

# MANGLES DE CARTAGENA DE INDIAS: “PATRIMONIO BIOLÓGICO Y FUENTE DE BIODIVERSIDAD”



FUNDACIÓN UNIVERSITARIA  
**TECNOLÓGICO COMPFENALCO**  
CARTAGENA

**CLAUDIA DÍAZ MENDOZA,, Esp.**  
**ILDEFONSO CASTRO ANGULO , Esp.**  
**GANIVETH MANJARREZ PABA, M.Sc.**

# MANGLES DE CARTAGENA DE INDIAS: "PATRIMONIO BIOLÓGICO Y FUENTE DE BIODIVERSIDAD"



CLAUDIA DÍAZ MENDOZA, ESP.  
ILDEFONSO CASTRO ANGULO, ESP.  
GANIVETH MANJARREZ PABA, M.SC



FUNDACIÓN UNIVERSITARIA  
**TECNOLÓGICO COMFENALCO**  
CARTAGENA

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICO COMFENALCO  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMAS DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA AMBIENTAL  
2010



FUNDACIÓN UNIVERSITARIA  
**TECNOLÓGICO COMFENALCO**  
CARTAGENA

Claudio Osorio Lentino  
**Rector**

Mauricio Ricardo Ruiz  
**Vicerrector**

Jorge Del Rio Cortinas  
**Director de investigación**

Angelica Lusía Echavez Ducan  
**Decana Facultad de Ingeniera**

Andrés Mauricio Bahamón Restrepo  
**Director de Programas de Tecnología e Ingeniera Ambiental**

Ganiveth Manjarrez Paba  
**Coordinadora del Grupo Investigación Ambiental GIA**

Prohibida la reproducción parcial o total o parcial de esta obra por cualquier medio, sin previa autorización escrita de sus autores.

**Derechos reservados. 2010**  
**Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco**  
Mangle/Microorganismos/Suelo

**Redacción:** Claudia Diaz Mendoza, Ildefonso Castro Angulo y Ganiveth Manjarrez Paba.

**Diseño de portada:** Leidys Suarez Esquivia

**Editor:** Leidys Suarez Esquivia

**Joven Investigador de Grupo de Investigaciones Ambientales -GIA**



## CONTENIDO

---

<b>CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
1.1 Mangle colorado (Hervario Rizophora Mangle).....	10
1.2 Mangle Prieto Negro (Avicennia germinans).....	11
1.3 Mangle Bobo (Laguncularia racemosa) .....	12
1.4 Mangle Zaragoza (Conocarpus erecta).....	12
REFERENCIAS .....	13
<b>CAPITULO 2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO- QUÍMICA DE SUELOS DE MANGLE DE LA CIUDAD DE CARTAGENA - COSTA ATLANTICA COLOMBIANA .....</b>	<b>14</b>
2.1.INTRODUCCIÓN .....	14
2.1.1 ANTECEDENTES DE LOS MANGLARES EN LA CIUDAD DE CARTAGENA. ....	15
2.1.2 MARCO TEORICO .....	16
2.1.3 MARCO LEGAL .....	21
2.2. OBJETIVO .....	23
2.2.1 OBJETIVO GENERAL .....	23
2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
2.3. METODOLOGIA .....	24
2.4 RESULTADOS.....	25
2.5 CONCLUSIONES .....	39
REFERENCIAS .....	40
<b>CAPITULO 3. FIJACION DE CARBONO EN EL MANGLAR ASOCIADO AL AREA URBANA DE CARTAGENA DE INDIAS, D.T. Y C .....</b>	<b>43</b>
3.1 INTRODUCCIÓN .....	43
3.2 MATERIALES Y METODO .....	44
3.3 AREA DE ESTUDIO .....	44
3.4 DINAMICA DEL MANGLAR.....	46
3.4.1 MEDICION DE VARIABLES DASOMETRICAS.....	46
3.4.2 ESTRUCTURA FORESTAL.....	47
3.4.3 FIJACION DE CARBONO.....	48

3.5 RESULTADOS.....	48
3.6 DISCUSION.....	57
REFERENCIAS .....	59
<b>CAPITULO 4. ECOLOGIA MICROBIANA DE MANGLES.....</b>	<b>60</b>
4.1 FUNCIÓN ECOLOGICA DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLARES .....	60
4.2 MICROORGANISMOS ASOCIADOS A LOS MANGLARES .....	61
4.3 BACTERIAS.....	62
4.4 HONGOS Y LEVADURAS.....	65
4.5 FITOPLANCTON .....	67
4.6 PARÁSITOS, PLANCTON Y ZOOPLANCTON .....	69
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>70</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mangles en la Ciénaga de la Virgen .....	10
Figura 2. Mangle Rojo en la Ciénaga de Las Quintas.....	11
Figura 3 Mangle Negro en el Caño Juan Angola .....	11
Figura 4. Mangle Bobo en el caño Juan Angola .....	12
Figura 5. Mangles Zaragoza en la Laguna Chambacù .....	13
Figura 6. Mangles de la zona de Manga .....	15
Figura 7. Toma de muestra en los mangles de Cartagena de Indias.....	24
Figura 8. Mapa ubicacion geografica de los apiques .....	26
Figura 9. Manglares en el área de studio.....	45
Figura 10. Estructura típica de los hongos asociados a ecosistemas de manglar .....	66
Figura 11. Categorías tróficas de la fauna acuática de un ecosistema de manglar .....	68

## LISTA DE TABLA

---

Tabla 1. Normas principales y específicas sobre los manglares de Colombia.....	22
Tabla 2. Localización de los Apiques.....	25
Tabla 3. Clasificación de suelos USC.....	28
Tabla 4. Resultados de ensayos de laboratorio.....	31
Tabla 5. Parámetros Químicos del suelo.....	36
Tabla 6 Ubicación geográfica de las parcelas de manglar.....	44
Tabla 7. Ecuaciones usadas para estimar la biomasa contenida en el mangle.....	49
Tabla 8. Dominancia y abundancia del manglar en el sector de Manga.....	49
Tabla 9. Dominancia y abundancia del manglar en el sector Zona Norte.....	51
Tabla 10. Dominancia y abundancia del manglar en el sector Marbella.....	52
Tabla 11. Dominancia y abundancia del manglar en el sector Crespo.....	53
Tabla 12. Dominancia y abundancia del manglar en el sector Chambacú.....	54
Tabla 13. Dominancia y abundancia del manglar en el sector Cabrero.....	55
Tabla 14. Características estructurales del manglar en el área urbana de Cartagena.....	58
Tabla 15. Bacterias asociadas a ecosistemas de manglar con funciones en procesos biotecnológicos.....	64

## LISTA DE GRAFICOS

---

Grafico 2. Frecuencia, abundancia y dominancia de especies registradas en la zona de Manga .....	51
Grafico 3. Índice de valor de importancia parcela Manga .....	51
Grafico 4. Frecuencia, Abundancia y Dominancia de especies registradas en la Zona Norte .....	52
Grafico 5. Índice de valor de importancia parcela Zona Norte .....	52
Grafico 6. Frecuencia, Abundancia y Dominancia de especies registradas en Marbella .....	53
Grafico 7. Índice de valor de importancia parcela Marbella .....	53
Grafico 8. Frecuencia, Abundancia y Dominancia de especies registradas en Crespo .....	54
Grafico 9. Índice de valor de importancia parcela Crespo.....	54
Grafico 10. Frecuencia, Abundancia y Dominancia de especies registradas en Chambacú .....	55
Grafico 11. Índice de valor de importancia parcela Chambacú.....	55
Grafico 12. Frecuencia, Abundancia y Dominancia de especies registradas en El Cabrero.....	56
Grafico 13. Índice de valor de importancia parcela Cabrero .....	56
Grafico 14. Contenido de carbono en los manglares del área de estudio.....	58



## CAPITULO 1

---

### INTRODUCCIÓN<sup>1</sup>

El Manglar son bosques pantanosos, dominados por árboles llamados mangles ubicados en costas abiertas, tropicales y subtropicales de suelo plano, fangoso y aguas relativamente tranquilas; este nombre se aplica de manera general, a las asociaciones de vegetales costeros que poseen en común algunas características morfológicas y fisiológicas, a pesar de pertenecer sus árboles a grupos taxonómicos distintos.<sup>2</sup>

Entre estas características se destacan las diferentes adaptaciones para ocupar sustratos inestables, marcada tolerancia al agua salada y salobre, adaptaciones para intercambiar gases en sustratos anaerobios y poseer reproducción por embriones (propágulo).

Entre los innumerables valores que posee el bosque de manglar, se halla la productividad de sus formaciones boscosas, su condición como hábitat, zona de alimentación y zona de refugio; desempeña un papel sobresaliente como importador y exportador de materia orgánica y de energía, por ser un ecosistema abierto. Además, contribuye a la protección de las costas, estabilizando y fijando el suelo.

En el norte de Cartagena de Indias, capital del departamento de Bolívar, en Colombia se encuentra uno de los humedales costeros más importantes del país conocido como Ciénega de la Virgen-Juan Polo o de Tesca.

Este se trata de una gran masa de agua salobre, que tiene un área superficial aproximada de 20 Km<sup>2</sup> y una profundidad característica de 0.9m.<sup>3</sup> En la cienega y los canales internos que la interconectan con el mar, se albergan manglares que forman boscque y un ecosistema valioso y frágil debido a las constantes presiones que ejerce las comunidades aledañas a ellos.

A la cienega llegan las aguas provenientes de varios arroyos que se originan en la cuneca hidrográfica de la cienega de La Virgen, que cubre una superficie de aproximadamente 500 Km<sup>2</sup>. también llegan aguas procedentes de drenajes pluviales del área urbana de la ciudad, acompañada por aguas residuales de las conexiones ilegales del alcantarillado, vertimientos de estaciones de servicio y residuos sólidos que arrojan los habitantes de las comunidades adyacentes a estos canales.

---

<sup>1</sup> Beltrán Reales y Suárez Esquivia:(2010) Diagnóstico ambiental de los cuerpos internos de agua de la ciudad de Cartagena de Indias, Edición electrónica gratuita.

