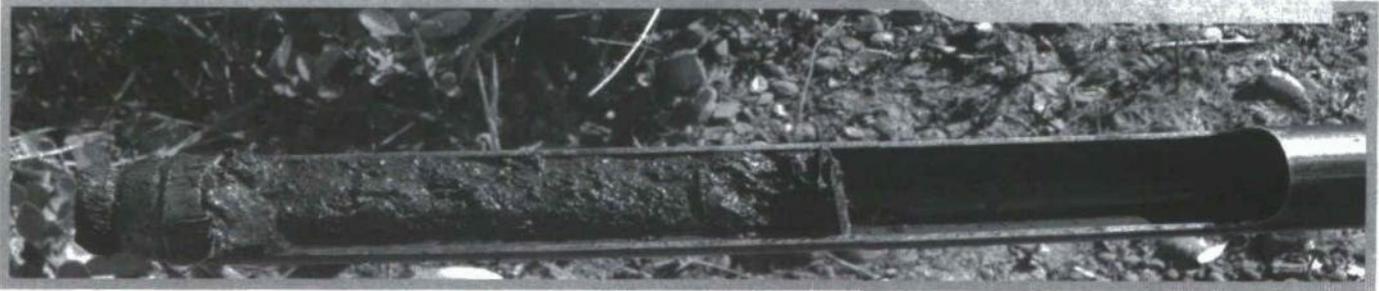


# Caracterización física y ambiental de los suelos de mangle en la ciudad de Cartagena

Fecha de Recepción: Octubre de 2009  
Fecha de Aprobación: Mayo de 2010

CLAUDIA DÍAZ MENDOZA  
Ingeni Civil  
Esp Ing. Sanitaria y Ambiental  
Grupo de Investigaciones  
Ambientales GIA,  
línea de investigación en Suelo  
Fundación Universitaria  
Tecnológico Comfenalco



**RESUMEN:** La ciudad de Cartagena, está localizada en la Latitud Norte  $10^{\circ} 26'$  y Latitud Oeste en  $75^{\circ} 33'$ , por ser una ciudad costera, presenta características propias en cuanto a la formación de sus suelos, clima, regímenes hidrológicos entre otras variables. Esta condición también se pone de manifiesto en la presencia de ecosistemas propios tales como los bosques de manglar, que son comunes en la zona y que constituyen el hábitat natural de muchas especies marinas y aves tanto nativas como migratorias. Además de lo anterior, los Bosques de Manglar constituyen una barrera natural contra la erosión costera derivada del oleaje y las mareas.

Actualmente, en Cartagena se lleva a cabo un proceso de expansión urbana dentro del cual se ha contemplado la construcción de numerosas obras civiles, entre las que se destacan la construcción de vías, las cuales aportan desarrollo a la ciudad, pero van de la mano del proceso de deforestación, relleno y construcción de taludes en las zonas de manglar y a orillas de los cuerpos internos de Agua de la ciudad. Ante este panorama, se plantea la presente investigación, la cual tuvo como objetivo determinar las características físicas propias de los suelos que sirven de soporte a estos ecosistemas de Manglar, y definir que características de esos suelos se pueden alterar por la intervención antrópica.

**PALABRAS CLAVE:** Estratigrafía, Granulometría, Humedad natural, Mangles, Materia Orgánica.

**ABSTRACT:** The city of Cartagena is located at  $10^{\circ} 26' N$ ,  $75^{\circ} 33' W$ . Due to the fact it is a coastal city, it has its own characteristics in terms of formation of soils, climate, hydrological regimes, among other variables; This condition is also evident in the presence of its own ecosystems, such as, mangrove forests, which are common in the area and are the natural habitat of many marine species and native and migratory birds. Apart from the above, mangrove forests are a natural barrier against coastal erosion resulting from wave and tidal.

