

## Caracterización Físicoquímica y Ambiental de Los Suelos en Los Bosques de Manglar en Cartagena, Colombia

Claudia Díaz Mendoza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Coordinador de Investigación de Programas Ambientales, Grupo de Investigaciones Ambientales (GIA), Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco (FUTCO), Barrio España, Cra. 44D No. 30A-91, Cartagena, Colombia.

cdiaz@tecnologicocomfenalco.edu.co

### RESUMEN

Cartagena de Indias D.T y C., está localizada en las coordenadas geográficas N 10° 26' y O 75° 33'. Por ser una ciudad costera, presenta características propias en cuanto a la formación de sus suelos, clima, regímenes hidrológicos, fertilidad, 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. De igual forma, los bosques de Manglar constituyen una barrera natural contra la erosión costera derivada del oleaje y las mareas. Actualmente, en Cartagena se está llevando a cabo un proceso de expansión urbana dentro del cual se han contemplado la construcción de numerosas obras civiles. Es más, la ciudad se ha visto afectada por asentamientos humanos sin control, generados por distintos factores de tipo social, los cuales han generado: (a) la tala de bosques de Manglar y (b) el relleno indiscriminado de las orillas de los cuerpos de agua internos de la ciudad. Lo anterior, sumado a los cambios generados por el calentamiento global, produce efectos que impactan el ambiente, por lo que se hace necesario tener un conocimiento puntual de las características físicoquímicas del suelo que sirve de soporte a los ecosistemas nativos de gran importancia.

**Palabras claves:** Estratigrafía, pH, humedad natural, materia orgánica, salinidad.

### ABSTRACT

The city of Cartagena D.T y C. is geographically located at 10 °26' N and 75° 33' W. It has its own characteristics in terms of formation of soils, climate, hydrological regimes, among other variables inherent in most of the coastal cities. This condition is also evident in the presence of its ecosystems, such as mangrove forests, which are common in the area and constitute the natural habitat of many marine species and native and migratory birds. Likewise, mangroves are a natural barrier against coastal erosion resulting from wave and tidal. Cartagena is currently undertaking a process of urban expansion which includes the construction of roads as part of numerous civil works that will bring the development the city needs. However, this comes with a price tag: deforestation, filling and building of embankments within the mangrove areas as well as in the edges of the inner bodies of water of the city. This research is intended to both determining the particular physical-chemical characteristics of the soils that support these mangrove ecosystems and to identifying which characteristics of these soils could be altered by anthropic disturbance.

**Key words:** Stratigraphy, pH, natural humidity, organic matter, salinity.

## 1. INTRODUCCIÓN

Cartagena D.T. y C., por ser un destino turístico, se ha visto influenciada por un crecimiento acelerado, lo que ha traído consigo la deforestación y posterior ocupación de áreas que en otrora eran bosques de Mangle con el fin de establecer sobre estos suelos las bases para la construcción de vías u otras obras de tipo civil. Lo anterior, genera un cambio en el uso del suelo, ya que por naturaleza los suelos de soporte de Manglares presentan características propias en cuanto a resistencia, humedad, salinidad y contenidos de material orgánicos, que los hacen distintos a los suelos que naturalmente podrían servir como soporte de obras de construcción. En consecuencia, se genera la pérdida de las condiciones naturales del mismo.

Los ecosistemas costeros, incluyendo arrecifes de coral, manglares, praderas de pastos marinos y marismas, se están perdiendo a un ritmo alarmante. No obstante, el aumento de la comprensión científica de las causas ha logrado detener gradualmente estas pérdidas (Duarte, 2008). Ambientalmente, se han generado cambios que tal vez no han sido percibidos de manera inmediata, pero que se ven reflejados en las variaciones de los microclimas en las zonas donde se han deforestado ecosistemas de manglar, lo que incide significativamente en el aumento del fenómeno de erosión de líneas de costas y la migración de especies de aves, entre muchos fenómenos más derivados de los impactos a estos ecosistemas.

Las especies más comunes de Mangle que encontramos hoy día en las cinco zonas de estudio definidas en Cartagena para el presente estudio son:

- 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.
- Mangle Zaragoza o Mangle botón (*Conocarpus erectel*), generalmente no se considera un verdadero mangle, sino una especie perimetral, se encuentra en las partes más elevadas y sobre terrenos arenosos y menos salados.
- Mangle Blanco - Mangle Amarillo (*Laguncularia racemosa*), su tronco tiene una corteza fisurada, característica que lo distingue del mangle negro, que tiene una corteza enteriza.
- Mangle negro (*Avicennia Geminans*), juega un papel clave en el ecosistema del manglar por su hojarasca y detritos movidos por la marea, y como resguardo, crianza, y protección para muchas especies de crustáceos, peces, aves y demás vida silvestre.

