores de materiales. El Nance es un sitio que está expuesto a una vía de acceso secundaria y a poblados, esto a mediano plazo puede representar un problema grave, por eso se considera que no cumple el requerimiento. Ferrari es el terreno que cuenta con las características ideales de ubicación con respecto a pepenadores, ya que se encuentra ubicado lejos de poblados y vías de acceso por lo cual esto no deberá representar un problema en este sitio. Las Mesitas es un sitio que se encuentra cerca de poblados por lo cual se considera que a corto plazo el problema de los pepenadores surgirá y el impacto ambiental y económico se hará notar, esto lleva a la conclusión que este terreno no cumple con este parámetro.

#### **4.2.13 Vegetación encontrada en los sitios de estudio**

En los sitios se encontraron varias especies de plantas, en donde se recolectaron muestras para conocer nombre científico y las que más predominan en los sitios de estudio, el mayor número de especie se encontró en El Nance con un total de 20 especies de árboles y en los otros tres sitios se observó que abunda el pino, la guayaba silvestre y el nance. No se encontró ninguna especie endémica en ninguno de los sitios (Cuadro 6).

Cuadro 6. Vegetación identificada en los cuatro sitios de estudio, San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.

Nombre Científico	Familia	Nombre Común
<i>Syzygium malaccense</i>	Myrtaceae	Manzana de agua, Pomagás
<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	Concha de jobo, Ciruelo
<i>Spondias radlkoferi</i>	Anacardiaceae	Jobo verde
<i>Spathodea campanulata</i>	Bignoniaceae	Llama del bosque o Tulipero del Gabón
<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae	Mango
<i>Byrsonima Crassifolia</i>	Malpighiaceae	Nance o Nancite
<i>Citrus limetta</i>	Rutaceae	Lima dulce
<i>Annona muricata</i>	Annonaceae	Guanabana
<i>Inga spuria</i>	Fabaceae	Biche o Cuajiniquil
<i>Dendropanax arboreum</i>	Araliaceae	Palo santo
<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae	Palo de rosa o Roble Morado
<i>Vernonia patens</i>	Asteraceae	Tuete o Tuete blanco
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Cochlospermaceae	Poro poro
<i>Coffea arabica</i>	Rubiaceae	Cafeto o Cafetero
<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Guayaba o Luma
<i>Pinus spp</i>	Pinaceae	Pino
<i>Citrus aurantium</i>	Rutaceae	Naranja agria

#### 4.3 IDENTIFICACIÓN DE UN SITIO CON SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Para la ubicación del cuarto sitio, se usó la herramienta SIG con los siguientes mapas: cobertura vegetal, uso de suelo, calidad geomecánica, mapa de red hídrica, red vial, poblados, curvas a nivel y fuentes de agua del Municipio de San Antonio de Oriente, se hicieron los mapas tomando en cuenta los criterios y parámetros que exige la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) y los parámetros de la Organización Panamericana de la Salud.

Para determinar los sitios ideales se determinaron áreas de protección (buffers), en los alrededores de centros poblados, red hídrica fuentes de agua y red vial (Cuadro 7).



Cuadro 7. Áreas de protección para el cuarto sitio, Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.

N°	Mapas	Radios de protección
1	Poblados	500 m
2	Red vial	150 m
3	Fuentes aguas	200 m
4	Red hídrica	150 m

Con esto se circunscribieron los sitios a lugares alejados de estos elementos, que dio como resultado el mapa de restricciones en el cual se observa como las áreas con protección, en donde no se debe ubicar un relleno sanitario (Figura 6).

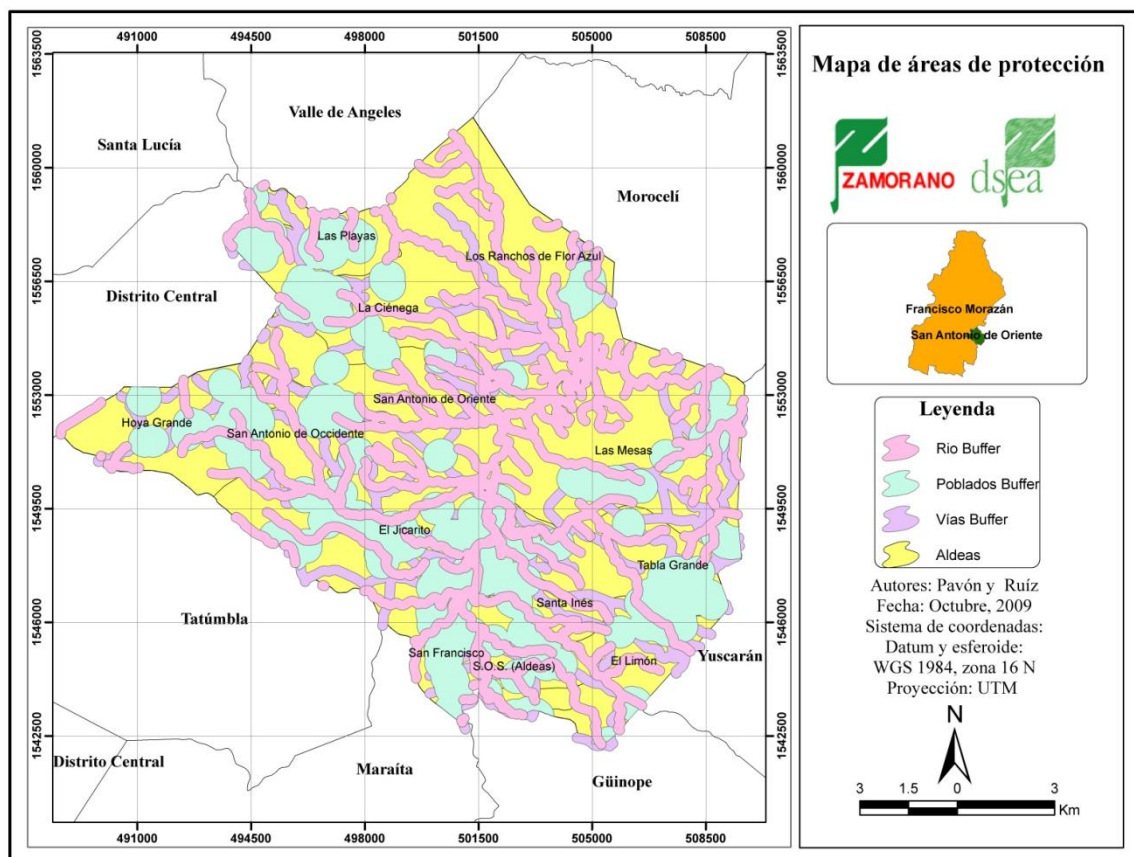


Figura 6. Mapa de área en sitios estudiados para ubicar un relleno sanitario en San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.

Luego se creó un mapa de pendientes a partir de las curvas a nivel a cada 20 m para diferenciar terrenos planos con una pendiente menor de 30% y los más inclinados con una pendiente mayor a 30% que son los menos aptos para ubicar un relleno sanitario, con los (buffers) de poblados, red vial, red hídrica, fuentes de agua y con la de cobertura vegetal,

calidad geomecánica y mapa de pendientes se creó un mapa sobreponiendo todos los anteriores.

Con la sobre posición los mapas, se realizó un segundo donde se integró los mapas con radios de protección y sobre posición tomando en consideración los requerimientos que debe de tener un sitio para la ubicación de un relleno según la SERNA, se localizaron cuatro terrenos con SIG seleccionando las área más grandes y estos se evaluaron en campo. (Figura 7).