Cartagena is currently undertaking a process of urban expansion within which the foundation of numerous civil works has been considered, among which there are the construction of roads, that provide development to the city, but get together with the deforestation process, filling and building of embankments in mangrove areas and in the edges of the inner bodies of water in the city of Cartagena. Having this scenario, the present research is proposed with the goals of determining the particular physical characteristics of the soils that support these mangrove ecosystems, and identifying which characteristics of these soils could be altered by anthropical disturbance.

**KEYWORDS:** Stratigraphy, grain size measurement, natural humidity, mangrove forest, organic matter.

## INTRODUCCIÓN

En Cartagena, con el paso del tiempo y el crecimiento urbano, se ha observado que el área ocupada por los bosques de manglar ha sido reducida. Este fenómeno se evidencia en infraestructuras de vías construidas, tales como la vía Perimetral, la vía alterna del Cabrero, la ampliación de la Avenida del Lago, obras civiles tales como la construcción del Complejo de Raquetas, los rellenos realizados a orillas del Caño Juan Angola para la construcción de edificaciones, entre otros. Todos estos proyectos han generado un cambio en el uso del suelo, pues ha sido necesaria la remoción de suelo, el corte y retiro de material, así como rellenos con material de préstamo ó de canteras cercanas. Ambientalmente se han generado cambios, que tal vez no han sido percibidos de manera inmediata, pero que se reflejan en las alteraciones los microclimas de las zonas donde se ha deforestado el manglar, además el aumento del fenómeno de erosión de líneas de costas y la migración de especies de aves, entre muchos fenómenos.

Las especies más comunes de Mangle, que encontramos hoy día, en las Cinco Zonas de Estudio definidas en Cartagena, para el presente estudio son:

- El Mangle rojo (*Rhizophora mangle*), así denominado por la abundante tintura de su corteza, y fácilmente reconocible gracias a sus raíces que parecen enormes arañas, lo que ha hecho que al manglar se le conozca localmente como el raicero.
- El Mangle Zaragoza ó Mangle botón (*Conocarpus erectus*), generalmente no se considera un verdadero mangle, si no una especie perimetral, se encuentra en las partes más elevadas y sobre terrenos arenosos y menos salados.
- El Mangle Blanco- Mangle Amarillo (*Laguncularia racemosa*), su tronco tiene una corteza fisurada, característica que lo distingue del mangle negro, que tiene una corteza enteriza.

Las anteriores especies sobreviven a pesar de las condiciones de abandono y vulnerabilidad puestas por la acción del hombre, tal y como se pudo observar en las zonas donde se realizó el estudio, en las cuales el denominador común fue la gran cantidad de residuos sólidos depositados sin ningún control sobre los suelos y a las orillas de los cuerpos de agua, lo cual afecta las condiciones naturales del recurso suelo y agua (Figura 1).



**Figura 1. Contaminación generada por Residuos Sólidos Urbanos**

## METODOLOGÍA

En el estudio se planteó la caracterización física del suelo de cinco zonas con presencia de bosques de manglar natural, tomando como referencia el estudio realizado por la EPA. La localización de las zonas en estudio se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Localización de los Apiques

| ESTACION   | APIQUE | COORDENADA N  | COORDENADA W  |
|------------|--------|---------------|---------------|
| Zona Norte | AP-1   | 10° 27' 41,0" | 75° 30' 38,0" |
|            | AP-2   | 10° 27' 42,3" | 75° 30' 37,1" |
|            | AP-3   | 10° 27' 42,8" | 75° 30' 36,3" |
| Crespo     | AP-1   | 10° 26' 44,5" | 75° 31' 19,4" |
|            | AP-2   | 10° 26' 44,3" | 75° 31' 21,5" |
|            | AP-3   | 10° 26' 44,3" | 75° 31' 22,6" |
| Marbella   | AP-1   | 10° 26' 35,3" | 75° 31' 49,9" |
|            | AP-2   | 10° 26' 35,0" | 75° 31' 50,1" |
|            | AP-3   | 10° 26' 34,5" | 75° 31' 50,0" |
| Chambacú   | AP-1   | 10° 25' 50,2" | 75° 32' 54,2" |
|            | AP-2   | 10° 25' 52,7" | 75° 32' 54,1" |
|            | AP-3   | 10° 25' 53,8" | 75° 32' 53,0" |
| Manga      | AP-1   | 10° 25' 0,9"  | 75° 32' 7,2"  |
|            | AP-2   | 10° 25' 1,2"  | 75° 32' 7,4"  |
|            | AP-3   | 10° 25' 0,4"  | 75° 32' 4,8"  |