<sup>2</sup> El manglar cartagenero [artículo de Internet]. <http://www.mailxmail.com/curso/vida/manglarcartagenero/capitulo3.htm> [consulta: 02 febrero de 2009]

<sup>3</sup> Establecimiento público ambiental – EPA Cartagena, ecosistemas manglar de la Ciénega de la Virgen Juan Polo o de Tesca

En la ciudad de Cartagena se encuentran cuatro (4) de las cinco (5) especies de mangle que conforman el manglar del Caribe colombiano; mangle rojo (*Rizophora mangle*), mangle prieto (*Avicennia germinans*), mangle bobo (*Laguncularia racemosa*) y mangle Zaragoza (*Conocarpus erecta*).<sup>4</sup>

**Figura 1. Mangles en la Ciénaga de la Virgen**



Fuente. Carlos Castaño

El manglar inicialmente estuvo bajo la protección institucional de la "Dirección general y de vida silvestre" la cual manejaba el uso y conservación de los bosques, posteriormente, con la reforma de 1997, esta función es asumida por la "Dirección general de ecosistemas"; amparado por el Ministerio del Medioambiente, creado por la ley 99 de 1993. Al nivel regional la administración y control se halla adscrita por las Autoridades Ambientales, que para el Distrito de Cartagena de Indias, está representada por el Establecimiento Publico Ambiental "EPA" y en el área del departamento por la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique "CARDIQUE".

### **1.1 Mangle colorado (Herbario *Rizophora Mangle*)**

Conocido como mangle rojo cuyas raíces aéreas son muy altas, parecidas a zancos que le permiten además de sostenerse, aumentar las zonas o superficies para el intercambio de gases a través de una serie de poros llamados lentículas. Esta se caracteriza por que crecen en la parte exterior de las franjas de manglar y en los bordes de los canales.

Estos árboles pueden alcanzar hasta 35 metros de altura, sus hojas tienen de 8 a 10 cm de longitud y 4<sup>a</sup> 5 cm de ancho. El tamaño de las hojas refleja el vigor de la vegetación, tiene flores pequeñas de 2,5 cm de diámetro y cada una tiene 4 pétalos y es de color blanco amarillento; hay entre 2 a 4 flores por tallo. La corteza externa es de color gris claro, con manchas oscuras y en su cara interna es de color rosado. La madera es rojiza y no presenta anillos de crecimiento.<sup>5</sup> Según se muestra la figura 2.

<sup>4</sup> El manglar cartagenero [artículo de Internet]. <http://www.mailxmail.com/curso/vida/manglarcartagenero/capitulo3.htm> [consulta: 02 febrero de 2009]

<sup>5</sup> El manglar cartagenero [artículo de Internet]. <http://www.mailxmail.com/curso/vida/manglarcartagenero/capitulo4.htm> [consulta: 02 febrero de 2009]

**Figura 2. Mangle Rojo en la Ciénaga de Las Quintas**



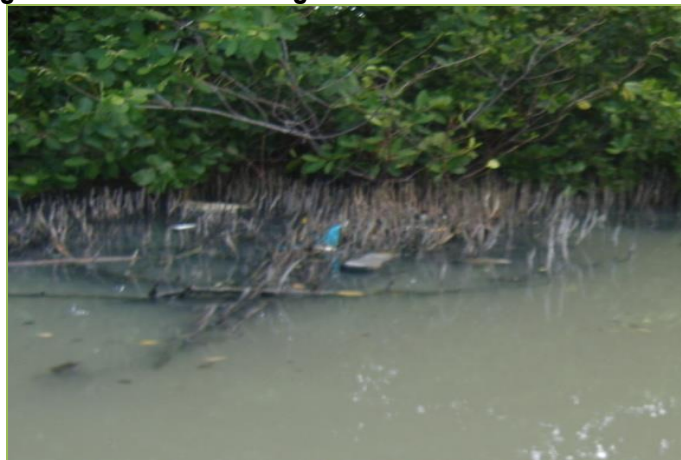
Fuente. Beltrán Reales y Suárez Esquivia :(2010) Diagnóstico ambiental de los cuerpos internos de agua de la ciudad de Cartagena de Indias, Edición electrónica gratuita.

### **1.2 Mangle Prieto Negro (*Avicennia germinans*)**

Denominado comúnmente como mangle negro, por tener una corteza externa oscura y la interna amarillenta, los árboles de esta especie pueden alcanzar más de 20 metros de altura. Es la especie que mejor tolera las condiciones climáticas y es la especie dominante en áreas donde los suelos contienen altas concentraciones de sal.

Estos mangles se caracterizan por tener largas raíces subterráneas radiales de poca profundidad y pueden desarrollar ocasionalmente raíces adventicias de apoyo que se desprenden de parte baja del tronco. Además tienen la capacidad de emitir pneumatóforos que pueden extenderse a varios metros alrededor del tronco del árbol.<sup>6</sup> Según se muestra en la figura 3.

**Figura 3 Mangle Negro en el Caño Juan Angola**



---

<sup>6</sup> El manglar cartagenero [artículo de Internet]. <http://www.mailxmail.com/curso/vida/manglarcartagenero/capitulo5.htm> [consulta: 02 febrero de 2009]

Fuente. Beltrán Reales y Suárez Esquivia:(2010) Diagnóstico ambiental de los cuerpos internos de agua de la ciudad de Cartagena de Indias, Edición electrónica gratuita.

### 1.3 Mangle Bobo (*Laguncularia racemosa*)

Conocido como mangle blanco, estos árboles pueden alcanzar hasta 20 metros, de altura pero generalmente se conocen como arbustos de unos 6 metros. Poseen un sistema de raíces radiales poco profundas, similar a las de mangle negro, con pneumatóforos que se subdividen muy cerca de la superficie del suelo, del cual sobresalen muy poco.<sup>7</sup>Según se muestra den la figura 4.

**Figura 4. Mangle Bobo en el caño Juan Angola**



Fuente. Beltrán Reales y Suárez Esquivia:(2010) Diagnóstico ambiental de los cuerpos internos de agua de la ciudad de Cartagena de Indias, Edición electrónica gratuita.

### 1.4 Mangle Zaragoza (*Conocarpus erecta*)

Conocido comúnmente como mangle botón o zaragoza, estos mangles generalmente no sobrepasan los 10 metros de altura. La corteza es de color ceniza o café y las ramas de color verde amarillento cuando jóvenes, luego se tornan de color castaño. Produce una fruta redonda, lanosa y de color castaño, en forma de piña. Se desarrolla como arbusto, pero en terrenos favorables crece como árbol. Algunos no lo concideran un verdadero mangle sino una especie de perimetral, se encuetrane ne las `partes mas elevadas y sobre terreno s arenosos y menos saldos. Las flores son diminutas de 2 mm de ancho, verdes y fragantes.

No posee pneumatóforos, y sus raíces pueden formar aletones para su sostén en terrenos blandos.<sup>8</sup> Según se muestra den la figura 5.

---

<sup>7</sup> El manglar cartagenero [artículo de Internet]. <http://www.mailxmail.com/curso/vida/manglarcartagenero/capitulo5.htm> [consulta: 02 febrero de 2009]

<sup>8</sup> El manglar cartagenero [artículo de Internet]. <http://www.mailxmail.com/curso/vida/manglarcartagenero/capitulo5.htm> [consulta: 02 febrero de 2009]

**Figura 5. Mangles Zaragoza en la Laguna Chambacù**



Fuente. Beltrán Reales y Suárez Esquivia :(2010) Diagnóstico ambiental de los cuerpos internos de agua de la ciudad de Cartagena de Indias, Edición electrónica gratuita.

## **REFERENCIAS**

- ◆ Actualización de la zonificación de manglares en la jurisdicción de CARDIQUE, 2007. MI-0275
- ◆ Beltrán Reales y Suárez Esquivia:(2010) Diagnóstico ambiental de los cuerpos internos de agua de la ciudad de Cartagena de Indias, Edición electrónica gratuita.
- ◆ El manglar cartagenero [artículo de Internet]. <http://www.mailxmail.com/cursos/vida/manglarcartagenero/capitulo3.htm> [consulta: 02 febrero de 2009]
- ◆ Establecimiento público ambiental – EPA Cartagena, ecosistemas manglar de la cienega de la Virgen Juan Polo o de Tesca



## CAPITULO 2

---

# CARACTERIZACIÓN FÍSICO- QUÍMICA DE SUELOS DE MANGLE DE LA CIUDAD DE CARTAGENA - COSTA ATLANTICA COLOMBIANA

**CLAUDIA PATRICIA DIAZ MENDOZA, ING. CIVIL., ESP. ING. SANITARIA Y AMBIENTAL**

Docente, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, Cartagena, [ing.claudia.diaz@gmail.com](mailto:ing.claudia.diaz@gmail.com)

### 2.1. INTRODUCCIÓN

El mangle es un arbusto de las rizofóreas, de tres a cuatro metros de altura, cuyas ramas largas y extendidas dan unos vástagos que descienden hasta tocar el suelo y arraigar en él. Tiene hojas pecioladas, opuestas, enteras, elípticas, obtusas y gruesas; flores axilares de cuatro pétalos amarillentos; fruto seco de corteza coriácea, pequeño y casi redondo y muchas raíces externas en parte (Hogarth, 1999). Este tipo de vegetación es de vital importancia para el desarrollo de diversas especies de las cuales los Manglares constituyen su hábitat.

El proyecto de caracterización físico química de suelos de manglar se realizó en la ciudad de Cartagena de Indias Colombia, la cual está ubicada en la Latitud Norte 10° 26' y Latitud Oeste en 75° 33'.