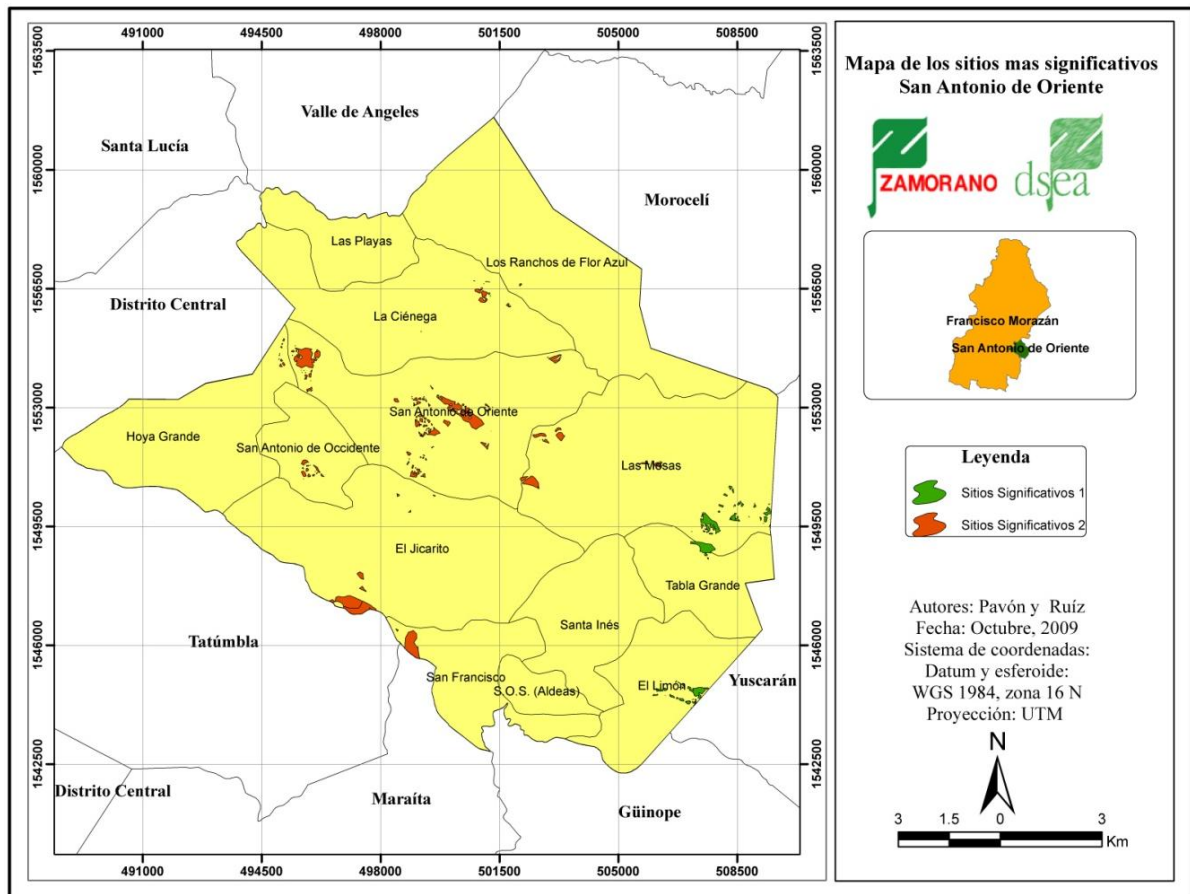


Figura 7. Mapa de sitios significativos para ubicar un relleno sanitario en San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.

A continuación se detalla lo evaluado en cada uno de los sitios: El primer terreno evaluado se encontró en la aldea Las Mesas localizado a 10.8 Km de la aldea el Jicarito, los predios son propiedad privada del Batallón de Telecomunicaciones de aldea Las Mesas, por ser uso militar y tener asentamientos humanos muy cercanos fue descartado. En la aldea Las Guayabillas se encontró el segundo terreno a 15 Km de la aldea El Jicarito donde se observó, que es una zona inundable se encontraron; cárcavas, bolones y correderos naturales, no puede operarse un relleno sanitario por poseer aguas muy superficiales y la textura del suelo es arenosa cuenta con mucha vegetación, quedo descartado.

El tercer terreno se encuentra a 16 Km de la aldea El Jicarito, cerca del cerro las mesas se está aprovechando con el cultivo de maíz, se descartó porque no debe de competir con la seguridad alimentaria. El cuarto terreno está ubicado a 14.9 Km de Jicarito es un sitio con hidrología muy superficial, área propensa a inundaciones y tiene una laguna natural aproximadamente 75 m de largo 15 m de ancho, el sitio se encuentra en estado de barbecho a 20 m de la carretera principal cubierto con vegetación. El último sitio evaluado con SIG se encontró ubicado en cerro Las Mesas a 15 Km de Jicarito, una parte es usado para cultivo de maíz, plátano y la otra se mantiene sin uso, en este terreno se evaluó la tasa de infiltración, se hicieron tres calicatas en el sitio y se describieron para conocer textura del suelo (Ver anexo 1).

#### 4.4 CRITERIOS EVALUADOS EN LOS SITIOS ESTUDIADOS

La organización Panamericana de la salud (OPS) y la Secretaria de Recursos Naturales del país (SERNA), ya tienen establecido los criterios para la selección de un sitio adecuado para la instalación de un relleno sanitario. se presentan cada uno de ellos en el siguiente (Cuadro 8).

Cuadro 8. Criterios de selección evaluados en los sitios de estudio en el municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.

Vida útil	Las Mesas 0 años	El Nance 3 años	Ferrari 12 años	Las Mesitas 2 años
Presencia abundante de rocas	Se encontró a 0.9 m de profundidad.	Se encontró a 0.80 m de profundidad.	No se encontró a 1.5 m.	No se encontró a 0.6 m de profundidad.
Vías de Acceso (características y longitud puente sobre la quebrada el gallo )	Acceso: Transitable todo el año Carretera Panamericana condiciones aceptables longitud: 9.8 k m	Acceso: Primer tramo Carretera Panamericana con una longitud: 10 Km segundo tramos Calle principal de tierra en buenas condiciones en verano y poco transitables invierno Longitud: 2 Km	Calle de tierra en condiciones aceptables Cruza puente de madera Longitud: 1.4 Km	Difficil acceso en condiciones poco aceptables a 1 Km del desvío a la Ciénaga.
Distancia a Zonas Habitables	Vivienda privada 300m	Vivienda 500 m	Vivienda: 150 m	Vivienda 100 m
	Cementerio 600 m	Aldea Los Tábaranes: 1Km	El llano: 3 Km	Aldea Ciénaga 3 Km
Dirección del Viento	Este	sur este	sureste	sureste

Tenencia de la Tierra	Ejidal	Privada	Privada	Privada
Uso Actual	Ganadería extensiva	Ganadería extensiva y cultivo	Ganadería extensiva y bosque de pino ralo	Cultivo de granos
Uso Futuro	No existen planes	No existen planes	No existen planes	No existen planes
Disponibilidad de Material de Cobertura	No	Si	Si	No
Presencia de Arcilla	En el horizonte B se encontró arcilla a 60 cm de profundidad.	A partir de los horizontes: B, se encontró arcilla a 43 cm de profundidad	En el horizonte Ap, se encontró arcilla a 15 cm de profundidad hasta 125 cm	A partir de los horizontes: A se encontró arcilla a 25 cm de profundidad hasta 120 cm
Geología (Impermeabilidad)	$4.2 \times 10^{-5}$ m/s	$2.74 \times 10^{-6}$ m/s	$4.97 \times 10^{-6}$ m/s	$1.04 \times 10^{-5}$ m/s
Topografía	< 10 %	<10 %	< 10 %	< 10 %
Distancia a cuerpos de Agua Superficiales	200 m de Quebrada más propensa por la topografía del sitio.	Se encuentran a más 300 m	Rio intermitente seco 50m.	10 m de nacimientos de aguas superficiales sin protección.
Profundidad del Nivel Freático	Más de 60 m de Profundidad	Requiere de estudio; no se encontró a 1.00-4.5m. de profundidad	Requiere de estudio. No existen datos, no se encontró a 1.43 m	Menos de 1.5 m de profundidad.
Distancia a Fallas Geológicas	> 30 Km	> 35 Km	> 31 Km	> 28 Km
Distancia a pozos Abastecedores de Agua	No existe pozo cercano	No existe pozo cercano	No existe pozo cercano	150 m pozo
Distancia a líneas eléctricas	1.3 Km de la vía principal de acceso.	Sin obstrucción del acceso	1.5 Km	1.4 Km del Desvío hacia La Ciénega.
Distancia a zonas de inundación	No hay riesgo en el sitio	No hay riesgo en el sitio	No hay riesgo en el sitio	No hay riesgo en el sitio
Distancia a Cultivos	No hay cultivo cercano	No existe riesgo contaminación	No existe riesgo contaminación	Cultivos de granos básicos

Fuente: Zamorano, 2003.