Elaboración: Propia

Posteriormente, se realizó, en cada una de las zonas estudiadas tres apiques de 1.0 m de profundidad, limitados dentro de una zona de 4 m x 20 m. El método de perforación usado fue manual (barreno y paladraga), haciendo recuperación de muestras a 0.5 m y a 1.0 m de profundidad, lo anterior para determinar las características físicas de los sustratos de soporte de el sistema radicular del manglar.

A las muestras recuperadas se les realizaron ensayos de granulometría, límites de Atterberg, humedad

natural, peso unitario y contenido de material orgánico; con el fin de establecer las características propias y la estratigrafía de las zonas en estudio.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los resultados de laboratorio se realizó la clasificación de suelos obteniendo una estratigrafía uniforme en cuanto a conformación y resistencia, la Tabla 2 presenta las condiciones estratigráficas encontradas.

**Tabla 2. Clasificación de suelos USC**

| ESTACION   | APIQUE | MUESTRA | CLASIFICACION USC | DESCRIPCION  |
|------------|--------|---------|-------------------|--|
| Zona Norte | AP-1   | M-1     | SM                | Arena limosa parda mezclada con caracuchas y rastros de material orgánico                    |
|            |        | M-2     | SM                | Arena limosa gris mezclada con caracuchas y rastros orgánicos                                |
|            | AP-2   | M-1     | SC                | Arena Arcillosa parda mezclada con caracuchas y rastros de material orgánico                 |
|            |        | M-2     | SM                | Arena limosa gris clara mezclada con caracuchas  |
|            | AP-3   | M-1     | SC                | Arena Arcillosa parda con vetas grises, caracuchas y rastros de material orgánico            |
|            |        | M-2     | SC                | Arena arcillosa gris mezclada con caracuchas.  |
| Crespo     | AP-1   | M-1     | SM                | Arena limosa gris, mezclada con caracuchas menudas, caracolejo y material orgánico           |
|            |        | M-2     | SM                | Arena limosa gris mezclada con caracuchas menudas  |
|            | AP-2   | M-1     | SM                | Arena limosa gris, mezclada con gravas y rastros de material orgánico                        |
|            |        | M-2     | SM                | Arena limosa gris, mezclada con caracolejo y caracuchas menudas.                             |
|            | AP-3   | M-1     | SM                | Arena limosa gris mezclada con caracolejo, caracuchas menudas y rastros de material orgánico |
|            |        | M-2     | SM                | Arena limosa gris mezclada con caracolejo, caracuchas menudas y rastros de material orgánico |
| Marbella   | AP-1   | M-1     | SM                | Arena limosa gris, mezclada con gravas, caracuchas menudas y rastros orgánicos               |
|            |        | M-2     | SM                | Arena limosa gris, mezclada con caracolejo, caracuchas menudas y rastros orgánicos           |
|            | AP-2   | M-1     | SM                | Arena limosa gris, mezclada con caracolejo, caracuchas menudas y rastros orgánicos           |
|            |        | M-2     | SM                | Arena limosa gris mezclada con caracuchas menudas y gravas                                   |
|            | AP-3   | M-1     | SM                | Arena limosa gris, mezclada con caracolejo, caracuchas menudas y rastros orgánicos           |
|            |        | M-2     | SM                | Arena limosa gris mezclada con caracuchas menudas y gravas                                   |
| Chambacú   | AP-1   | M-1     | SM                | Arena limosa parda clara, mezclada con chinas, gravas y rastros orgánicos                    |
|            |        | M-2     | SM                | Arena limosa parda mezclada con piedras y material orgánico                                  |
|            | AP-2   | M-1     | SM                | Arena limosa parda clara, mezclada con escomeros y rastros orgánicos                         |
|            |        | M-2     | SM                | Arena limosa gris, mezclada con piedras y material orgánico                                  |
|            | AP-3   | M-1     | SM                | Arena limosa gris, mezclada con caracolejo y rastros orgánicos                               |
|            |        | M-2     | CL                | Arcilla de baja plasticidad, habana con rastros orgánicos                                    |
| Manga      | AP-1   | M-1     | CL                | Arcilla de baja plasticidad, limo arenosa, parda clara con vetas grises.                     |
|            |        | M-2     | ML                | Limo de baja plasticidad, arenoso arcilloso gris oscuro con rastros orgánicos.               |
|            | AP-2   | M-1     | CL                | Arcilla de baja plasticidad, limosa, gris con rastros orgánicos                              |
|            |        | M-2     | ML                | Limo de baja plasticidad, arcilloso, gris con rastros orgánicos.                             |
|            | AP-3   | M-1     | ML                | Limo de baja plasticidad, arcilloso, gris oscuro con material orgánico.                      |
|            |        | M-2     | ML                | Limo de baja plasticidad, arcilloso, gris oscuro con material orgánico.                      |