Cartagena es una ciudad que se encuentra localizada en el extremo Nororiental de Colombia, con una temperatura promedio de 30°C y playas con aguas cálidas durante todo el año. El Distrito de Cartagena se encuentra estratégicamente ubicado sobre varios cuerpos de agua en los que se desarrollan diversos ecosistemas, entre ellos predomina el ecosistema de manglar, vital para la salvaguarda y reproducción de múltiples especies. Sin embargo, y a pesar de la importancia del mismo, este ecosistema ha sido impactado a lo largo de su historia, ya que el territorio donde se encuentra ubicada la ciudad ha sido modificado, inicialmente sin una buena planeación, lo que produjo tala indiscriminada de manglar, relleno de los cuerpos de agua internos de la ciudad y como consecuencia el ecosistema de manglar ha sido fuertemente utilizado sin tener en cuenta consideraciones de tipo ambiental y mucho menos la sostenibilidad del mismo.<sup>9</sup>

Los manglares de Cartagena y en general los del Caribe Colombiano están gravemente expuestos al deterioro causado por la sobreexplotación de sus recursos maderables, así como también por el

---

<sup>9</sup> EPA Cartagena, Caracterización de los manglares en los caños y lagunas interiores de Cartagena de Indias

desarrollo de obras de "adecuación" de tierras y por la alteración de los regímenes hidrológicos en sus áreas de asentamiento. En general diversos problemas de tipo ambiental se han generado por el manejo inadecuado de áreas donde predominan éstas especies. Para entender la naturaleza y fragilidad de estos ecosistemas se hace necesario una caracterización tanto física como química de los componentes del Suelo en el cual se desarrollan estos ecosistemas de manglar, por tanto será objeto del presente trabajo el estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo en puntos neurálgicos donde se desarrolla el Mangle en la ciudad de Cartagena. Según se muestra en la figura 6.

**Figura 6. Mangles de la zona de Manga**



Fuente. La autora, 2010

### **2.1.1 ANTECEDENTES DE LOS MANGLARES EN LA CIUDAD DE CARTAGENA.**

Las formaciones vegetales de Manglar se asocian normalmente a suelos salobres, considerados pobres físico-químicamente hablando, localizados en zonas de influencia de las mareas, tales como estuarios, lagunas y ensenadas, son muy comunes en zonas intertropicales, las cuales presentan condiciones innatas de temperatura, radiación solar, humedad relativa, formación de suelos y régimen hidrológico que hacen de esta zona diferente a las demás.

En Cartagena, existen gran variedad de Caños y sistemas lagunares internos, Estos ecosistemas, únicos e irremplazables, están siendo destruidos como consecuencia de la explotación abusiva a la que se les somete. Entre las causas de su desaparición destacan la explotación maderera, su uso como medio de estabilización de suelos (pilotines de mangle), la construcción de vías que genera la tala y relleno de las zonas aledañas a cuerpos de agua y en general el cambio de uso del suelo sin una planeación y mitigación de impactos, así como los procesos de dragado que se realizan continuamente en la Ciudad.

La principal motivación para el desarrollo de este proyecto se genera en la inquietud de poder demostrar que existen características propias tanto físicas como químicas de los suelos de

ecosistemas de Manglar que son únicas y especiales, y que actualmente están siendo impactadas negativamente gracias a que se depositan gran cantidad de residuos sólidos en la parte superficial del suelo de manglar, debido también al avance de las distintas obras civiles que se desarrollan en la ciudad; bajo la premisa de que este tipo de flora puede ser reubicada y puede adaptarse en cualquier otro tipo de suelo sin ningún tipo de afectación, además no se da la importancia a este recurso como especie que constituye un hábitat natural de fauna nativa, y sus efectos benéficos sobre el micro clima de las zonas intervenidas.

## 2.1.2 MARCO TEORICO

El Manglar es uno de los ecosistemas más interesantes e importantes que posee el planeta en regiones ecuatoriales y subtropicales, a través de los servicios que presta, los atributos que posee y las funciones que realiza.<sup>10</sup>

Los manglares son bosques inundados que se encuentran en la confluencia de aguas dulces y salobres, y están atravesados por canales navegables, llamados esteros, que aumentan y disminuyen su caudal al ritmo de las mareas. Los manglares son árboles que en su proceso evolutivo se adaptaron a las presiones de ese medio singular: desarrollaron mecanismos para eliminar los excesos de sal, para sostenerse en suelos inestables y para sobrevivir en sustratos sin oxígeno, y lograron semillas flotantes que se desarrollan parcialmente en el mismo árbol como base de sus estrategias de reproducción.

Los manglares son asociaciones vegetales que se ubican en la zona costera o en las orillas de ríos y son influenciadas por el mar y el agua dulce. Son reconocidas por presentar especies de árboles y plantas con adaptaciones especiales que les permiten tolerar la falta de oxígeno, altos niveles de salinidad y distintos patrones de inundación. Tales adaptaciones les permiten colonizar suelos reducidos, inundados y salinos sujetos a cambios geomorfológicos. La combinación de estas adaptaciones morfológicas y fisiológicas no tiene parangón alguno con ninguna otra especie vegetal, por lo que son consideradas únicas y exclusivas de los Manglares (Tomlinsson, 1986).

La producción neta de los manglares en las zonas donde hay suficiente lavado del suelo, se transfiere casi en su totalidad al mar como material vegetal o detritos. Este material compuesto principalmente de hojas y madera en descomposición tiende hacia el mar según el flujo hídrico de la zona. Los organismos detritívoros de diversos grupos lo aprovechan y transfieren energía a los sistemas marinos a través de la cadena trófica. (Sánchez-Páez, et al., 2000b)

Los manglares son muy importantes para el hombre por las siguientes razones: exportan materia orgánica que es el alimento directo de diversos recursos pesqueros o estimulante de la producción primaria en el ecosistema acuático adyacente. Sustentan importantes pesquerías tropicales porque ofrecen refugio y alimento en las etapas críticas de los ciclos de vida de muchos peces, crustáceos y moluscos, que utilizan los manglares como áreas de reproducción y crianza. Del manglar se pueden extraer taninos, madera aserrable, postes, durmientes, leña y carbón., constituyen en acervo

---

<sup>10</sup> Villalba Malaver Juan Carlos. Los Manglares en el mundo y en Colombia. Estudio descriptivo básico.



genético fundamental para una comunidad diversa de plantas y animales que son importantes como patrimonio de la región, lo cual incrementa su valor científico, turístico y educativo. En la zona costera los manglares reducen la erosión atenuando los efectos de olas y corrientes, ofrecen protección a los cambios climático- meteorológicos e hidrodinámicos, y son refugio de los depredadores a la variada fauna y flora que coexiste en el ecosistema.<sup>11</sup>

Los suelos de las áreas de manglar son pantanosos, saturados de humedad, Ligeramente ácidos y compuestos de limo, arcilla, arena y restos de materia orgánica en diversos estados de descomposición; en general, por ser ambientes de baja energía, hay preponderancia de fracciones finas (arcillas y limos). Estos suelos contienen frecuentemente cantidades sustanciales de materia orgánica y un alto contenido de agua y debido a las intrusiones salinas causadas por las mareas, también contienen sales en proporción a la frecuencia de entrada de agua salada y al lavado por la escorrentía. La salinidad superficial de los suelos fluctúa entre 2 y 30 partes por mil.<sup>12</sup>

Los suelos de manglar se caracterizan por un alto contenido de agua, de sal y sulfuro de hidrógeno, un bajo contenido de oxígeno y una elevada proporción de materia orgánica (Lewis 2005). Los manglares se desarrollan sobre todo en terrenos fangosos y aluviales que por lo general se forman mediante la sedimentación de partículas de suelo transportadas por el agua. A continuación se describen algunas de las principales características de los suelos de manglares:

#### ◆ Salinidad

La salinidad en los sedimentos (salinidad intersticial) de los bosques de manglar depende del tipo de hidrología que prevalezca en ellos. Los manglares en las orillas costeras, reciben constantemente agua de mar. Por otro lado, los manglares ribereños son influenciados por agua salobre ya que reciben agua de los ríos y canales, al igual que agua de mar. La salinidad varía estacionalmente y depende de la altura y amplitud de la marea, de la precipitación pluvial y de las variaciones estacionales en el volumen de agua que les aportan los ríos, canales y escurrimientos de tierras arriba. La salinidad en los suelos de bosques de manglar que se encuentran adyacentes a ríos es menor que la salinidad en el agua de mar. Por otro lado, en los manglares localizados en las orillas de la costa, la salinidad es más alta que la del agua de mar, debido al proceso de evaporación. En general la salinidad aumenta cuando el intercambio con la marea se interrumpe (Mitsch y Gosselink 2000).<sup>13</sup>

---

<sup>11</sup> Yáñez-Arancibia, A. y A. L. Lara-Domínguez, 1999. Los manglares de América Latina en la encrucijada, p. 9-16. In: A. Yáñez-Arancibia y A. L. Lara-Domínguez (eds.). Ecosistemas de Manglar en América Tropical. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380 p.

<sup>12</sup> Alejandro Boderó. El Bosque de manglar de Ecuador

<sup>13</sup> Olguín Eugenia J., Hernández María Elizabeth y Sánchez-Galván Gloria. Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración

### ◆ Oxigenación

La penetración de oxígeno y consecuentemente la descomposición aeróbica en los suelos de ecosistemas costeros están limitados a unos cuantos milímetros de profundidad (Holmboe et al. 2001). Más abajo, los suelos de bosques de manglar presentan condiciones reducidas con potenciales de oxido-reducción en el rango de  $-100$  a  $-400$  mV, ésto como consecuencia de las condiciones de inundación que prevalecen en ellos (Mitsch y Gosselink 2000). En las zonas anaeróbicas, la respiración bacteriana utiliza  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{FeOH}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{CO}_2$  como aceptores finales de electrones (Holmboe et al. 2001). El grado de reducción depende de la duración de la inundación y de la apertura del ecosistema a flujos de agua dulce y salada. El oxígeno puede ser transportado a la zona de la rizosfera a través del tejido parenquimal que poseen los árboles de mangle, creando micro-sitios aeróbicos en esa zona. Asimismo, los flujos superficiales de agua en los suelos de manglares, ayudan a disminuir las condiciones reducidas en ellos, porque dichas aguas contienen oxígeno disuelto que es difundido hacia los suelos (Mitsch y Gosselink 2000).

### ◆ Acidez

Los suelos de los bosques de manglares son generalmente ácidos (Suprayogi y Murray 1999). Las altas condiciones reducidas de los suelos y la consecuente acumulación de sulfitos causan condiciones de acidez extrema. Se ha reportado que los sedimentos de manglares pueden acumular hasta  $0.1 \text{ kg S m}^{-3} \text{ año}^{-1}$  (Dent 1992). Si los suelos de manglares son drenados, removidos o dragados, los depósitos de azufre (en forma de piritita) son liberados y por tanto, oxidados a ácido sulfúrico, causando más acidez.