#### 4.4.1 Cumplimiento de requisitos legales

Para la selección del sitio se debe tomar en cuenta las leyes establecidas en el país para la construcción de un relleno sanitario. Los requisitos exigidos son manejados por La SERNA (Cuadro 9).

Cuadro 9. Cumplimiento de requisitos legales en 4 sitios seleccionados para ubicar el relleno sanitario en el Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.

Criterio	Las Mesas		El Nance		Ferrari		Las Mesitas	
	Cumple criterio		Cumple criterio		Cumple criterio		Cumple criterio	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
Ubicación a una distancia que garantice que las fuentes de abastecimiento de agua potable (pozos, manantiales, bocatoma) estén libres de contaminación.		X	X		X			X
Características de Impermeabilidad.	X			X	X			X
Disponibilidad de Material de cobertura	X		X		X			X
Profundidad aceptable de Nivel freático	X			X	X			X
Lejanía de zonas de Inundación	X		X		X			X
Distancia aceptable a comunidades aledañas		X		X	X			X
Fácil y rápido acceso		X	X			X	X	
Acceso al sitio libre de líneas de conducción eléctrica	X		X		X		X	
Distancia mínima de 60 m a fallas geológicas	X		X		X		X	

Fuente: Zamorano, 2003.

El sitio Las Mesas cumple: características de impermeabilidad, profundidad aceptable de nivel freático, lejanía de zonas de inundación, acceso al sitio libre de líneas de conducción eléctrica, distancia mínima de 60 m a fallas geológicas y no cumple con: ubicación a una distancia que garantice que las fuentes de abastecimiento de agua potable (pozos, manantiales, bocatoma) estén libres de contaminación, distancia aceptable a comunidades aledañas, fácil y rápido acceso.

El Nance cumple con: ubicación a una distancia que garantice que las fuentes de abastecimiento de agua potable (pozos, manantiales, bocatoma) estén libres de contaminación, disponibilidad de material de cobertura, profundidad aceptable de nivel freático, acceso al sitio libre de líneas de conducción eléctrica, fácil y rápido acceso,

distancia mínima de 60 m a fallas geológicas y no cumple con: características de impermeabilidad, profundidad aceptable de nivel freático.

Ferrari cumple con: ubicación a una distancia que garantice que las fuentes de abastecimiento de agua potable (pozos, manantiales, bocatoma) estén libres de contaminación, características de impermeabilidad, disponibilidad de material de cobertura, distancia aceptable a comunidades aledañas, acceso al sitio libre de líneas de conducción eléctrica, distancia mínima de 60 m a fallas geológicas y no cumple con el parámetro de fácil y rápido acceso.

Las Mesitas cumple con: las características fácil y rápido acceso, acceso al sitio libre de líneas de conducción eléctrica, distancia mínima de 60 m a fallas geológicas y no cumple con: ubicación a una distancia que garantice que las fuentes de abastecimiento de agua potable (pozos, manantiales, bocatoma) estén libres de contaminación, características de impermeabilidad, disponibilidad de material de cobertura, distancia aceptable a comunidades aledañas. Este terreno es el que posee la mayor cantidad de limitantes ya que, en el existen viviendas, el agua disponible es superficial, existe la presencia de cultivos y su área es relativamente pequeña.

## **4.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL RELLENO SANITARIO**

### **4.5.1 Vida Útil**

La vida útil es uno de los criterios más importante al momento de seleccionar, un sitio para la construcción de un relleno sanitario, debido a que dependiendo de la vida útil indica cuánto tiempo permanecerá el relleno y en el mejor de los casos se espera tener una vida útil mayor de 10 años para que justifique la inversión inicial.

Con los datos de proyección de la producción total de residuos del Municipio de San Antonio de Oriente, se calculo la vida útil de los sitios con y sin manejo integral de residuos sólidos, donde se obtuvo que con manejo integral de los residuos sólidos reciclables y recuperables la una vida útil de los sitios es más amplia. El volumen disponible se cálculo haciendo un estimado de la cantidad de trincheras que estarían ubicadas en cada uno de los sitios, tomando (longitud variable x profundidad de 4 m x ancho de 4 m).

El precio que se muestra de los terrenos de Las Mesitas, El Nance, y Las Mesas es un estimado brindado por la municipalidad de San Antonio Oriente, en Ferrari el precio por vara cuadrada es de L.1.5. Los pobladores de la zona venden sus terrenos a 40% más de lo normal.

Con la construcción de una planta de recuperación de materiales reciclables y producción de abono orgánico la vida útil de los sitios se incrementaría, en Ferrari un 65%, El Nance de 64%, Las Mesitas de 50% y un 0% para Las Mesas (Cuadro 10).

Cuadro 10. Vida útil estimada de los sitios para determinar la ubicación del relleno sanitario del municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.

Sitio	Volumen Disponible m <sup>3</sup>	Vida Útil sin MIRS *	Vida Útil con MIRS*	% de incremento en la vida útil
<b>Ferrari</b>	251,336	7 años	11.5 años	65
<b>El Nance</b>	108,640	2 años	5.5 años	64
<b>Las Mesas</b>	25,040	0 años	1.5 años	0
<b>Las Mesitas</b>	58,176	1.5 años	3 años	50

\* (MIRS) Manejo Integral de Residuos Sólidos

#### 4.5.2 Precio estimado de los sitios en estudio

El precio de los terrenos es un parámetro que debe de considerarse, en el momento de la selección de un sitio para ubicar un relleno sanitario, por esto se da un precio estimado de los sitios estudiados que sirva de referencia a los interesados, en el Municipio las varas cuadradas de un terreno es vendidas L.12 en El Nance, Las Mesas y Las Mesitas y L. 1.50 para Ferrari (Cuadro 11).

Cuadro 11. Precio estimado de los sitios estudiados para determinar la ubicación de un relleno sanitario en SAN ANTONIO DE ORIENTE, 2009.

Sitios	Área (m <sup>2</sup> )	Área (Vara <sup>2</sup> )	Precio por Vara <sup>2</sup> (L.)	Precio Total (L.)
<b>Ferrari</b>	152,155	215,467	1.5	323,200
<b>Las Mesitas</b>	40,910	57,933	12	695,192
<b>Las Mesas</b>	19,138	27,101	12	325,216
<b>El Nance</b>	127,435	180,461	12	2,165,528

#### 4.5.3 Valoración económica de los sitios estudiados

Para estimar la valoración económica se tomó como base la vida útil de cada uno de los sitios y el volumen disponible, con estos resultados permite conocer la inversión en terreno que resulta de la multiplicación del área por el precio de la vara cuadrada, y la inversión total es la multiplicación del volumen disponible por US\$ 10 (se toma de referencia el precio en Zamorano), que es el precio que cuesta 1 m<sup>3</sup> de metro sano de obras civiles residuos sólidos recuperables.

En la comparación económica de los terrenos se observa que Las Mesas es la más baja por tener la vida útil muy corta, lo que permite deducir que invertir allí es innecesario, mientras que Ferrari y El Nance poseen una vida útil más larga; económicamente no tienen una diferencia significativa y Las mesitas no se puede aprovechar como relleno por vida útil baja que tiene. La vida útil está estimada con manejo integral de residuos reciclables y recuperables (Cuadro 12).

Cuadro 12. Valoración económica de 4 sitios evaluados para ubicar un relleno sanitario en San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.

Sitio	Área (vara <sup>2</sup> )	Volumen disponible m <sup>3</sup>	Vida útil (años)	Inversión en terreno (\$)	Inversión de la Obra (\$)	Inversión total (\$)	Comparación económica de los terrenos (\$)
Ferrari	215,467	251,336	11.5	17,101	2,513,360	2,530,461	220,040
El Nance	180,461	108,640	5.5	114,578	1,086,400	1,200,978	218,360
Las Mesitas	57,933	25,040	1.5	36,783	250,400	287,183	191,455
Las Mesas	27,101	58,176	3.0	17,207	581,760	598,967	199,656

#### 4.6 SELECCIÓN DEL SITIO APROPIADO

Para la selección de un sitio apropiado que reúna los requisitos que exige la Secretaría de Recursos naturales (SERNA), se realizó una tabla en donde se le asignó un valor a cada criterio conforme a las características que mostró cada sitio.