Las anteriores especies sobreviven a pesar de las condiciones de abandono y vulnerabilidad puestas por la acción del hombre. Esto puede observarse 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.

Hoy en día, se evidencia en la ciudad una falta de interés en el recurso del manglar, producto del desconocimiento acerca de la importancia de este recurso como cuna de muchas especies de fauna, tanto nativa como migratoria; así como de los beneficios en cuanto a la prevención de erosión que aportan este tipo de ecosistemas.

## 2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

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 Establecimiento Público Ambiental de Cartagena (EPA-Cartagena)<sup>1</sup>. La localización de las zonas en estudio se indica en la tabla 1. La descripción de las zonas en estudio y los tipos de manglares encontrados son:

- Zona Norte (Ciénaga de la Virgen): En esta zona encontramos especies nativas de Mangle de tipo *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta*. Como característica general de la zona, se encontró que en este lugar se ha modificado el uso del suelo, debido a la construcción de la vía al mar y el proyecto de expansión y construcción de edificaciones, para lo cual fue necesario realizar rellenos compactados y la construcción de taludes en material de arena arcillosa (zahorra).
- Crespo (Caño de Juan Angola): Esta es una zona donde también se ha llevado a cabo un cambio en el uso del suelo. Inicialmente, era una zona de caños y bosques de manglar, pero con la expansión de los asentamientos urbanos y la construcción de la avenida Santander, se realizaron distintos tipos de rellenos. Las especies de Mangle dominantes son: *Avicennia germinans* y *Rizophora mangle*.
- Marbella (Caño de Juan Angola): Esta es una zona en la el bosque de manglar se ha visto reducido como consecuencia de la tala del manglar, el relleno indiscriminado de cuerpos de agua con escombros y la posterior construcción de edificaciones. Las especies predominantes son: *Avicennia germinans*,

*Terminalia catappa* y *Thespesia populnea*.

- Chambacú: En esta zona encontramos gran variedad de especies de mangle, tales como *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Prosopis juliflora* y *Rizophora mangle*. Como característica de esta zona podemos anotar que sido una zona muy intervenida, debido a la construcción de edificaciones, rectificación de cursos de agua, dragados y, en general, la acción antrópica para la construcción de vías.

- Manga: En esta zona gran parte de los manglares han sido deforestados y se ha dado paso al dragado y relleno de zonas para la construcción de vías, paseos peatonales. Además, presenta un problema adicional: la disposición indiscriminada de residuos sólidos. Hay predominio de las especies *Avicennia germinans* y, en menor proporción, *Tabebuia rosea* y *Terminalia catappa*.

Se realizaron tres apiques de 1.0 m de profundidad en cada una de las zonas estudiadas dentro de un área de 4.0 m x 20.0 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 para determinar las características físicas y químicas de los sustratos de soporte del sistema radicular del manglar. A las muestras recuperadas se les realizaron ensayos de granulometría, límites de Atterberg, humedad natural, pH, salinidad, peso unitario y contenido de material orgánico. Con lo anterior, se establecieron la estratigrafía y las características propias de las zonas en estudio.

<sup>1</sup>EPA Cartagena, Caracterización de Los Manglares en Los Caños y Lagunas Interiores de Cartagena De Indias

Tabla 1. Localización de los Apiques

Estación	Apique	Coord. Geográficas	
		Norte	Oeste
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"

### 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

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 muestra las condiciones estratigráficas encontradas, en donde se observa que el estrato predominante en 4 de las 5 zonas es el granular (SM). Es decir, 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* 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*. Las condiciones encontradas en la zona de Manga que colindan con el caño de Las Quintas se consideran atípicas, debido al predominio de material cohesivo.

Los datos de humedad natural, contenido de material orgánico, profundidad de nivel freático, pH, salinidad y especies de Mangles predominantes por zona se indican en las tablas 3 y 4. 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. Esta condición, vital para el desarrollo del bosque de Manglar, cobra relevancia 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. 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 anterior indica la presencia de

gran cantidad de agua entre 0.5 m y 1.0 m de profundidad con un flujo ascendente variable disponible para el sistema radicular del manglar, confirmando los resultados de obtención de nivel freático.

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, lo cual hace evidente la capacidad de fijación de materia orgánica por parte de suelos cohesivos.

Valores de biomasa subterránea de hasta 75 t/Ha registrados (Tamooh et al., 2008; Komiya et al., 2008), apoyan la idea de los manglares como el suministro de los sumideros de carbono a largo plazo con tasas de descomposición (y por lo tanto en última instancia, la acumulación de carbono) que dependerán del sitio, de la naturaleza del suelo y de las especies.