### ◆ Materia orgánica

La alta productividad primaria neta y la baja tasa de respiración del ecosistema de manglar, lo hace un sistema muy eficiente para la secuestro de carbono (Jennerjahn y Ittekkot 2002). Adicionalmente, los sedimentos marinos o los de ríos también son fuente de materia orgánica para los suelos de bosques de manglar. La acumulación de materia orgánica en esta clase de suelos está influenciada por el tipo de hidrología, por las condiciones climáticas y de inundación, así como por las especies de vegetación que lo constituyen.

En los manglares que se encuentran en cuencas bajo condiciones de inundación permanente, la materia orgánica puede exportarse en forma disuelta. En contraste, si los manglares se encuentran en zonas de flujo constante de agua, como en las orillas, la materia orgánica se exporta en forma de partículas suspendidas (López-Portillo y Ezcurra 2002). Bouillon et al. (2003), estudiaron la acumulación de materia orgánica en suelos de tres bosques de mangle, dos de ellos localizados en la India y uno en el sureste de Sri Lanka. Los tres bosques estaban conformados por las especies de mangle *Rhizophora* spp, *Exoecaria agallocha* y *Avicennia officinalis*. Cuando se tomaron muestras de suelo de cada bosque, encontraron que en suelos con *Rhizophora* spp, el contenido de carbono orgánico fue más alto que los suelos colonizados con *E. agallocha* o *A. officinalis*.

### 2.1.2.1 Importancia biológica del manglar y especies nativas<sup>14</sup>

- ◆ Favorecen la protección costera contra la erosión.
- ◆ Protegen y proveen alimento a los alevines y peces juveniles.
- ◆ Aproximadamente el 70 % de los organismos capturados en el mar, realizan parte de su ciclo de vida en una zona de manglar
- ◆ Son considerados fuente de alimento para la población humana ya que alberga una gran cantidad de especies comestibles.
- ◆ Ofrecen una gran cantidad de alimento para las aves marinas residentes y a su vez acumulan alimento para las aves migratorias.
- ◆ Proveen un microclima adecuado para el desarrollo de las especies.

### 2.1.2.2 Importancia económica del manglar y especies nativas<sup>15</sup>

- ◆ Protegen contra la erosión costera derivada del oleaje y las mareas. El denso y alto del bosque de manglar es una barrera efectiva contra vientos de huracanes, aún durante temporadas de fuertes tormentas.
- ◆ Son un atenuador contra posibles cambios climáticos no sólo por ser fijadores de CO<sub>2</sub>, sino además porque el manglar inmoviliza sedimentos ricos en materia orgánica.
- ◆ Atrapan contaminantes, compuestos orgánicos tóxicos persistentes y metales pesados
- ◆ Se estima que por cada especie de manglar destruida se pierden anualmente 767 kg de especies marítimas de importancia comercial

Los manglares en Colombia ocupan una extensión aproximada de 371.250 hectáreas, hallándose distribuidos en los litorales Caribe con 88.250 ha. Y Pacífico con 283.000 ha. (Sánchez-Páez et al. 1997 a, 1997b). Estos ecosistemas han sido objeto de múltiples presiones a través de los años, no obstante el reconocimiento en años recientes de su gran valor eco sistémico y las múltiples funciones de sus componentes.

Hay mangles de diferentes especies; en Colombia se distinguen claramente siete, de las más de cuarenta que hay en el mundo. En las franjas costeras del Caribe y el Pacífico predomina 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<sup>16</sup>.

---

<sup>14</sup> Quizhpe Cordero Patricio. Areas de Ecosistemas de Manglar Concesionadas en la provincia de El oro – Ecuador. Desarrollo Local Sostenible. Vol 1, No. 2 (Junio 2008).

<sup>15</sup> Ibid 6

<sup>16</sup> Sociedad Geográfica de Colombia. Academia de Ciencias geográficas. [www.sogeocol.edu.co](http://www.sogeocol.edu.co) consulta realizada el 31/03/2010

El mangle Rojo, se reproduce mediante la auto fertilización; esta forma cerrada de reproducción propicia poca diversidad genética dentro de cada especie. Como resultado de lo anterior, puede que el mangle rojo sucumba fácilmente ante la presencia de contaminantes u otros agentes ambientales. Si el mangle rojo se extingue, todas las demás especies de mangle sufrirán graves consecuencias.

*Conocarpus erecta* (Mangle botón o Mangle zaragoza). 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. Frecuentemente se desarrolla como arbusto, pero en terrenos favorables se desarrolla como árbol, alcanzando alturas de 5 a 7m.

Es la única especie de mangle con hojas alternas, tiene pecíolos muy cortos con láminas elípticas o elíptico lanceoladas, tienen de 4 a 9 cm de largo y de 2 a 3.5 cm de ancho. Posee 2 glándulas en la base de la lámina de la hoja.

Las flores son diminutas de 2 mm de ancho, verdes y fragantes, reunidas en inflorescencias globulares de 6 a 12.5mm de diámetro. Los glóbulos se convierten en una fruta agregada y redonda.

*Laguncularia racemosa* (Mangle blanco- Mangle amarillo). Los árboles tienen generalmente una altura de 4 a 6m, aunque alcanza hasta 20m. Su tronco tiene una corteza fisurada, característica que lo distingue del mangle negro, que tiene una corteza entera.

Las hojas son pecioladas, con pecíolos de 1 a 2cm de largo, rojizos y con 2 glándulas colocadas en ambos lados de la porción distal. Son opuestas, simples, enterizas y oblongas con un ápice redondeado y de textura coriácea y succulenta. La superficie superior (haz) es verde grisáceo y el envés más claro.

La vulnerabilidad de los ecosistemas de manglar conformados por ocho especies (*Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Pelliciera rhizophorae* y *Rhizophora mangle*, en el Caribe y *A. germinans*, *C. erectus*, *L. racemosa*, *Mora oleifera*, *P. rhizophorae*, *R. harrisoni*, *R. mangle* y *R. racemosa*, en el Pacífico), y la constante presión a la que han sido sometidos por la acción antropogénica, han generado diversos ensayos para su recuperación en las costas colombianas.<sup>17</sup>

Según el Banco Mundial y la Sociedad Internacional de los Ecosistemas de Manglar (ISME), las principales causas de la pérdida de los manglares son las actividades antropogénicas (Macintosh y Ashton 2004). Así mismo, en el Caribe la destrucción de los manglares ha avanzado a pasos agigantados.

Ellison y Farnsworth (1996) mencionan que en total, en la región, hay una pérdida anual del 1% y que este valor es mayor en los manglares de tierra firme (1.7%). Adicionalmente, clasifican a las

---

<sup>17</sup> Álvarez-León Ricardo. Los manglares de Colombia y la recuperación de sus áreas degradadas: revisión bibliográfica y nuevas experiencias

perturbaciones humanas en cuatro grupos: extracción, contaminación, reclamación de tierras y cambio climático.<sup>18</sup>

La construcción de obras civiles especialmente en cuanto a vías de comunicación como carreteras, canales y vías férreas en la costa Atlántica principalmente, así como la edificación y adecuación de muelles, la ampliación de centros urbanos, han contribuido a la desaparición y degradación de los bosques de manglar (INDERENA, 1991; Yanine-Díaz, 1991).

En el Caribe, debido a su desarrollo económico y social, los impactos sobre los ecosistemas han ido adquiriendo proporciones devastadoras. Basta considerar las principales áreas afectadas y sus causas: (1) Troncal del Caribe entre Barranquilla y Ciénaga, trazada a través de importantes áreas de manglar de la Isla de Salamanca y la Ciénaga Grande de Santa Marta, (2) Vía Coveñas y Tolú, a través de áreas de manglar de las ciénagas La Caimanera y El Francés, (3) La comunicación de Cartagena y Barranquilla a través del denominado Anillo Vial a través de los manglares de la Ciénaga de La Virgen o de Tesca, (4) La construcción y adecuación de los muelles en la Bahía de Cartagena (53 en total, hasta 1995) y Turbo, (5) los dragados y rectificaciones del Canal del Dique, (6) la construcción de camarónicas en el Canal del Dique, Isla Barú, Bahía de Barbacoas y Bahía de Cispatá, (7) la ampliación de centros urbanos sobre las zonas de manglar, tales como Cartagena, Coveñas, Tolú y Turbo y, (8) la adecuación de áreas para el turismo, como construcción de hoteles, casas de campo, marinas, especialmente en las Islas de San Andrés, del Rosario y de San Bernardo, lo que ha causado fuertes impactos detectados en los litorales continentales de los Departamentos de Bolívar, Sucre y Córdoba.<sup>19</sup>

### **2.1.3 MARCO LEGAL**

El gobierno nacional de Colombia ha promovido a través del ministerio del medio ambiente políticas de conservación de los ecosistemas de manglar, existen además organismos no gubernamentales que se dedican a la conservación y protección de estos ecosistemas también dentro de las normas legales recientes, conviene mencionar las Resoluciones 1602, de 1995, 020 de 1996, 257 y 924 de 1997, 233 de 1999 y 924 del 2000 que han sido promulgadas con miras a lograr un ordenamiento de los ecosistemas de manglares en el país. Además de éstas, existen varias normas del nivel nacional y regional que en forma directa e indirecta tienen que ver con los manglares; La Tabla 1 presenta un resumen de la normatividad relacionada con ecosistemas de Manglar.