La asignación de cada valor para los sitios se hizo con el Cuadro de parámetros técnicos para la selección del terreno, los parámetros usados son: excelente, bueno y regular en donde se estableció una puntuación, a cada parámetro y conforme a los datos recabados se les fijo la puntuación que correspondía a cada sitio y esto permitió seleccionar el sitio que reúne los requisitos para construir el relleno sanitario.

El sitio que obtuvo mejor evaluación, es Ferrari que cumple con un 95.8% de los requisitos legales seguido, El Nance que obtuvo un 90.3%; ambos cumplen con los criterios de disponibilidad de cobertura, distancias a pozos de abastecimientos de agua y distancia a la red de alcantarillado (Cuadro 13).

Los sitios de las Mesas y Las Mesitas no reúnen los requisitos para la construcción de un relleno sanitario, Las Mesas obtuvo un porcentaje de 83.0% y Las Mesitas obtuvo un porcentaje de 83.8%. No cumplen los criterios de distancias a cuerpos de aguas superficiales y distancias a zonas habitables por ser un riesgo a la salud de las comunidades aledañas y el impacto de la contaminación que pueden causar a las aguas superficiales estos sitios quedaron descartados. (Figura 9)



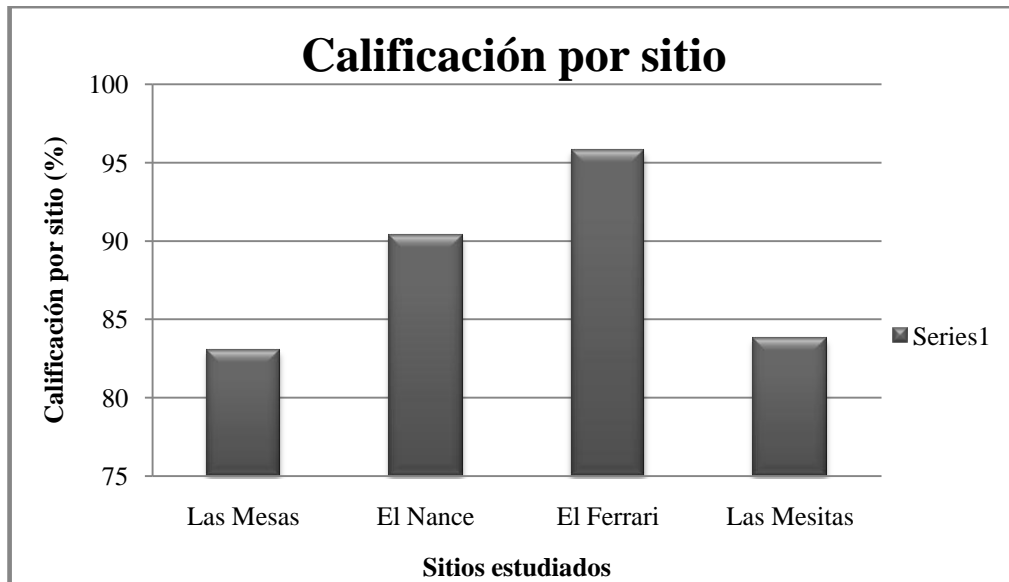


Figura 8. Calificación alcanzada para cada uno de los sitios evaluados para ubicar el relleno sanitario en el Municipio de San Antonio Oriente, FM, Honduras, 2009.

En la valoración para la selección del sitio, se muestran los resultados para cada uno de los sitios, en la calificación el puntaje máximo; es  $3.3350 = 100\%$ . Puntaje obtenido de la Sumatoria de los valores óptimos multiplicados por sí mismos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Valoración para la Selección del Sitio en el Municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.

Criterio	Valor Optimo	Las Mesas		El Nance		Ferrari		Las Mesitas	
		Valor Asignado	Puntuación	Valor Asignado	Puntuación	Valor Asignado	Puntuación	Valor Asignado	Puntuación
Vida útil	1.000	0.700	0.700	1.000	0.850	1.000	1.000	0.700	0.700
Tenencia de la Tierra	0.700	0.490	0.343	0.595	0.416	0.595	0.416	0.700	0.490
Disponibilidad de Material de Cobertura	0.700	0.700	0.490	0.700	0.490	0.700	0.490	0.700	0.490
Profundidad del Nivel Freático	0.400	0.400	0.160	0.400	0.160	0.400	0.160	0.280	0.112
Geología (Impermeabilidad)	0.400	0.340	0.136	0.340	0.136	0.340	0.136	0.340	0.136
Distancia a Zonas Habitables	0.400	0.280	0.112	0.280	0.112	0.400	0.160	0.280	0.112
Distancia a Fallas Geológicas	0.400	0.400	0.160	0.400	0.160	0.400	0.160	0.400	0.160
Distancia a pozos de Abastecimiento de Agua	0.400	0.400	0.160	0.400	0.160	0.400	0.160	0.280	0.112
Distancia a cuerpos de Agua Superficiales	0.300	0.210	0.063	0.210	0.063	0.210	0.063	0.210	0.063
Distancia a la red de agua potable	0.300	0.300	0.090	0.300	0.090	0.300	0.090	0.300	0.090
Distancia a la red de alcantarillado	0.300	0.300	0.090	0.300	0.090	0.300	0.090	0.300	0.090
Presencia de tubería de riego	0.300	0.300	0.090	0.300	0.090	0.300	0.090	0.300	0.090
Distancia a Cultivos	0.300	0.255	0.076	0.300	0.090	0.300	0.090	0.210	0.063
Acceso	0.250	0.250	0.062	0.250	0.062	0.212	0.053	0.175	0.043
Topografía	0.200	0.170	0.034	0.200	0.040	0.170	0.034	0.200	0.040
Dirección del Viento	0.050	0.042	0.002	0.042	0.002	0.042	0.002	0.042	0.002
<b>Total</b>			<b>2.761</b>		<b>3.012</b>		<b>3.194</b>		<b>2.793</b>
Calificación			<b>83.030</b>		<b>90.320</b>		<b>95.790</b>		<b>83.770</b>

Fuente: Zamorano, 2003.

## 5. CONCLUSIONES

- Ferrari es el sitio más apto para el diseño y construcción de un relleno sanitario, sin embargo, se requiere de una inversión alta en las vías de acceso. Una segunda opción es el terreno El Nance ya que posee buena ubicación, pero su mayor limitante es que cuenta con una escasa vida útil (6 años).
- Los sitios localizados con Sistemas de Información Geográfica, en su mayoría son de uso agrícola y ganadero. Debido a que son terrenos con bajas pendientes compiten con los asentamientos humanos y el alto crecimiento de la población dificulta encontrar terrenos aptos para la construcción de un relleno sanitario.
- Mesita, el terreno encontrado por medio de Sistemas de Información Geográfica, no cumple con trece de los quince parámetros, por lo que no es recomendado para el diseño y construcción del relleno sanitario del Municipio de San Antonio de Oriente.
- La separación de los residuos sólidos orgánicos y reciclables contribuye a que la vida útil de los sitios con potencial para el diseño y construcción del relleno sanitario se prolongue.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Actualizar la información sobre los sitios potenciales para el futuro relleno sanitario de San Antonio de Oriente, ya que después de haber visitado y estudiado los sitios pre seleccionados, a través de los Sistemas de Información Geográfica se encontró que en ellos hay asentamientos humanos y cultivos agrícolas.
- Evaluar la calidad de los recursos hídricos en las zonas aledañas al sitio donde se construirá el relleno sanitario previo, durante y después del cierre del relleno sanitario.
- Realizar una clasificación agroecológica del suelo del municipio para prevenir el uso inadecuado de terrenos con vocación agrícola en el diseño y construcción de rellenos sanitarios.
- Realizar un estudio topográfico y un diseño final para el terreno seleccionado y futuro relleno sanitario del municipio de San Antonio de Oriente.
- El diseño y construcción del relleno sanitario en el terreno El Nance y una planta de recuperación de materiales reciclables en el terreno Las Mesas, será un factor clave para aumentar la vida útil del relleno sanitario, ya que las actividades se realizarán de manera conjunta por la cercanía entre ambos terrenos.
- Realizar un estudio de Ordenamiento Territorial para el municipio de San Antonio de Oriente para poder contar con una herramienta de planificación que contribuya en el desarrollo de proyectos a mediano y largo plazo.