Fuente: Investigador

Como puede observarse en la tabla anterior, el estrato predominante en 4 de las 5 zonas es granular, es decir que el sustrato de soporte del 80% de las zonas exploradas está conformado por arenas limosas pardas y grises, mezcladas con caracolejo, caracuchas menudas y con rastros orgánicos; sólo el 20% de las zonas restantes son material cohesivo, conformado por arcillas y limos de baja plasticidad,

grises y con rastros de material orgánico. La zona de predominio de material cohesivo y considerada para este estudio de condiciones atípicas fue la zona de Manga, colindante con el Caño de las Quintas.

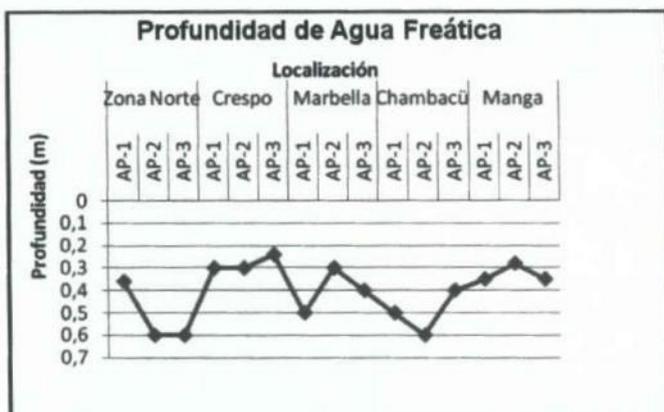
Los datos de humedad natural, contenido de material orgánico y profundidad de nivel freático se indican a continuación:

**Tabla 3. Resultados de ensayos de laboratorio**

| ESTACION   | APIQUE | MUESTRA | PROFUNDIDA NIVEL FREÁTICO (m) | HUMEDAD NATURAL % | PESO UNITARIO T/m <sup>3</sup> | MATERIA ORGANICA % |
|------------|--------|---------|-------------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------|
| Zona Norte | AP-1   | M-1     | 0,36                          | 91,6              | 2,15                           | 11,5               |
|            |        | M-2     |                               | 87,6              | 2,24                           | 19,0               |
|            | AP-2   | M-1     | 0,60                          | 85,2              | 2,15                           | 27,0               |
|            |        | M-2     |                               | 79,2              | 2,28                           | 9,50               |
|            | AP-3   | M-1     | 0,60                          | 88,4              | 2,13                           | 35,5               |
|            |        | M-2     |                               | 76,7              | 2,13                           | 15,5               |
| Crespo     | AP-1   | M-1     | 0,30                          | 88,5              | 1,98                           | 19,0               |
|            |        | M-2     |                               | 59,5              | 2,05                           | 21,0               |
|            | AP-2   | M-1     | 0,30                          | 60,5              | 1,97                           | 30,5               |
|            |        | M-2     |                               | 81,8              | 2,01                           | 15,5               |
|            | AP-3   | M-1     | 0,24                          | 54,8              | 2,02                           | 28,5               |
|            |        | M-2     |                               | 79,8              | 2,04                           | 17,5               |
| Marbella   | AP-1   | M-1     | 0,50                          | 57,2              | 2,14                           | 32,5               |
|            |        | M-2     |                               | 69,8              | 2,01                           | 27,0               |
|            | AP-2   | M-1     | 0,30                          | 63,4              | 2,11                           | 39,5               |
|            |        | M-2     |                               | 78,6              | 2,02                           | 21,5               |
|            | AP-3   | M-1     | 0,30                          | 58,2              | 2,16                           | 30,5               |
|            |        | M-2     |                               | 70,4              | 2,14                           | 29,5               |
| Chambacú   | AP-1   | M-1     | 0,50                          | 76,4              | 2,20                           | 24,5               |
|            |        | M-2     |                               | 78,3              | 2,07                           | 28,0               |
|            | AP-2   | M-1     | 0,60                          | 63,9              | 2,36                           | 29,5               |
|            |        | M-2     |                               | 85,5              | 2,31                           | 31,5               |
|            | AP-3   | M-1     | 0,40                          | 79,9              | 2,27                           | 29,5               |
|            |        | M-2     |                               | 92,3              | 1,95                           | 76,5               |
|            | M-3    |         | 98,5                          | 1,98              | 65,5                           |                    |
|            |        |         |                               |                   |                                |                    |
| Manga      | AP-1   | M-1     | 0,35                          | 56,7              | 2,01                           | 26,0               |
|            |        | M-2     |                               | 80,8              | 1,82                           | 31,5               |
|            | AP-2   | M-1     | 0,28                          | 84,5              | 1,76                           | 55,5               |
|            |        | M-2     |                               | 89,4              | 1,85                           | 63,5               |
|            | AP-3   | M-1     | 0,35                          | 76,7              | 1,83                           | 60,5               |
|            |        | M-2     |                               | 88,7              | 1,79                           | 64,0               |

Fuente: Investigador

Los resultados anteriores demuestran que los niveles freáticos están bastante superficiales, entre 0.24 m y 0.60 m, lo cual es un indicador de la existencia de gran contenido de agua libre dentro de los poros de la estructura del suelo, condición que es importante, si se tiene en cuenta que la forma como realizan la absorción de nutrientes las plantas es a partir de minerales y sales disueltas en el agua, por tanto, lo anterior es un aspecto vital para el desarrollo de bosques de manglar.

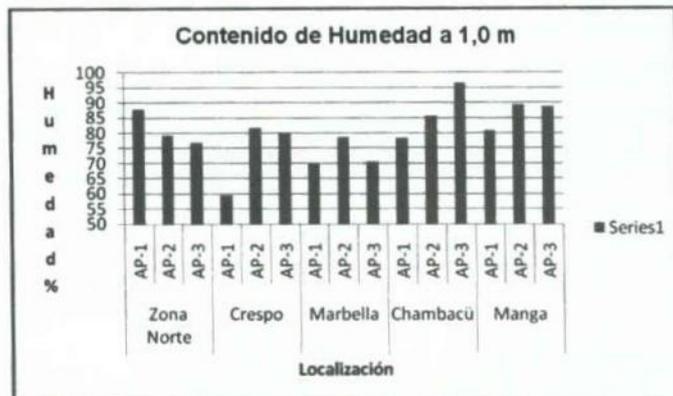


**Figura 2. Nivel de Agua Freática según zona de estudio**

En cuanto al contenido de humedad, fue realizada una comparación entre la variación de la humedad a 0.5 m de profundidad y el contenido de humedad a 1.0 m, tal como se observa en la Figura 3.