---

<sup>18</sup> Comisión interdisciplinaria marino costera de la zona económica exclusiva de Costa Rica. Informe Técnico Ambientes Marino Costeros de Costa Rica. 2006. Vanessa Nielsen Muñoz y Marco A. Quesada

<sup>19</sup> Ibid 5

**Tabla 1. Normas principales y específicas sobre los manglares de Colombia<sup>20</sup>**

NORMAS NACIONALES	OBJETO	COMENTARIOS
Ley 47 Febrero 19 de 1993	Por medio de la cual se dictan normas especiales para la organización y funcionamiento del departamento Archipiélago de San Andrés, Providencias y Santa Catalina.	En el art. 26 se incluyen todos los manglares del archipiélago como recursos naturales de protección especial.
Ley 136 Junio 2 de 1994	Por la cual se dictan normas tendientes a modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios.	Con relación al art. 12, declara como parque nacional, los manglares del archipiélago de San Andrés, providencia y Santa Catalina.
Resolución 190 Minagricultura de Octubre 19 de 1987	Aprobó el acuerdo 52 de 1987 inderena que alindero el área del parque nacional natural utria.	En la ensenada de utria, se ubican cuatro sectores que contienen poblaciones de manglares. En el norte de chungu, terrón colorado y la aguara norte, en el extremo sur la aguara sur.
Resolución 1021 Minambiente Septiembre 13 de 1995	Por el cual se reserva, alindera declara como parque nacional natural a old providence and Mc Bean Lagoon.	El parque ocupa un área de manglar en la isla de providencia.
Resolución 1265 Minambiente de Octubre 25 de 1995	Realindero el parque nacional natural Gorgona.	En el parque se encuentra un complejo cenagoso de la margen derecha del rio magdalena, atravesado por manglares, bosques inundables y pantanosos de aguas dulces entre otros.
Resolución 1602 Minambiente Diciembre 21 de 1995	Por medio del cual se dictan medidas para garantizar la sostenibilidad de los manglares en Colombia.	Primera norma nacional especialmente, relacionada con los ecosistemas de manglares.
Resolución 020 Minambiente Enero 9 de 1996	Por medio de la cual se aclara la resolución 1602 de diciembre de 1995, y se dictan otras disposiciones.	Se modificaron los artículos 2 y 3, se respaldan todas las vedas a nivel departamental y se exigen licencia ambiental para las obras, industrias o actividades que utilicen el manglar o sus recursos asociados.

<sup>20</sup> República de Colombia: Ministerio del Medio Ambiente, vivienda y desarrollo, Dirección General de Ecosistemas. Uso Sostenible, Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Manglar en Colombia. Bogotá; 2002. 59 p.

Resolución 186 Minambiente Junio 6 de 1996	Por medio de la cual se determina el valor de establecimiento y mantenimiento que se reconocerá por concepto de incentivo forestal para el caucho, y se actualiza la lista de especies .incluye 3 de mangles, objeto de incentivo forestal.	En el artículo 4, que actualiza la lista de especies forestales objeto de incendios, incluyen avicennia germinas, laguncularia racemosa y rbizopbora mangle.
Resolución 1425 Minambiente de diciembre 20 de 1996	Realindero el área del parque nacional los Corales del Rosario y San Bernardo	Dentro de los límites del parque, el bioma dominante es el manglar, que carecen asociados a ciénagas costeras y lagunas internas y también se erigen en islotes o en el propio mar.
Ordenanza 012 concejo de San Andrés islas Junio 29 de 1993	Por medio de la cual se crea la zona especial de reserva de manglar comprendidas entre bahía hooker y bahía honda.	En el art. 3 ratifica que se trata de una reserva de manglar, y en el art.26 se destina la zona de manglar baldía, con referencia catastral 01-37-00-053-000.
Acuerdo 023 Bis Departamento Administrativo del Medio Ambiente de Cartagena Nov.26 de 1996	Por el cual se declara una Zona de Reserva Ecológica y Manejo Ambiental.	En el art.26 se destina la zona de manglar baldía con referencia catastral 01-37-00-053-000 como zona de reserva ecológica y parque forestal y zoológico ,en el art 30, el área se denominará parque forestal y zoológico cacique Dulio, jefe de la cultura indígena Caribe, cerca a la desembocadura del canal del dique en la bahía de Cartagena .

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, vivienda y desarrollo

## 2.2. OBJETIVO

### 2.2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la Caracterización Físico – Química de los suelos en los sitios donde se desarrollan las comunidades costeras tropicales de manglares en la ciudad de Cartagena de Indias Colombia.

### 2.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ◆ Realizar ensayos de laboratorio de suelos para determinar la Clasificación de los suelos presentes en las zonas de Manglar en Cinco puntos estratégicos o estaciones donde se

desarrollan bosques de Manglar en la ciudad de Cartagena.

- ◆ Determinar parámetros de Salinidad, Contenido de Materia Orgánica y pH en los suelos de Manglares de la Ciudad de Cartagena.
- ◆ Realizar la revisión Bibliográfica del material existente, relacionado con las especies nativas de las zonas en estudio; determinando posibles impactos negativos generados por la destrucción de los bosques de manglar ocasionados por la construcción de distintas obras civiles en la ciudad de Cartagena.

### 2.3. METODOLOGIA

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo de muestras de suelo ó sustrato superficial ( $H \leq 1,0$  m) de soporte de las diferentes comunidades costeras tropicales de Mangle, que proliferan en la ciudad de Cartagena. Para el cumplimiento de lo anterior se siguió el siguiente esquema metodológico:

- ◆ Realizar revisión bibliográfica de la información existente de los Ecosistemas nativos de Manglar en la Ciudad de Cartagena, obtener información secundaria de las empresas encargadas de la parte ambiental de la Ciudad de Cartagena, tal como la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (CARDIQUE), diferentes trabajos realizados a nivel de Tesis y Estudios realizados por el Establecimiento Público Ambiental (EPA).
- ◆ Localizar y geo referenciar las zonas o estaciones en las cuales se presenta el desarrollo de bosques de Manglar en la Ciudad, teniendo como referente el estudio realizado por la entidad EPA Cartagena, dicho estudio caracterizó tipos de mangle en cinco puntos estratégicos de la ciudad. Obtener información complementaria relacionada con la Caracterización del Suelo mediante la ejecución de Apiques a 1,0 m de profundidad y realización de ensayos de laboratorio. Según se muestra en la figura 7.

**Figura 7. Toma de muestra en los mangles de Cartagena de Indias**



Fuente. La autora, 2010



- ◆ Caracterizar Físico Químicamente las muestras de suelos edáficos recuperadas en la etapa de muestreo en cuanto a parámetros de Granulometría, Límites de Atterberg, pH, Contenido de Materia Orgánica y Salinidad.
- ◆ Tabular y Analizar los resultados obtenidos en la etapa de ensayos de laboratorio.
- ◆ Elaborar Conclusiones y Recomendaciones del Proyecto

## 2.4 RESULTADOS

Los puntos de muestreo escogidos, corresponden a ecosistemas de manglar en las zonas de Crespo, Marbella, Chambacú, Caño de Bazarro – Manga, Ciénaga de la virgen – Zona Norte.

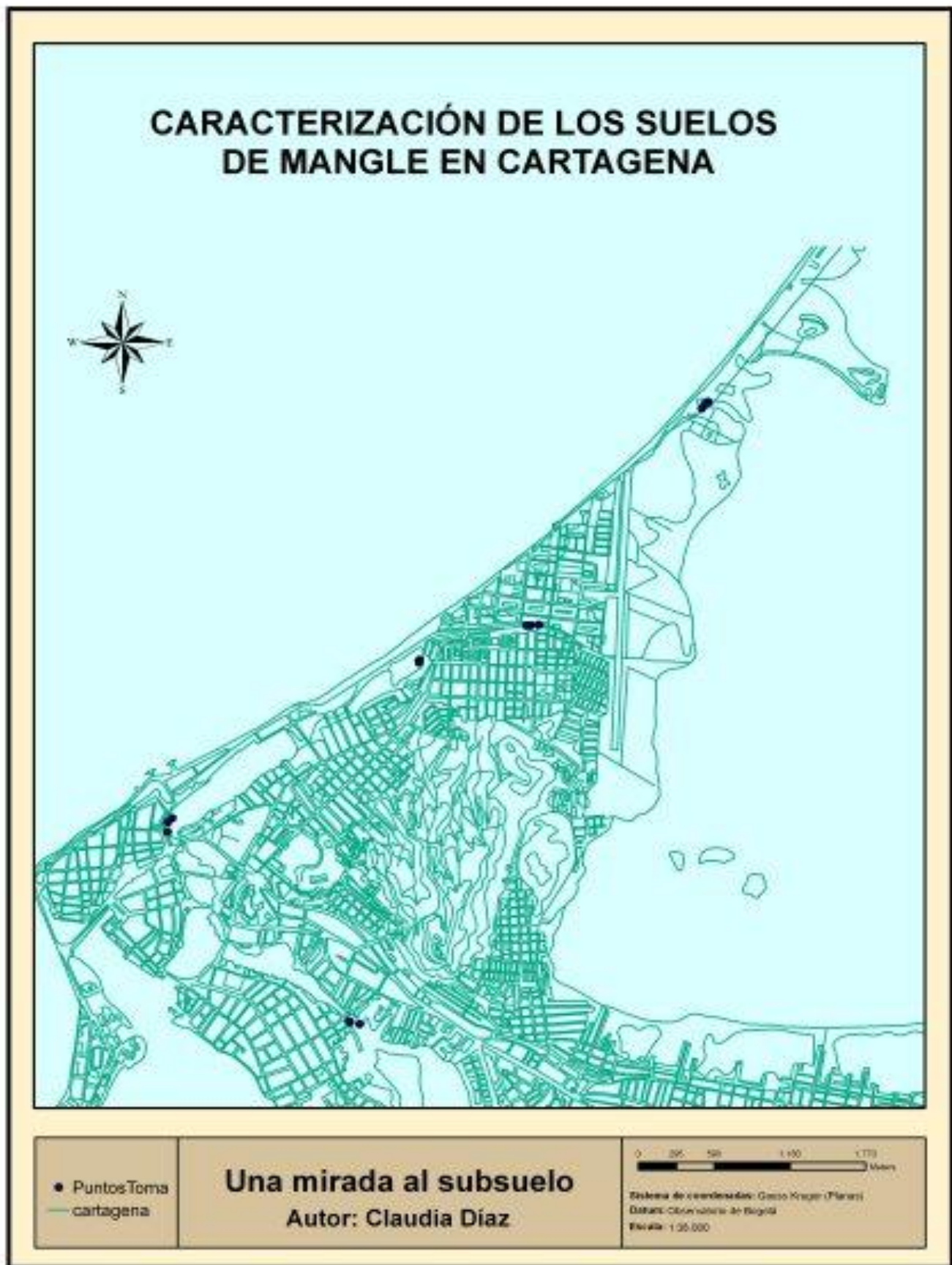
En cada estación de muestreo se realizaron tres apiques de un (1.0) metro de profundidad, la metodología empleada establece la realización de una parcelación de 5 m x 20 m de longitud, donde los apiques estarían localizados en los extremos y centro del rectángulo definido. La localización y coordenadas de los apiques realizados, en las diferentes estaciones, se indican en la Tabla 2 mostrada a continuación: según se muestra en la figura 8.