## 7. LITERATURA CITADA

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

Alcaldía del Municipio de San Antonio de Oriente (s.f). Participación comunitaria en el manejo de desechos sólidos del Jicarito, San Antonio de Oriente, Francisco Morazán, Hn., 33 p.

Avilés, A. 1998. Diagnóstico del manejo de residuos sólidos del Zamorano y propuesta de plan de manejo. Tesis Ingeniero Agrónomo, Escuela Agrícola Panamericana, Francisco Morazán, Hn., 49 p.

CEPRONA, 2003. Gestión Integral de los residuos. (En línea).Consultado 13 de octubre de 2009. Disponible en: <http://www.ceprona.org/organizacion/gestion-de-residuos.php>

Duran, D; Vilchez, R. 2009. Caracterización de Residuos Sólidos en el Municipio de San Antonio de Oriente. Tesis Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Francisco Morazán, Hn., 31p.

Zamorano, 2003. Preselección y Análisis Comparativo de Alternativas para la Ubicación del Relleno Sanitario de la EAP, Zamorano, Francisco Morazán, Hn., 46p.

Instituto Nacional de Ecología, 1999. Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos. Distrito Federal de México, Mx., 235 p.

Instituto Nacional de Ecología, 2001. Elementos para el manejo local adecuado de los residuos sólidos. Gaceta Ecológica. 47p.

INE, 2001. Censo Nacional de población y de vivienda Honduras.(en línea). Consultado 15 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://www.ine-hn.org/censo2001/indexcenso2001.html>

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.

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

Méndez, R; Cachón, E., Sauri, M 2002. Influencia del material de cubierta en la composición de los lixiviados de un relleno sanitario. Ingeniería revista académica. Vol. 6. 38p.

Mora, R; Vargas, A. 2001. Características geotécnicas e hidrogeológicas de sitios propuestos como rellenos sanitarios en Costa Rica. Revista geológica de América Central. 76 p.

Rittenhouse, G. 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.

Röben, E. 2002. Diseño, Construcción, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios Municipales. Loja, Ec., 151 p.

Rodríguez, J. 1995. Relleno sanitario manual de la Escuela Agrícola Panamericana. [Informe]. Tegucigalpa, Hn., OPS/OMS. 37 p.

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

Tchobanoglous, 1982. Desechos sólidos Principios de ingeniería y administración. Mérida, Ven., 209 p.

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

## 8. ANEXOS

Anexo 1. Descripción de perfiles de suelos (calicatas) en cuatro sitios seleccionados para la ubicación de un relleno sanitario en el municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras. 2009.

**Perfil:** # 1

**Fecha de descripción:** 17 de agosto de 2009

**Ubicación:** El Nance

**Descrita por:** Lidia Ruiz

**Forma del terreno:** Ligeramente plano, pendiente de 0-3%

**Uso de suelo:** Agrícola y ganadero

**Manejo:** Sin riego, con muy pocos cultivos y en su mayoría en estado de barbecho.

**Drenaje:** Alto

**Presencia de piedras:** De moderado a Intermedio

**Horizonte Profundidad (cm):** 48 cm, en adelante es Roca.

**Coordenadas:** X= 506538 Y: 1548649



Cuenta con 3 horizontes y el número 4 es roca. El primer horizonte comprende desde 0-8 cm, el segundo de 9 a 31 cm y el tercero de 32 a 47 cm, de 48 en adelante es roca. En el primer horizonte A posee una textura Franco Arcillo Arenoso+ (FArA), color es 10yr 2/1= Negro, Con poca presencia de raíces, solo se cuenta con presencia de raicillas en el primer horizonte y manchitas de carbón. Los bloques son sub-angulares, la resistencia a la penetración es de 1.67kg/cm<sup>2</sup>. Segundo horizonte B: Textura Franco Arcillo Arenoso-(FArA), color es 10yr 3/3= Pardo Oscuro, no existe presencia de raíces. Poros tubulares y pocos no conectados, con una resistencia a la penetración de 0.70kg/cm<sup>2</sup>. La topografía es plana y la nitidez es abrupta. Tercer horizonte C: Textura Franco Arcillo Arenoso-(FArA), color 10yr 5/4=Pardo Amarillento, cuenta con una resistencia a la penetración de 0.833 kg/cm<sup>2</sup>. El cuarto horizonte es roca(R).

**Perfil: # 2****Fecha de descripción:** 17 de agosto de 2009**Ubicación:** El Nance**Descrita por:** Lidia Ruiz**Forma del terreno:** Ligeramente plano, pendiente de 0-3%**Uso de suelo:** Agrícola y ganadero**Manejo:** Sin riego, con muy pocos cultivos y en su mayoría en estado de barbecho.**Drenaje:** Intermedio Alto**Presencia de piedras:** De moderado a Intermedio**Horizonte Profundidad (cm):** 59 cm, en adelante es roca(R)**Coordenadas:** X= 506475 Y= 1548704

Cuenta con 5 horizontes; El primero comprende desde 0-21 cm, el segundo desde 22 a 34 cm, el tercero 35-55 cm, el cuarto 56-59 cm y el quinto es roca. El primer horizonte A, cuenta con textura Franco Limoso (FL), el color es: 10yr 2/2= Pardo muy oscuro, con una estructura granular, con micro y pequeños poros escasos, tubulares, no conectados. Presencia de raíces escasas y raicillas de todos los tamaños. La resistencia a la penetración es de 1.3 kg/cm<sup>2</sup>. Segundo horizonte AB con textura Franco (F). El color es: 2.5yr 5/2= Pardo Grisáceo, presencia escasa de raíces. Poros vesiculares no conectados y pocos. Topografía plana y nitidez abrupta. El tercer horizonte B cuenta con textura Franco Arcilloso (FAr), el color es 2.5yr 6/3= Pardo Amarillento Claro, con una resistencia a la penetración de 3.3 kg/cm<sup>2</sup>. No presencia de raíces. Cuarto horizonte C: Textura Arcilloso + (Ar), el color 2.5yr 7/6= Amarillo, con una resistencia a la penetración de 1.73 kg/cm<sup>2</sup>. El quinto horizonte es roca(R).

**Perfil: # 3****Fecha de descripción:** 17 de agosto de 2009**Ubicación:** El Nance**Descrita por:** Lidia Ruiz**Forma del terreno:** Ligeramente plano, pendiente de 0-3%**Uso de suelo:** Agrícola y ganadero**Manejo:** Sin riego, con muy pocos cultivos y en su mayoría en estado de barbecho.**Drenaje:** Alto**Presencia de piedras:** Intermedio**Horizonte Profundidad (cm):** 90 cm, en adelante es desconocido**Coordenadas:** X= 506313 Y= 1548818



Cuenta con 4 horizontes: El primero comprende desde 0-7 cm, el segundo de 8-17cm, el tercero de 18-43 cm, el cuarto 44-90x. El primer horizonte A cuenta con textura Arcillo Arenoso- (ArA), el color es 10yr 3/3 = Pardo Oscuro, con una estructura de bloques sub-angulares, con poros pequeños y medianos, tubulares no conectados. Escasa presencia de raíces, con una resistencia a la penetración  $> 4.5 \text{ kg/cm}^2$ . Segundo horizonte E esta compactado y cuenta con una textura Arcilloso (Ar) el color es 5yr 4/4= Pardo Rojizo. Tercer horizonte B: es de textura Arcilloso (Ar), el color es 5yr 5/6= Pardo Intenso, No presencia de raíces, con un 20% de roca en descomposición en todos los horizontes. La resistencia a la penetración es  $3.0 \text{ kg/cm}^2$ . Cuarto horizonte C: Textura Arcilloso (Ar), el color es 7.5yr 4/6= Pardo Intenso, con una resistencia a la penetración de  $3.2 \text{ kg/cm}^2$ .