**Figura 3. Contenido de Humedad muestras recuperadas a 0.5 m de profundidad**



**Figura 4. Contenido de Humedad muestras recuperadas a 1.0 m de profundidad**

De los resultados presentados en la Figura 4, se evidencia que aproximadamente el 50% de las muestras recuperadas a 0.5 m de profundidad presentan valores de humedad natural por encima del 70%, mientras que para las muestras recuperadas a 1.0 m de profundidad más del 90% presenta valores de humedad alrededor del 70%, lo cual indica la presencia de gran cantidad de agua disponible para el sistema radicular del manglar, confirmando los resultados de obtención de nivel freático.

El peso unitario en los suelos es la relación masa sobre unidad de volumen, es decir, es el peso de la fracción de suelo por el espacio que ocupa. Este concepto define diferencias entre suelos granulares y cohesivos, ya que un suelo granular por tener nula ó muy baja cohesión deja mayor cantidad de poros ó espacios libres que pueden ser ocupados por agua ó aire en la masa total de suelo. Como puede observarse en la Figura 5, los suelos granulares encontrados en las zonas Zona Norte, Crespo, Marbella y Chambacú presentan valores de Peso Unitario a 0.5 m de profundidad entre 1.9 T/m<sup>3</sup> y 2.2 T/m<sup>3</sup>; y para una profundidad de 1.0 m presentan valores entre 2.0 T/m<sup>3</sup> y 2.3 T/m<sup>3</sup>. El peso unitario del suelos encontrado en la zona de Manga para muestras de suelos recuperadas a 0.5 m de

profundidad está entre 1.7 Ton/m<sup>3</sup> y 2.0 Ton/m<sup>3</sup>, mientras que para las muestras recuperadas a 1.0 m de profundidad los valores de peso unitario oscilan entre 1.7 Ton/m<sup>3</sup> y 1.8 Ton/m<sup>3</sup>.



Figura 5. Peso Unitario muestras recuperadas a 0.5 m de profundidad



Figura 6. Peso Unitario muestras recuperadas a 1.0 m de profundidad

El contenido de Materia orgánica se analizó comparativamente en las cuatro zonas de Crespo, Zona Norte, Marbella y Chambacú, la zona de Manga se analizó independientemente, debido a que presenta condiciones diferentes ya que es un suelo cohesivo y no granular como las demás zonas. Se observó que el contenido de material orgánico del 50% de las muestras recuperadas a 0.5 m de

profundidad, de las cuatro zonas en mención, es superior a 30%, mientras que en las muestras recuperadas a 1.0 m de profundidad el contenido de materia orgánica disminuye, encontrándose el 83.3% de las muestras con valores entre el 10% y el 30%.

Para la zona de Manga, cuya estratigrafía es netamente cohesiva, se registraron valores de contenido de material orgánico entre 25% y 60% a 0.5 m de profundidad y entre 50% y 70% en muestras recuperadas a 1.0 m de profundidad, haciendo evidente la capacidad de fijación de materia orgánica por parte de suelos cohesivos.



Figura 7. Contenido de materia orgánica de muestras recuperadas a 0.5 m de profundidad



Figura 8. Contenido de materia orgánica de muestras recuperadas a 1.0 m de profundidad

## CONCLUSIONES

El estudio realizado a suelos de cinco zonas de Cartagena donde encontramos bosques de manglar, mostró el predominio de formación de suelos granulares con un 80% de las zonas exploradas conformadas por arenas limosas pardas y grises, mezcladas con caracolejo, caracuchas menudas y con rastros orgánicos y sólo el 20% de las zonas restantes son material cohesivo, conformado por arcillas y limos de baja plasticidad, grises y con rastros de material orgánico.