**Tabla 2. 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"

Fuente. La autora, 2010

Figura 8. Mapa ubicacion geografica de los apiques



Las zonas definidas para el proyecto, se definen a continuación:

- I. **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 este lugar 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 zahorra.
- II. **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 y 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*.
- III. **Marbella (Caño de Juan Angola)**: Esta es una zona que se ha visto muy deforestada debido a la tala, relleno indiscriminado de cuerpos de agua con escombros y posterior construcción de Edificaciones, de forma tal que el bosque de manglar se ha visto muy reducido. Las especies predominantes son: *Avicennia germinans*, *Terminalia catappa* y *Thespesia populnea*.
- IV. **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 construcción de vías.
- V. **Manga**: En esta zona gran parte de los mangles han sido deforestados y se ha dado paso al dragado y relleno de zonas para la construcción de vías, paseos peatonales y además presenta un problema adicional, la disposición indiscriminada de residuos sólidos. Encontramos predominio de *Avicennia germinans* y en menor proporción *Tabebuia rosea* y *Terminalia catappa*.

Se realizaron ensayos de laboratorio al conjunto de muestras recuperadas a 0,5 m y 1,0 m de profundidad, referenciadas como muestra M-1 y M-2 en todas las zonas de muestreo; los ensayos realizados fueron de Granulometría, Límites de Atterberg, Humedad Natural, Contenido de Material Orgánico, pH y Salinidad, con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 3. 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 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

Fuente. La autora, 2010

ESTACION	APIQUE	MUESTRA	CLASIFICACION USC	DESCRIPCION
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 chinias, 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.

Fuente.

La

autora,

2010

Como puede observarse en la tabla 3, 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.

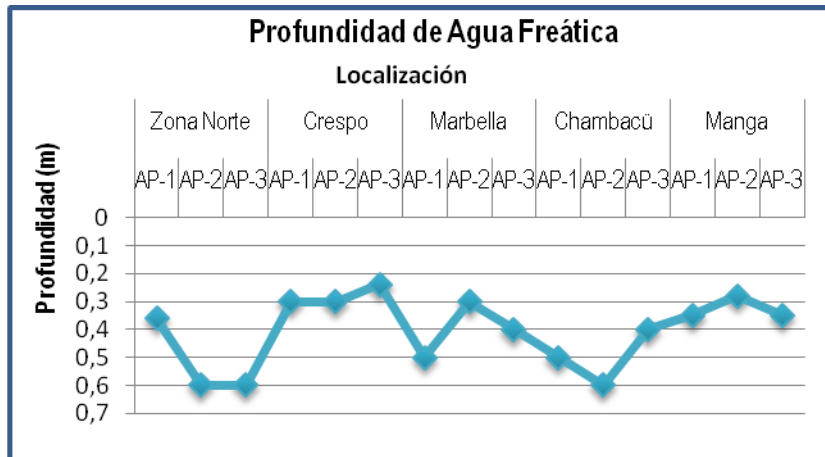
Los datos de humedad natural, contenido de material orgánico y profundidad de nivel freático se indican en la Tabla 4; donde los resultados muestran la presencia de niveles freáticos a poca profundidad (Gráfica No.1), es decir superficiales, entre 0.24 m y 0.60 m, lo cual es un indicador de la existencia 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.

**Tabla 4. Resultados de ensayos de laboratorio**

ESTACIÓN	APIQUE	MUESTRA	PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO (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

Fuente. La autora, 2010

**Gráfica 1. Nivel de Agua Freática según zona de estudio**

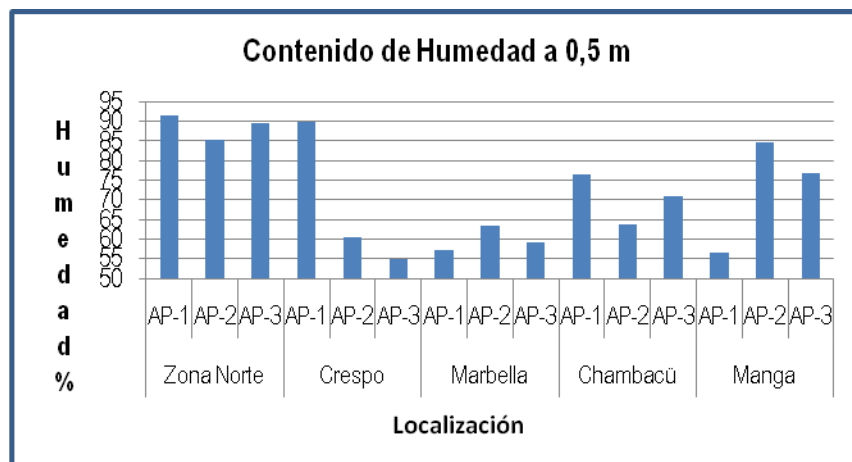


Fuente. La autora, 2010

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 las Gráficas. 2 y 3

De los resultados presentados en la Gráfica No. 2, 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 (Gráfica 3) 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.

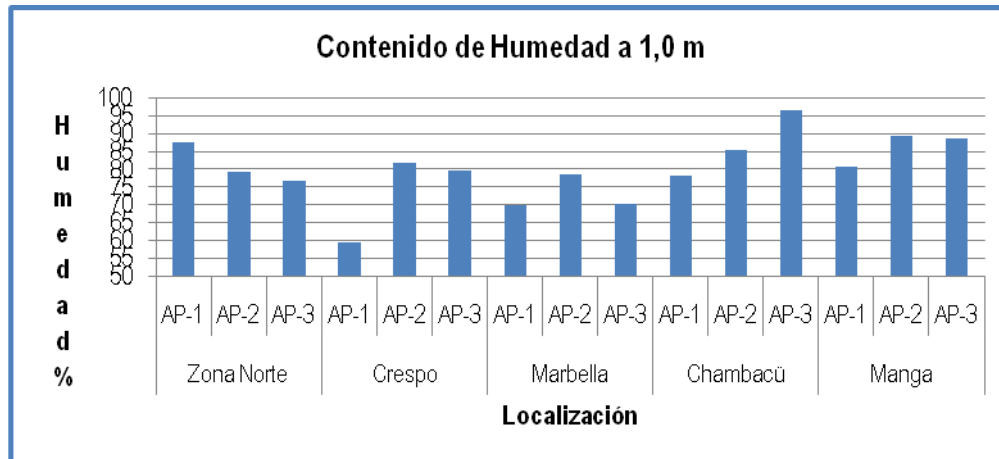
**Gráfica 2. Contenido de Humedad muestras recuperadas a 0.5 m de profundidad**



Fuente. La autora, 2010



**Gráfica 3. Contenido de Humedad muestras recuperadas a 1.0 m de profundidad**

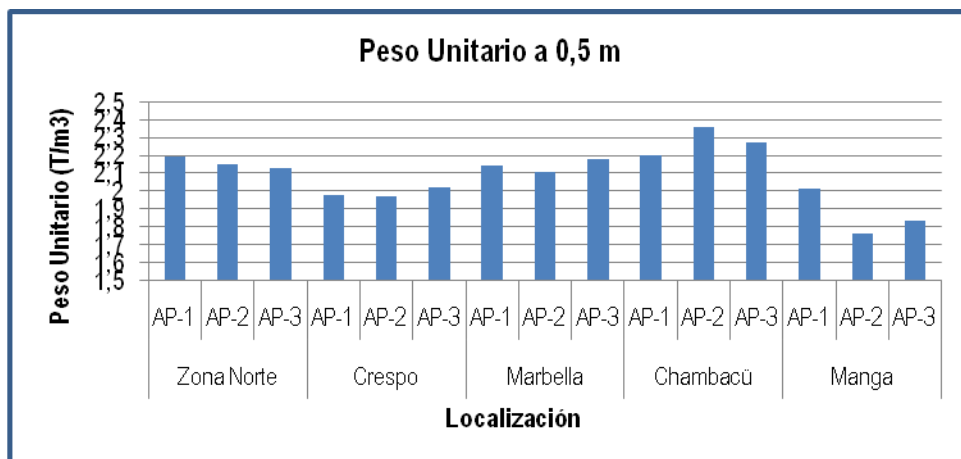


Fuente. La autora, 2010

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 Gráfica 4, 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 (Gráfica 5) presentan valores entre 2.0 T/m<sup>3</sup> y 2.3 T/m<sup>3</sup>.

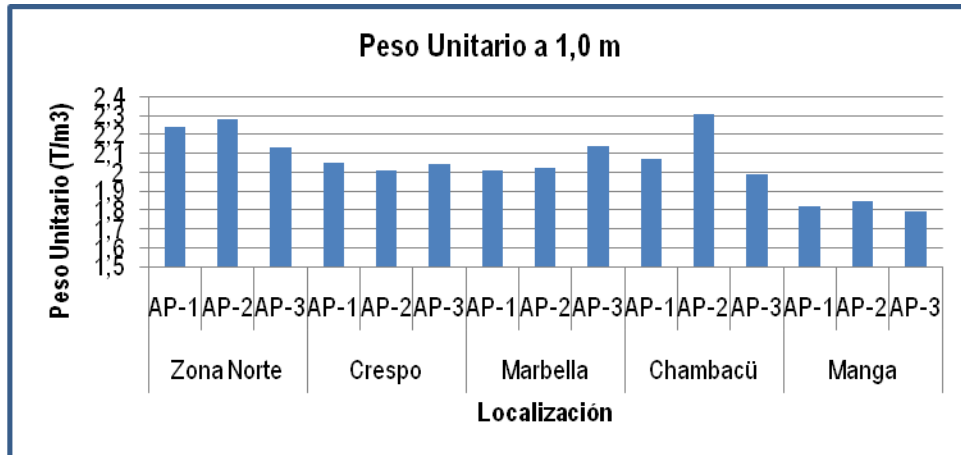
El peso unitario del suelos encontrado en la zona de Manga para muestras de suelos recuperadas a 0.5 m de profundidad está entre 1.7 Ton/m<sup>3</sup> y 2.0 Ton/m<sup>3</sup>, mientras que para las muestras recuperadas a 1.0 m de profundidad los valores de peso unitario oscilan entre 1.7 Ton/m<sup>3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