**Perfil: # 4**

**Fecha de descripción:** 18 de Agosto de 2009

**Ubicación:** Las Mesas

**Descrita por:** Lidia Ruiz

**Forma del terreno:** Ligeramente plano: 5-7%

**Uso de suelo:** Forestal y Ganadero

**Manejo:** Alta presencia de cabezas de ganado

**Drenaje:** Intermedio bajo

**Presencia de piedras:** Intermedio Alto

**Horizonte Profundidad (cm):** 104 cm, en adelante es desconocido

**Coordenadas:** X= 504270 Y= 1550538



Cuenta con 4 horizontes. El primer horizonte comprende desde 1-12cm, el segundo de 13-50cm, el tercero de 51-71 cm, el cuarto de 72-103cm y de 104x. El primer horizonte A cuenta con textura Franco Arenoso (FA), el color es 10yr2/2= Pardo muy Oscuro, con estructura de bloques sub-angulares, con raíces medianas y finas abundantes en este horizonte, poros pequeños tubulares no conectados. La resistencia a la penetración es de  $3.43 \text{ kg/cm}^2$ . Segundo horizonte Ab: cuenta con textura Franco Arenoso (FA), el color es 10yr4/3= Pardo Amarillento Oscuro, con estructura de bloques sub-angulares, con presencia de raíces gruesas con resistencia a la penetración de  $1.96 \text{ kg/cm}^2$ . Tercer horizonte B: con textura Arcillo Arenoso-(ArA-) el color es 10yr4/4= Pardo Amarillento Oscuro, con presencia de un 80% de roca en descomposición, sin presencia de raíces y con resistencia a la penetración de  $3.43 \text{ kg/cm}^2$ . Cuarto horizonte C: cuenta con una textura Franco Arcillo Arenoso (FArA) el color es 10yr4/3= Pardo. Con raíces escasas, con poros tubulares pequeños y resistencia a la penetración de  $3.30 \text{ kg/cm}^2$ .

**Perfil: # 5**

**Fecha de descripción:** 18 de Agosto de 2009

**Ubicación:** Las Mesas

**Descrita por:** Lidia Ruiz

**Forma del terreno:** Ligeramente plano: 5-7%

**Uso de suelo:** Forestal y Ganadero

**Manejo:** Alta presencia de cabezas de ganado

**Drenaje:** Intermedio

**Presencia de piedras:** Alto



**Horizonte Profundidad (cm):** 138 cm, en adelante es desconocido.

**Coordenadas:** X= 504228 Y= 1550525

Cuenta con 4 horizontes. El primer horizonte comprende de 1-15 cm, el segundo 16-42 cm, el tercero de 43-82cm y el cuarto 83-138x.El primer horizonte A: cuenta con textura Franco Arcilloso- el color es 10yr2/2= Pardo muy Oscuro, con presencia de raíces de todos los tamaños y abundantes., con estructura de bloques sub-angulares y micro-poros escasos y con resistencia a la penetración de 2.06 kg/cm<sup>2</sup>. El segundo horizonte Ad: con textura Arcillo Arenoso-(ArA-) el color es 10yr4/2 Pardo Grisáceo Oscuro, presencia de raíces en descomposición y con resistencia a la penetración de 2.76 kg/cm<sup>2</sup>. Tercer horizonte Ap con textura Arcillo Arenosa+, el color es 10yr5/2 Pardo Grisáceo, con un 40% de roca en descomposición, con una estructura de bloques sub-angulares y con resistencia a la penetración de 3.8 kg/cm<sup>2</sup>, sin presencia de raíces. Cuarto horizonte B cuenta con textura Franco Arcillo Arenoso+ (FArA+), el color 10yr4/3 Pardo, sin presencia de raíces, y con poros y micro-poros escasos, cuenta con resistencia a la penetración de 3.5 kg/cm<sup>2</sup>.

**Perfil:** # 6

**Fecha de descripción:** 18 de Agosto de 2009

**Ubicación:** Las Mesas

**Descrita por:** Lidia Ruiz

**Forma del terreno:** Ligeramente plano: 5-7%

**Uso de suelo:** Forestal y Ganadero

**Manejo:** Alta presencia de cabezas de ganado

**Drenaje:** Intermedio bajo

**Presencia de piedras:** Intermedio Alto

**Horizonte Profundidad (cm):** Tiene 68 cm, de 69 en adelante es roca(R)

**Coordenadas:** X= 504293 Y= 1550487



Cuenta con tres horizontes y el cuarto es R=roca. Primer horizonte 1-23 cm, el segundo horizonte de 24-65cm y el tercer horizonte 66-68, de 69 en adelante roca. Primer horizonte A: cuenta con textura Franco Arcilloso (FAr), color 10yr3/2 Pardo Grisáceo muy Oscuro, con presencia de raíces de todos los tamaños, poros finos, tubulares no conectados. Con estructura de bloques sub-angulares y resistencia a la penetración de 4.27 kg/cm<sup>2</sup>. Segundo horizonte B con textura Arcillo Arenoso+ (ArA+) el color 10yr4/2 Pardo Grisáceo Oscuro, con presencia de raíces escasas finas. Tercer horizonte B/C con textura Arcillo Arenoso+ (ArA+) el color 10yr5/5 Pardo, sin presencia de raíces, resistencia a la penetración >4.5 kg/cm<sup>2</sup>

**Perfil:** # 7

**Fecha de descripción:** 19 de Agosto de 2009

**Ubicación:** Ferrari

**Descrita por:** Keila Pavón

**Forma del terreno:** Ligeramente Plano 5-7%

**Uso de suelo:** Forestal y Ganadero

**Manejo:** Presencia de ganadería extensiva



**Drenaje:** Bajo

**Presencia de piedras:** Alta

**Horizonte Profundidad (cm):** Hasta los 130 cm, en adelante es roca (R)

**Coordenadas:** X= 501817 Y= 1552825

Cuenta con tres horizontes y después de los 130 cm el horizonte es R=roca. El primer horizonte comprende de 1-47 cm, el segundo horizonte comprende de 48-68 cm y el tercero de 69-129 cm Primer horizonte A: cuenta con textura Arcillo Arenoso- (ArA-), color 10yr3/2= Pardo Grisáceo muy Oscuro, con presencia de pocas raíces y micro-poros escasos, con estructura de bloques sub-angulares. La resistencia a la penetración es de 3.3 kg/cm<sup>2</sup>. Segundo horizonte Ap: con textura Franco Arenoso- (FA-), el color 2.5y5/3 Pardo Mediano Claro poca presencia de raíces y poros pequeños tubulares no conectados. Presencia de manchas de oxido en un 50%, rocas en descomposición en un 30% en este horizonte. Tercer horizonte B: cuenta con textura Franco Arcilloso+ (FAr+) el color es 2.5y 5/4 Pardo Mediano Claro, con presencia de raicillas escasas, con bloques sub-angulares, con micro-poros escasos y con resistencia a la penetración de >4.5 kg/cm<sup>2</sup>.

**Perfil:** # 8

**Fecha de descripción:** 18 de Agosto de 2009

**Ubicación:** Ferrari

**Descrita por:** Keila Pavón

**Forma del terreno:** Ligeramente plano: 5-7%

**Uso de suelo:** Forestal y Ganadero

**Manejo:** Presencia de ganadería extensiva

**Drenaje:** Bajo

**Presencia de piedras:** Alta

**Horizonte Profundidad (cm):** 151 cm, en adelante es roca (R).

**Coordenadas:** X= 501728 Y=1552866



Cuenta con tres horizontes y después de los 151 cm el horizontes es R=roca. El primer horizonte comprende desde 1-60 cm, el segundo horizonte de 61- 89 cm y el tercer horizonte se 90-150 cm. Primer horizonte A: cuenta con textura Arenoso- (A-) el color 10yr4/3 Pardo. Presencia de raíces de todos los tamaños escasas, estructura de bloques sub-angulares, con un 30% de rocas en descomposición, con poros tubulares escasos no conectados, con resistencia a la penetración >4.5kg/cm<sup>2</sup>. Segundo horizonte A/B: con textura Arcillosa+ (Ar+) el color 5yr4/4 Pardo Rojizo. Presencia de raíces escasas de todos los tamaños, estructura de bloques sub-angulares, con micro-poros tubulares no conectadas y resistencia a la penetración > 4.5 kg/cm<sup>2</sup>. Con presencia de óxidos laminares. Tercer horizonte B: con textura Franco Arcillo Arenoso (FArA) el color 7.5yr4/6 Pardo Intenso, presencia de raíces, con bloques sub-angulares, poros tubulares escasos finos y no conectados. Resistencia a la penetración 4.2kg/cm<sup>2</sup>. Presencia de pequeños bloques laminares de carbono.