Los niveles de agua freática están bastante superficiales, entre 0.24 m y 0.60 m, lo cual es un indicador de la existencia de gran contenido de agua libre dentro de los poros de la estructura del suelo, condición que es importante, si tenemos en cuenta que la forma como realizan la absorción de nutrientes las plantas es a partir de minerales y sales disueltas en el agua, por tanto lo anterior es un aspecto vital para el desarrollo de bosques de Manglar.

Aproximadamente el 50% de las muestras recuperadas a 0.5 m de profundidad presenta valores de humedad natural por encima del 70%, mientras que para las muestras recuperadas a 1.0 m de profundidad más del 90% presenta valores de humedad alrededor del 70%, lo cual nos indica la presencia de gran cantidad de agua disponible para el sistema radicular

del manglar, confirmando los resultados de obtención de nivel freático.

Los suelos granulares encontrados en las zonas: Zona Norte, Crespo, Marbella y Chambacú presentan valores de peso unitario a 0.5 m de profundidad entre 1.9 T/m<sup>3</sup> y 2.2 T/m<sup>3</sup>; y para una profundidad de 1.0 m presentan valores entre 2.0 T/m<sup>3</sup> y 2.3 T/m<sup>3</sup>.

El peso unitario del suelo cohesivo encontrado en la zona de Manga para muestras de suelos recuperadas a 0.5 m de profundidad está entre 1.7 Ton/m<sup>3</sup> y 2.0 Ton/m<sup>3</sup>, mientras que para las muestras recuperadas a 1.0 m de profundidad los valores de peso unitario oscilan entre 1.7 Ton/m<sup>3</sup> y 1.8 Ton/m<sup>3</sup>.

El contenido de material orgánico del 50% de las muestras recuperadas a 0.5 m de profundidad, de las cuatro zonas en mención, es superior a 30%, mientras que en las muestras recuperadas a 1.0 m de profundidad el contenido de materia orgánica disminuye, encontrándose el 83.3% de las muestras con valores entre el 10% y el 30%. Para la zona de Manga, cuya estratigrafía es netamente cohesiva, se registraron valores de contenido de material orgánico entre 25% y 60% a 0.5 m de profundidad y entre 50% y 70% en muestras recuperadas a 1.0 m de profundidad, haciendo evidente la capacidad de fijación de materia orgánica por parte de suelos cohesivos.

## Referencias bibliográficas

1. Ulloa- Delgado, G.A, H. Sánchez, Páez., W. Gil-Torres, J.C. Pino- Renjifo, H. Rodríguez-Cruz & R. Álvarez, León. 1998. Conservación y uso sostenible de los manglares del Caribe Colombiano. Min ambiente/ Acofore/OIMT. Santa Fe de Bogotá Colombia.
2. Ministerio del Medio Ambiente. 2002. Zonificación de Manglares. Resolución 721 de 2002.
3. Sánchez-Páez, H., R. Alvarez-Leon, O.A. Guevara-Mancera & G.A. Ulloa-Delgado. Agosto 2000. Lineamientos Estratégicos para la Conservación y Uso sostenible de los Manglares de Colombia. Proyecto PD 171/91 Rev. 2 Fase II (Etapa 2).
4. Márquez, G. 1990. Ecosistemas marinos. En Jimeno M. C. (Ed). Caribe Colombia. Fondo FEN Colombia. Bogotá, 115-113.
5. Márquez, G. 1996. Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental. Fondo FEN Colombia, Santafé de Bogotá, 211 p.
6. Montes C., Castillo A. C. G. S. y López P. J. (1999). Distribución del manglar en cuatro sistemas lagunares de la costa de Chiapas, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 64:25-34.
7. López J. y Ezcurra E. (2002). Los manglares de México: Una revisión. Madera y Bosques. Número especial: 27-51.