Los suelos granulares encontrados en las zonas 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>.

**Tabla 2.** Clasificación de suelos USC

Estación	Apique	Muestra	Clasificación USC	Descripción
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 materia orgánica
		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

Estación	Apique	Muestra	Clasificación USC	Descripción
Marbella	AP-1	M-1	SM	Arena limosa gris, mezclada con gravillas, 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 chinás, 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 escombros 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
M-3	SM	Arena limosa habana oscura 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, areno 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

Otro aspecto de gran importancia lo constituye la distribución de especies de Manglar por zona y el predominio de las mismas dentro del estudio realizado (figura 1). La figura 1 indica que la especie común para cuatro de las cinco zonas estudiadas es la *Avicennia Geminans*; tal y como se definió en la tabla 2 del presente estudio. La estratigrafía predominante en todas las zonas, a excepción de la zona de Manga, es

un suelo de tipo granular (conformado por arenas limosas grises), lo cual indica que la especie *Avicennia Geminans* se desarrolla con facilidad en este tipo de suelos. En la zona de Manga, considerada de condiciones atípicas en cuanto a formación de suelos, se observa una buena adaptación de la especie *Avicennia Geminans* con un 88% de dominio. También se observaron especies de *Tabebuia rosea* y

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

Estación	Apique	Muestra	Profundidad Nivel Freatico (m)	Humedad Natural (%)	Peso Unitario (T/m <sup>3</sup> )	Materia Orgánica (%)
Zona Norte	AP-1	M-1	0.36	91.6	2.19	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	89.4	2.13	35.5
		M-2		76.7	2.13	15.5
Crespo	AP-1	M-1	0.30	89.8	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	0.40	59.2	2.18	40.5
		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	23.5
		M-2		85.5	2.31	31.5
	AP-3	M-1	0.40	70.9	2.27	29.5
		M-2		92.3	1.95	76.5
M-3		96.5		1.99	65.5	
Manga	AP-1	M-1	0.35	56.7	2.01	26.0
		M-2		80.8	1.82	51.5
	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	69.5

*Terminalia cotoppa* presentes sólo en esta zona (Manga) y en Marbella, pero con una baja incidencia (21% *Terminalia cotoppa*). Los valores de pH encontrados varían entre 7.0 y 9.5 (rangos de pH de neutros a básicos), con un predominio (53.3%) de valores de pH superiores a 8.0. Lo anterior indica la presencia de sales solubles, común para ambientes salinos. De hecho, todas las zonas estudiadas están muy próximas a cuerpos de agua salobres; además, la misma naturaleza de la mayoría de los suelos de tipo granular, con presencia de porosidad alta, permite el flujo de corrientes subterráneas a través del suelo, por tanto la intrusión de la cuña salina y por consiguiente presencia de sales en el suelo.

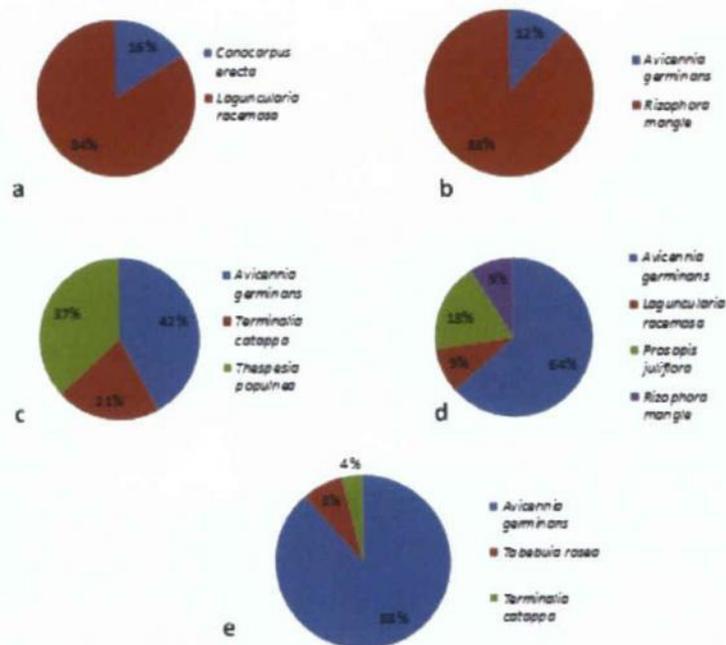
En la figura 2 se observa que el 66.6% de las muestras recuperadas presentan una salinidad superior a 1.5 ppt<sup>2</sup> (partes por mil); mientras que el 33.4% de las muestras restantes presentan una salinidad entre 0.2 y 1.5 ppt. Esto corrobora los resultados de pH altos obtenidos. La salinidad registrada se encuentra en la literatura dentro del rango de agua salobre (0.5 – 30 ppt) o ligeramente salino (2 – 4 CEs)<sup>3</sup>. En este caso se asocia dicha salinidad a la presencia de niveles freáticos superficiales y la cercanía de cuerpos de agua salada.