**Perfil: # 9****Fecha de descripción:** 18 de Agosto de 2009**Ubicación:** Ferrari**Descrita por:** Keila Pavón**Forma del terreno:** Ligeramente plano: 5-7%**Uso de suelo:** Forestal y Ganadero**Manejo:** Presencia de ganadería extensiva**Drenaje:** Intermedio**Presencia de piedras:** Alta**Horizonte Profundidad (cm):** 122 cm, en adelante es roca (R).**Coordenadas:** X= 501417      Y= 1552775

Cuenta con tres horizontes, a partir de 122 cm el horizonte es R=roca. Primer horizonte comprende de 1-33cm, segundo horizonte de 34-42cm y tercer horizonte de 43-121cm Primer horizonte A: cuenta con textura Arcillo Arenoso+ (ArA+) el color 10yr 4/3 Pardo, presencia de raíces grandes, medianas y pequeñas pero escasas. Presencia de bloques laminares de carbón, la estructura con la que cuenta son bloques sub-angulares, poros medianos tubulares no conectados. Segundo horizonte B: con textura Arcillo Arenosa + (ArA+) el color 10yr5/4 Pardo Amarillento, con presencia de raicillas abundantes, raíces grandes escasas, bloques sub-angulares, poros vesiculares, medianos no conectados, con resistencia a la penetración de 4 kg/cm<sup>2</sup>. Tercer horizonte C: con textura Arenoso (A) el color 10yr5/4 Pardo Amarillento, con estructura de bloques sub-angulares, poros vesiculares, con presencia de raíces finas escasas, con resistencia a la penetración de 3.8kg/cm<sup>2</sup>. Presencia de pequeñas manchas de óxido en este horizonte.

**Perfil: # 10****Fecha de descripción:** Septiembre de 2009**Ubicación:** Las Mesitas**Descrita por:** Keila Pavón**Forma del terreno:** Ligeramente plano: 5-7%**Uso de suelo:** Agricultura de subsistencia y ganadería**Manejo:** Presencia de cultivos como maíz y huerta**Drenaje:** Baja**Presencia de piedras:** Baja**Horizonte Profundidad (cm):** 54 cm, en adelante es desconocido**Coordenadas:** X= 496593      Y= 1554532

Cuenta con dos horizontes a partir de los 54 cm, se vuelve difícil profundizar, debido a que las arcillas por ser tan pesadas imposibilitan la excavación. Primer horizonte de 1-23 cm, Segundo horizonte de 24-54x cm El primer horizonte A: cuenta con textura Franco Arcilloso+ (FAr+) el color es 10yr 2/1 Negro. Presencia de raíces y raicillas pequeñas y medianas, la estructura presente es de bloques sub-angulares, poros tubulares no conectados, con resistencia a la penetración de 2.53kg/cm<sup>2</sup>. Segundo horizonte C: cuenta con textura Franco Arcilloso+ (FAr+) el color 10yr3/2 Pardo Grisáceo muy Oscuro.



Presencia escasa de raíces, poros tubulares conectados, manchas de óxido en un 40% del perfil. La resistencia a la penetración es de 0.9 kg/cm<sup>2</sup>.

**Perfil # 11**

**Fecha de descripción:** Septiembre de 2009

**Ubicación:** Las Mesitas

**Descrita por:** Keila Pavón

**Forma del terreno:** Ligeramente plano: 5-7%

**Uso de suelo:** Agricultura de subsistencia y ganadería

**Manejo:** Presencia de cultivos como maíz y huerta

**Drenaje:** Baja

**Presencia de piedras:** Baja

**Horizonte Profundidad (cm):** 116 cm, en adelante es desconocido.

**Coordenadas:** X= 496672

Y= 1554524



Cuenta con tres horizontes, el primer horizonte de 1-35 cm, segundo horizonte 36-70cm; tercer horizonte de 70-116x. Primer horizonte A cuenta con textura Franco (F) el color 10yr3/3 Pardo Oscuro, presencia de raíces medianas y pequeñas, estructuras de bloques sub-angulares con poros vesiculares no conectados, con resistencia a la penetración de 4.2 kg/cm<sup>2</sup>. Segundo horizonte Ap: la textura que posee es Arcilloso+ (Ar+) el color es 10y r 4/6 Pardo Amarillento Oscuro, bloques angulares, raíces pequeñas y raicillas, poros vesiculares conectados, con una resistencia a la penetración de 1kg/cm<sup>2</sup>. Tercer horizonte Bto: cuenta con una textura Arcillosa+ (Ar+) el color 10yr 5/4 Pardo Amarillento, existe presencia de sesquióxidos, la presencia de raicillas es escasa, los poros son tubulares no conectados. La resistencia a la penetración es de 2 kg/cm<sup>2</sup>.

**Perfil: # 12**

**Fecha de descripción:** Septiembre de 2009

**Ubicación:** Las Mesitas

**Descrita por:** Keila Pavón

**Forma del terreno:** Ligeramente plano: 5-7%

**Uso de suelo:** Agricultura de subsistencia y ganadería

**Manejo:** Presencia de cultivos como maíz y huerta

**Drenaje:** Baja

**Presencia de piedras:** Baja

**Horizonte Profundidad (cm):** 114 cm, en adelante desconocido.

**Coordenadas:** X= 496715

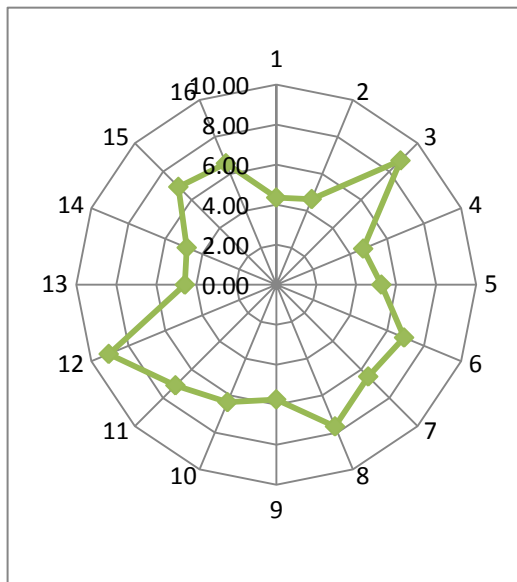
Y= 1554591



Cuenta con tres horizontes, el primer horizonte de 1-30cm, el segundo horizonte 31-84 cm, tercer horizonte de 85-114x. Primer horizonte Ab: cuenta con textura Franco (F) el color es 10yr 2/2 Pardo muy Oscuro, con bloques sub-angulares, raíces de todos los tamaños y poros tubulares no conectados, posee resistencia a la penetración de 1.43kg/cm<sup>2</sup>. Segundo horizonte E: La textura que presenta es Arcillo Arenoso (ArA) el color es 5yr 4/6 Rojo Amarillento, las raíces y raicillas son ausentes en este horizonte, posee bloques sub-angulares y es friable. La resistencia a la penetración es de 1.23

kg/cm<sup>2</sup>. Tercer horizonte B: Cuenta con una textura Arcillo Arenoso (ArA) el color 7.5yr5/4 Pardo, bloques sub-angulares, ausencia de raíces, poros tubulares conectados, la resistencia a la penetración es de: 2.23 kg/cm<sup>2</sup>.

Anexo 2. Dirección del viento en el municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009



1	norte noreste	4.36
2	Noreste	4.63
3	este noreste	8.78
4	Este	4.70
5	este sudeste	5.26
6	Sudeste	6.92
7	sur sudeste	6.50
8	Sur	7.68
9	sur sudoeste	5.74
10	Sudoeste	6.36
11	oeste sudeste	7.12
12	este	9.06
13	oeste noroeste	4.56
14	Noroeste	4.84
15	norte noroeste	6.92
16	Norte	6.57
		<b>100.00</b>

Figura 9. Dirección predominante del viento en el municipio de San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.