**Gráfica 4. Peso Unitario muestras recuperadas a 0.5 m de profundidad Fuente: Elaboración propia**



Fuente. La autora, 2010

**Gráfica 5. Peso Unitario muestras recuperadas a 1.0 m de profundidad**

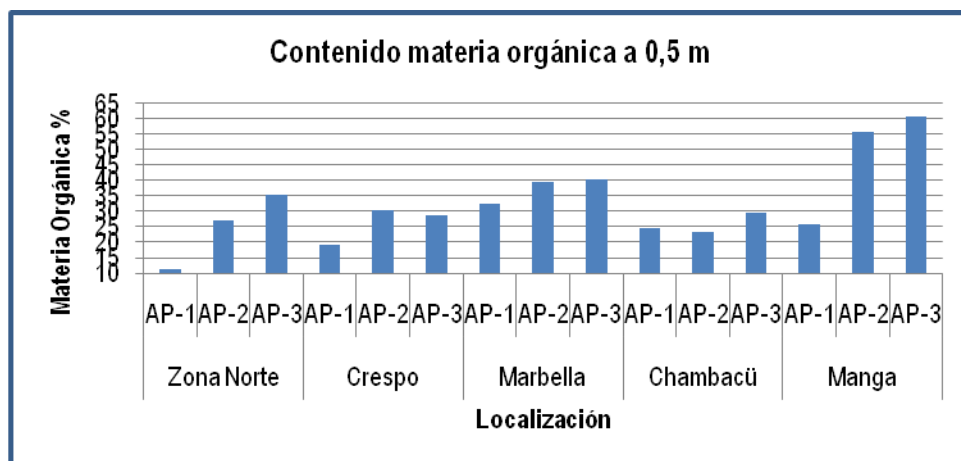


Fuente. La autora, 2010

El contenido de Materia orgánica se analizó comparativamente en las cuatro zonas de Crespo, Zona Norte, Marbella y Chambacü, 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.

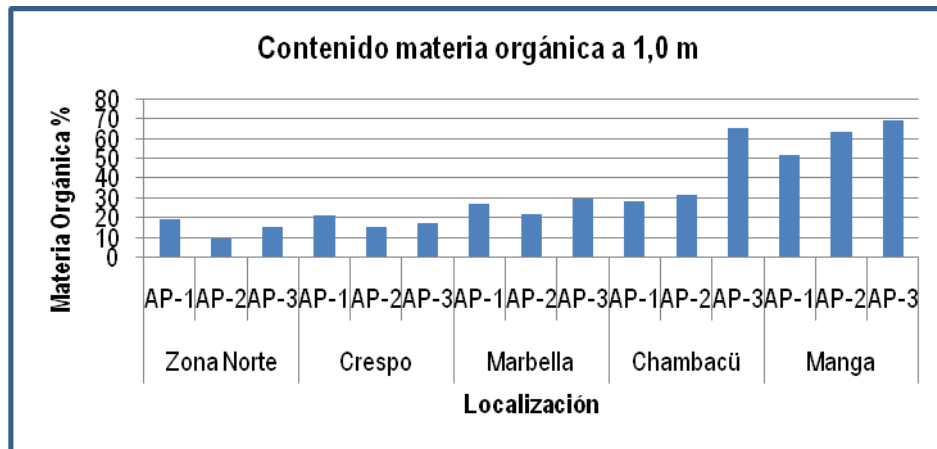
Se observó que el contenido de material orgánico del 50% de las muestras recuperadas a 0.5 m de profundidad (Gráfica 6), de las cuatro zonas en mención, es superior a 30%, mientras que en las muestras recuperadas a 1.0 m de profundidad (Gráfica 7) el contenido de materia orgánica disminuye, encontrándose 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.

**Gráfica 6. Contenido de materia orgánica de muestras recuperadas a 0.5 m de profundidad**



Fuente. La autora, 2010

**Gráfica 7. Contenido de materia orgánica de muestras recuperadas a 1.0 m de profundidad**



Fuente. La autora, 2010

En el proyecto de investigación también se realizaron mediciones de para determinar parámetros químicos del suelo. En la Tabla No. 5 se muestran los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio.

**Tabla 5. Parámetros Químicos del suelo**

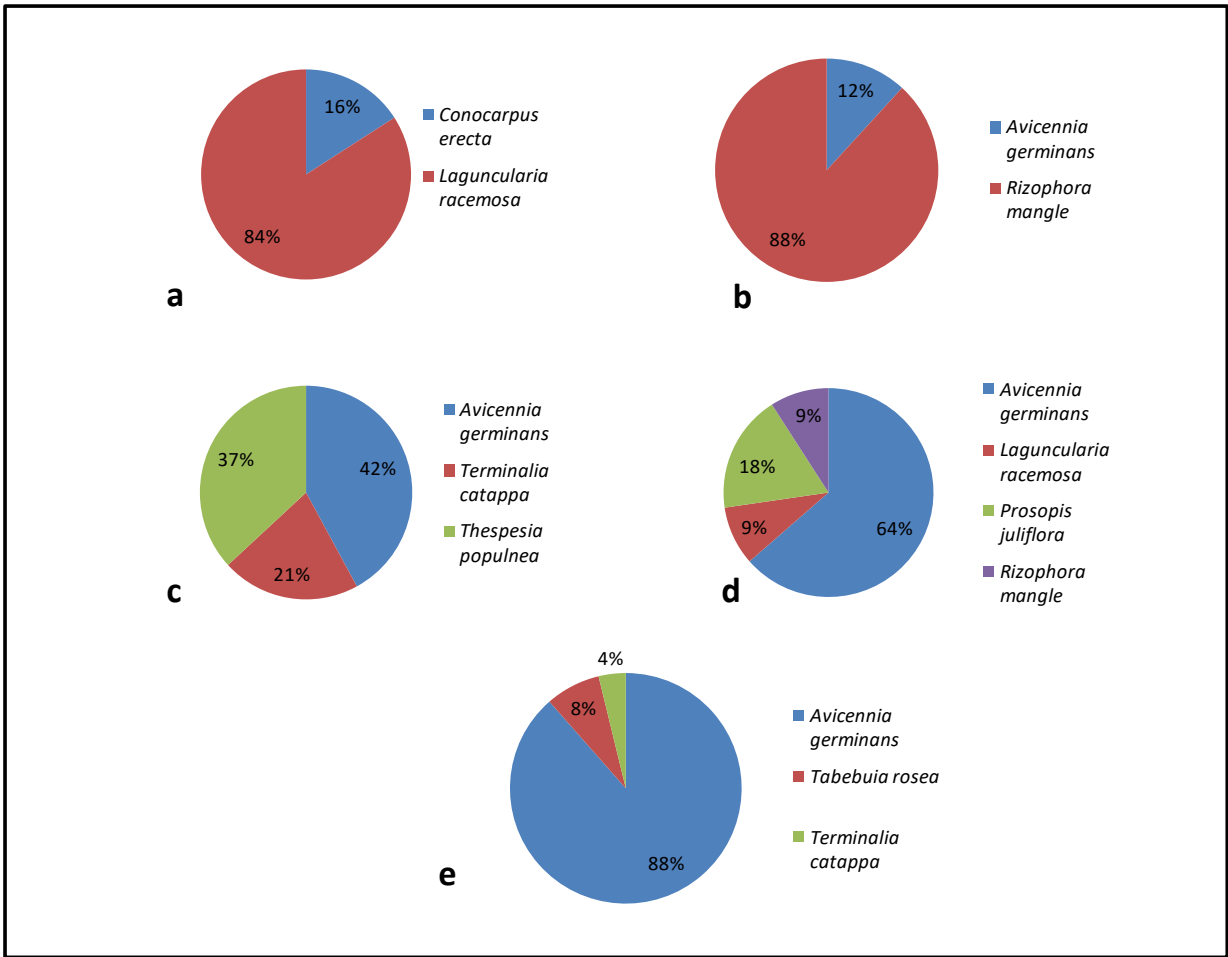
ESTACION	APIQUE	MUESTRA	pH	SALINIDAD ppM	Especie de Manglar predominante
Zona Norte	AP-1	M-1	8.06	1.9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocarpus erecta</li> <li>• Laguncularia racemosa</li> </ul>
	AP-2	M-1	8.19	2.1	
	AP-3	M-1	8.23	1.6	
Crespo	AP-1	M-1	7.90	1.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avicennia germinans</li> <li>• Rizophora mangle</li> </ul>
	AP-2	M-1	8.01	1.9	
	AP-3	M-1	8.18	1.6	
Marbella	AP-1	M-1	7.20	1.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avicennia germinans</li> <li>• Terminalia catappa</li> <li>• Thespesia populnea</li> </ul>
	AP-2	M-1	7.46	1.5	
	AP-3	M-1	7.56	1.4	
Chambacú	AP-1	M-1	9.02	0.34	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avicennia germinans</li> <li>• Laguncularia racemosa</li> <li>• Prosopis juliflora</li> <li>• Rizophora mangle</li> </ul>
	AP-2	M-1	9.45	0.40	
	AP-3	M-1	8.95	0.20	
Manga	AP-1	M-1	7.08	1.0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avicennia germinans</li> <li>• Tabebuia rosea</li> <li>• Terminalia catappa</li> </ul>
	AP-2	M-1	7.80	1.5	
	AP-3	M-1	7.22	1.7	

Fuente. La autora, 2010

Otro aspecto de gran importancia lo constituye la distribución de especies de Manglar por zona (Tabla 5) y el predominio de las mismas dentro del estudio realizado.

La Gráfica 8 indica que la especie predominante en cuatro de las cinco zonas estudiadas es la Avicennia Geminans; como se ha definido en la Tabla 5 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. En la zona de Manga, considerada de condiciones atípicas en cuanto a formación de suelos, debido a la presencia de estratos cohesivos observamos una buena adaptación de la especie Avicennia Germinans con un 88% de dominio, también se observaron especies de Tabebuia rosea y Terminalia catappa presentes sólo en esta zona y en Marbella, pero con una baja incidencia (21% Terminalia catappa).