**Tabla 4.** Parámetros químicos del suelo

Estación	Apíque	Muestra	pH	Salinidad (ppm)	Especie de Manglar Predominante
Zona Norte	AP-1	M-1	8.06	1.90	- <i>Conocarpus erecta</i> - <i>Laguncularia racemosa</i>
	AP-2	M-1	8.19	2.10	
	AP-3	M-1	8.23	1.60	
Crespo	AP-1	M-1	7.90	1.70	- <i>Avicennia germinans</i> - <i>Rizophora mangle</i>
	AP-2	M-1	8.01	1.90	
	AP-3	M-1	8.18	1.60	
Marbella	AP-1	M-1	7.20	1.60	- <i>Avicennia germinans</i> - <i>Terminalia catappa</i> - <i>Thespesia populnea</i>
	AP-2	M-1	7.46	1.50	
	AP-3	M-1	7.56	1.40	
Chambacú	AP-1	M-1	9.02	0.34	- <i>Avicennia germinans</i> - <i>Laguncularia racemosa</i> - <i>Prosopis juliflora</i> - <i>Rizophora mangle</i>
	AP-2	M-1	9.45	0.40	
	AP-3	M-1	8.95	0.20	
Manga	AP-1	M-1	7.08	1.00	- <i>Avicennia germinans</i> - <i>Tabebuia rosea</i> - <i>Terminalia catappa</i>
	AP-2	M-1	7.80	1.50	
	AP-3	M-1	7.22	1.70	

<sup>2</sup> Dahl, 1956. Salinidad del agua

<sup>3</sup> United States Salinity Laboratory of Riverside



a. Zona Norte - b. Crespo - c. Marbella - d. Chambacú - e. Manga

**Figura 1.** Distribución de mangles en las zonas de estudio de la ciudad de Cartagena.



**Figura 2.** Determinación de Salinidad a muestras recuperadas a 0.5 m de profundidad

#### 4. CONCLUSIONES

En el estudio de ecosistemas de Manglar, es importante la determinación de las condiciones fisicoquímicas de los suelos que son el soporte tanto estructural como nutricional de estas especies. En la investigación realizada se determinó que los suelos predominantes en los ecosistemas de manglar, de las cinco zonas de estudio son *arenas limosas pardas y grises, mezcladas con caracolejo, caracuchas menudas y con rastros orgánicos*. En un menor porcentaje *arcillas y limos de baja plasticidad, grises y con rastros de material orgánico*. De lo anterior, se deduce que las especies de manglar encontradas se adaptan a condiciones especiales de suelos granulares con bajo contenido de nutrientes. La humedad de los suelos a nivel superficial y hasta 0.5 m de profundidad presentan valores por encima del 70%, con valores de pH entre 7.0 y 9.5, esto indica que las especies encontradas se adaptan a condiciones de elevada humedad de suelos, condiciones básicas de suelos y ambientes con cuerpos de agua salobres con valores de salinidad superior a 1.5 ppm.

#### REFERENCIAS

- Duarte C.M, Dennison W.C, Orth R.J, Carruthers T.J.** The charisma of coastal ecosystems: addressing the imbalance. *Estuaries and Coasts*, 31 (2008), pp. 233–238. ISSN: 15592723. DOI: 10.1007/s12237-008-9038-7
- Komiyama, A., Ong, J.E., Pongparn, S., 2008.** Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: a review. *Aquatic Botany* 89, 128e137.
- Márquez, G. 1996.** Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental. Fondo FEN Colombia, Santafé de Bogotá, 211 p.
- Ministerio del Medio Ambiente. 2002.** Zonificación de Manglares. Resolución 721 de 2002.
- 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).
- Tamooh, F., Kairo, J.G., Karachi, M., Huxham, M., Mencuccini, M., 2008.** Vertical and horizontal below-ground root distribution in natural and replanted mangrove forest in Gazi Bay, Kenya. *Forest Ecology and Management* 256, 1290e1297.
- Ulloa Delgado, G.A, H. Sánchez, Páez., W. Gil-Torres, J.C. Pino- Renjifo, H. Rodríguez-Cruz & R. Alvarez, León. 1998.** Conservación y uso sostenible de los manglares del Caribe Colombiano. Minambiente/ Acofore/OIMT. Santa Fe de Bogotá Colombia.