La dirección más predominante del viento es Oeste con 9.06%, seguida por Este Noreste con 8.78% y en tercer lugar la dirección Sur con 7.68%, los demás porcentajes quedan distribuidos en las trece direcciones restantes para completar un 100%.

Anexo 3. Datos de infiltración tomada en los cuatro sitios en estudio para ubicar un relleno sanitario en San Antonio de Oriente, FM, Honduras, 2009.

Los datos se encuentran cm por segundo en los sitios de El Nance, Ferrari y Las Mesas se tomaron 3 datos de infiltración, los datos se tomaron dividiendo el tiempo entre la infiltración y una vez calculados los datos, los resultados se convirtieron a cm se realizó un promedio para obtener un dato de la permeabilidad de los suelos estimado, se hizo lo mismo Las Mesitas con la diferencia que solo se tomo un dato.

**El Nance**

<b>El Nance</b>	<b>coordenadas<sup>1</sup></b>	<b>X= 506306</b>	<b>Y= 1548865</b>	<b>19 de agosto de 2009</b>
<b>N° de medición</b>	<b>Tiempo (intervalo en min)</b>	<b>Cambio en nivel de agua mm</b>	<b>mm/min</b>	<b>cm/s</b>
1	10	0.5	0.05	8.33E-06
2	20	0.4	0.04	6.67E-06
3	30	0.9	0.09	1.50E-05
4	40	0.5	0.05	8.33E-06
5	50	1	0.1	1.67E-05
6	60	0.66	0.066	1.10E-05
Promedio				1.10E-05

<b>El Nance</b>	<b>coordenadas</b>	<b>X= 506508</b>	<b>Y= 1548648</b>	<b>17 de agosto de 2009</b>
<b>N° de medición</b>	<b>Tiempo (intervalo en min)</b>	<b>Cambio en nivel de agua mm</b>	<b>mm/min</b>	<b>cm/s</b>
1	5	1.5	0.3	5.00E-06
2	10	2	0.4	6.67E-06
3	15	0.9	0.18	3.00E-06
4	20	1.8	0.36	6.00E-06
5	25	0.8	0.16	2.67E-06
6	30	1.3	0.26	4.33E-06
7	35	1	0.2	3.33E-06
8	40	1.5	0.3	5.00E-06
9	45	0.8	0.16	2.67E-06
10	50	1.3	0.26	4.33E-06
11	55	0.8	0.16	2.67E-06
12	60	1.3	0.26	4.33E-06
Promedio				4.17E-06

<sup>1</sup> Datum y elipsoide WGS 1984 ó datum NAD 1927, elipsoide Clarke, 1866

El Nance	Coordenadas <sup>2</sup>	X= 506475	Y= 1548705	20 de agosto de 2009
N° de medición	Tiempo (intervalo en min)	Cambio en nivel de agua mm	mm/min	cm/s
1	5	3	0.6	1.00E-04
2	10	3	0.6	1.00E-04
3	15	2	0.4	6.67E-05
4	20	3	0.6	1.00E-04
5	25	4	0.8	1.33E-04
6	30	3	0.6	1.00E-04
7	35	4	0.8	1.33E-04
8	40	2	0.4	6.67E-05
9	45	3	0.6	1.00E-04
10	50	3	0.6	1.00E-04
11	55	2	0.4	6.67E-05
12	60	2	0.4	6.67E-05
Promedio				9.44E-05

### Las Mesas

Coordenadas	X=504303	Y= 1550481	18 de agosto de 2009
Tiempo (intervalo en min)	Cambio en nivel de agua mm	mm/min	cm/s
5	0.8	0.16	2.7E-05
10	1	0.20	3.3E-05
15	1	0.20	3.3E-05
20	0.8	0.16	2.7E-05
25	0.8	0.16	2.7E-05
30	0.6	0.12	2.0E-05
35	0.6	0.12	2.0E-05
40	0.5	0.10	1.7E-05
45	0.5	0.10	1.7E-05
50	0.4	0.08	1.3E-05
55	0.1	0.02	3.3E-06
Promedio			2.2E-05



Coordenada <sup>3</sup> s	X=504262	Y= 1550541	21 de agosto de 2009
Tiempo (intervalo en min)	Cambio en nivel de agua mm	mm/min	cm/s
5	0.8	0.16	2.7E-05
10	1.1	0.22	3.7E-05
15	0.9	0.18	3.0E-05
20	0.5	0.10	1.7E-05
25	0.5	0.10	1.7E-05
30	0.4	0.08	1.3E-05
35	0.3	0.06	1.0E-05
40	0.5	0.10	1.7E-05
45	0.3	0.06	1.0E-05
50	0.3	0.06	1.0E-05
	Promedio		1.9E-05

Coordenadas	X= 504226	Y= 1550525	21 de agosto de 2009
Tiempo (intervalo en min)	Cambio en nivel de agua mm	mm/min	cm/s
5	4	0.80	1.3E-04
10	3.7	0.74	1.2E-04
15	3	0.60	1.0E-04
20	2.2	0.44	7.3E-05
25	2.3	0.46	7.7E-05
30	2.2	0.44	7.3E-05
35	2.3	0.46	7.7E-05
40	2.2	0.44	7.3E-05
45	2.2	0.44	7.3E-05
50	2.2	0.44	7.3E-05
	Promedio		8.8E-05

<sup>3</sup> Datúm y elipsoide WGS 1984 ó datúm NAD 1927, elipsoide Clarke, 1866

**Ferrari**

<b>coordenadas<sup>4</sup></b>	<b>X= 501413</b>	<b>Y= 1552778</b>	<b>18 de agosto de 2009</b>
<b>Tiempo (intervalo en min)</b>	<b>Cambio en nivel de agua mm</b>	<b>mm/min</b>	<b>cm/s</b>
5	1	0.20	3.33E-05
10	1	0.20	3.33E-05
15	1	0.20	3.33E-05
20	0.8	0.16	2.67E-05
			3.17E-05
	Promedio		

<b>Coordenadas</b>	<b>X=501721</b>	<b>Y=1552863</b>	<b>19 de agosto de 2009</b>
<b>Tiempo (intervalo en min)</b>	<b>Cambio en nivel de agua mm</b>	<b>mm/min</b>	<b>cm/s</b>
5	3.2	0.64	1.07E-04
10	3.4	0.68	1.13E-04
15	3.4	0.68	1.13E-04
20	2.3	0.46	7.67E-05
25	2.4	0.48	8.00E-05
30	1.9	0.38	6.33E-05
	Promedio		9.22E-05

<b>Coordenadas</b>	<b>X= 501817</b>	<b>Y=1552826</b>	<b>19 de agosto de 2009</b>
<b>Tiempo (intervalo en min)</b>	<b>Cambio en nivel de infiltración mm</b>	<b>mm/min</b>	<b>cm/s</b>
5	1.8	0.36	6.00E-05
10	0.5	0.10	1.67E-05
15	0.6	0.12	2.00E-05
20	0.5	0.10	1.67E-05
25	0.8	0.16	2.67E-05
30	0.5	0.10	1.67E-05
35	0.6	0.12	2.00E-05
	Promedio		2.52E-05

<sup>4</sup> Datum y elipsoide WGS 1984 ó datum NAD 1927, elipsoide Clarke, 1866

**Las Mesitas**

coordenada <sup>5</sup> s	X= 496590	Y=1554531	17 de septiembre de 2009
Tiempo (intervalo en min)	Cambio en nivel de agua mm	Infiltración por min	Infiltración por hora
5	13	2.60	4.33E-04
10	1.6	0.32	5.33E-05
15	1.0	0.20	3.33E-05
20	1.1	0.22	3.67E-05
25	1.0	0.20	3.33E-05
30	1.0	0.20	3.33E-05
Promedio			1.04-04

---

<sup>5</sup> Datum y elipsoide WGS 1984 ó datum NAD 1927, elipsoide Clarke, 1866