**Gráfica 8. Distribución de mangles en las zonas de estudio de la ciudad de Cartagena.**

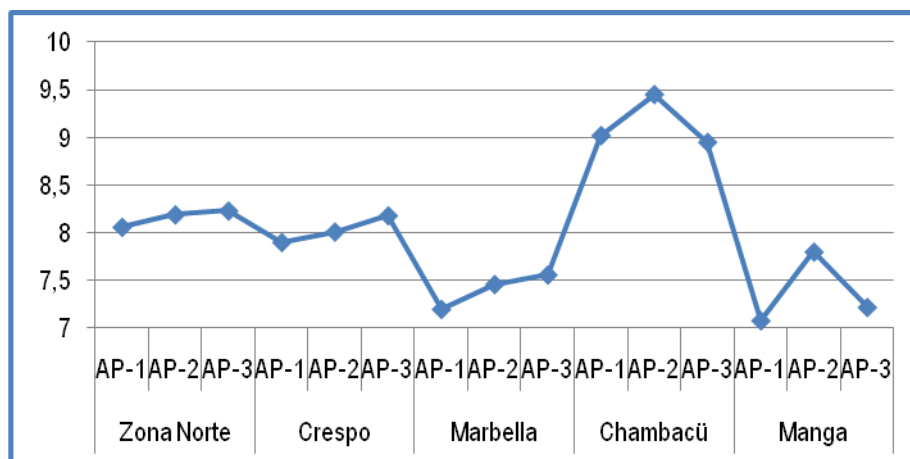


**a. Zona Norte b. Crespo c. Marbella d. Chambacú e. Manga**

Fuente. La autora, 2010

Los valores de pH del suelo varían entre 7.0 y 9.5 con lo cual se obtienen valores de neutros a básicos, con un porcentaje del 53,3% con valores de pH superiores a 8 (Gráfica 9); lo anterior es un indicador de la presencia de sales solubles que es común para ambientes salinos. Las especies de Manglares se adaptan fácilmente a estas condiciones de salinidad y están en capacidad de absorber los minerales necesarios para su sustento a través de su sistema radicular. Sin embargo no hay que olvidar que la variación de pH modifica el grado de solubilidad de minerales en el agua (Ibáñez, 2007), por tanto habrá minerales no disponibles para el sistema radicular del Manglar.

**Gráfica 9. . Determinación de pH a muestras recuperadas a 0.5 m de profundidad**



Fuente. La autora, 2010

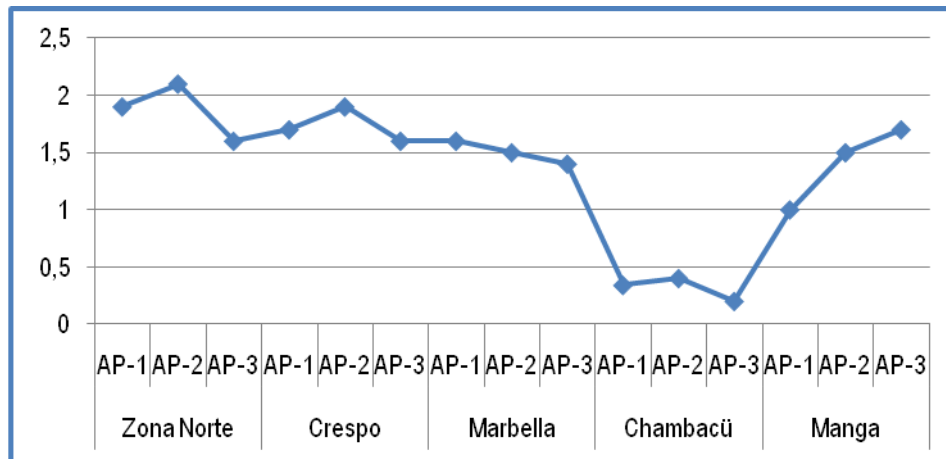
Como información complementaria a la determinación de pH se realizaron pruebas de salinidad de suelos a las muestras recuperadas a una profundidad de 0,5 m, lo anterior considerando que este sustrato de suelo es el que se encuentra íntimamente relacionado ó en contacto directo con el sistema radicular del Manglar.

En la Gráfica 10 se observa que el 66,6% de las muestras recuperadas presentan una salinidad superior a 1,5 ppt<sup>21</sup> (partes por mil), mientras que el 33,4% de las muestras restantes presentan una salinidad entre 0,2 y 1,5 ppt. Lo anterior corrobora los resultados de pH altos obtenidos y la salinidad registrada se encuentra en la literatura dentro del rango de agua salobre (0.5 – 30 ppt) ó ligeramente salino (2-4 CEs)<sup>22</sup>; en este caso se asocia dicha salinidad a la presencia de niveles freáticos superficiales y la cercanía de cuerpos de agua salada.

<sup>21</sup> Dahl, 1956. Halinidad del agua

<sup>22</sup> United States Salinity Laboratory de Riverside

**Gráfica 10. Determinación de Salinidad a muestras recuperadas a 0.5 m de profundidad**



Fuente. La autora, 2010

## 2.5 CONCLUSIONES

- ◆ El estudio realizado a suelos de cinco zonas de Cartagena donde encontramos bosques de manglar, mostró que la especie más común en cuatro de las cinco zonas estudiadas es la *Avicennia Geminans*, la cual es una especie de manglar de amplia distribución principalmente en las costas americanas (Cintrón-Molero y Schaeffer-Novelli, 1992; Duke, 1992), la cual tolera un gran espectro de condiciones climáticas y edáficas que le permiten ser dominante o exclusiva de ambientes marginales en los límites latitudinales o en áreas donde los suelos tienen altas concentraciones de sal (Cintrón y Schaeffer-Novelli, 1983). En Colombia es conocida como mangle negro, salado, sietecueros, de humo o prieto (Prahl, 1990; Sánchez-Páez et al., 1997) y se encuentra en ambas costas, siendo más representativa en el Caribe.<sup>23</sup>
- ◆ Se encontró predominio en cuanto a formación física, 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.

<sup>23</sup> Rodríguez-Ramírez Alberto, Nivia-Ruiz Jaime, Garzón-Ferreira Jaime. Características estructurales y funcionales del manglar de *avicennia germinans* en la bahía de chengue (caribe colombiano).

- ◆ 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.
- ◆ Otro aspecto de fundamental importancia encontrado en este trabajo fueron los niveles de pH encontrados, cuyos valores varían entre 7.0 y 9.5, es decir rangos de pH de neutros a básicos, con un predominio (53,3%) de valores de pH superiores a 8; lo anterior nos indica de 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, que son granulares, permite el flujo de corrientes subterráneas, la entrada de la cuña salina y por consiguiente la interacción de la misma con el suelo.
- ◆ La salinidad encontrada en el 66,6% de las muestras recuperadas presentan una salinidad superior a 1,5 ppt (partes por mil), mientras que el 33,4% de las muestras restantes presentan una salinidad entre 0,2 y 1,5 ppt. Lo anterior corrobora los resultados de pH altos obtenidos y la salinidad registrada se encuentra en la literatura dentro del rango de agua salobre (0.5 – 30 ppt) ó ligeramente salino (2-4 CEs); se atribuye en nivel de salinidad del suelo a la interacción del agua freática con el suelo y el flujo de la misma a través de la porosidad del suelo granular encontrado en la mayor parte de la estratigrafía de las zonas exploradas.
- ◆ 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 anterior indica la presencia de gran cantidad de agua disponible entre 0,5 m y 1,0 m de profundidad, que puede tener un flujo variable, ascender y estar 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%.

## REFERENCIAS

- ◆ Álvarez-León Ricardo. Los manglares de Colombia y la recuperación de sus áreas degradadas: revisión bibliográfica y nuevas experiencias.
- ◆ Bodero Alejandro. El Bosque De Manglar De Ecuador
- ◆ Comisión interdisciplinaria marino costera de la zona económica exclusiva de costa rica. Informe técnico ambientes marino costeros de costa rica. 2006. Vanessa Nielsen Muñoz y Marco A. Quesada



- ◆ Dahl, E. 1956. Límites ecológicos de la salinidad en aguas poiquilohalinas. oikos, 7(i): 1–21.
- ◆ EPA Cartagena, Caracterización de los manglares en los caños y lagunas interiores de Cartagena de Indias.
- ◆ FAO. ROMA 1987. La calidad del agua en la agricultura. (estudio riego y drenaje).
- ◆ López J. y Ezcurra e. (2002). Los manglares de México: una revisión. maderas y bosques. número especial: 27-51.
- ◆ Márquez, G. 1990. Ecosistemas marinos. en Jimeno M. C. (ED). Caribe Colombia. FONDO FEN Colombia. Bogotá, 115-113.
- ◆ Márquez, G. 1996. ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS Y OTROS ESTUDIOS DE ECOLOGÍA AMBIENTAL. FONDO FEN COLOMBIA, SANTAFÉ DE BOGOTÁ, 211 P.
- ◆ Mejía Ramírez Jorge. El manglar, el ecosistema de vida. código ispn de la publicación: epzyuzefkagvtuoxtr, disponible [WWW.REVISTACIENCIAS.COM/PUBLICACIONES/EPZYUZEFKAGVTUOXTR.PHP](http://WWW.REVISTACIENCIAS.COM/PUBLICACIONES/EPZYUZEFKAGVTUOXTR.PHP) consulta realizada el 30 de marzo de 2010.
- ◆ Ministerio Del Medio Ambiente. 2002. Zonificación de manglares. resolución 721 de 2002.
- ◆ 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.
- ◆ Olgún Eugenia J., Hernández María Elizabeth y Sánchez–Galván Gloria. Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración.
- ◆ Prah. H. Von, Et Al. 1990. Manglares y hombres del pacífico colombiano.
- ◆ Quizhpe Cordero Patricio. Aéreas de ecosistemas de manglar concesionadas en la provincia de el oro – ecuador. desarrollo local sostenible. vol 1, no. 2 (junio 2008).
- ◆ República de Colombia: Ministerio Del Medio Ambiente, Vivienda Y Desarrollo, dirección general de ecosistemas. Uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar en colombia. Bogotá; 2002. 59 p.

- ◆ Rodríguez-Ramírez Alberto, Nivia-Ruíz Jaime, Garzón-Ferreira Jaime. Características estructurales y funcionales del manglar de avicennia germinans en la Bahía de Chengue (Caribe Colombiano).
- ◆ 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).
- ◆ Sociedad geográfica de Colombia. Academia de ciencias geográficas. disponible en: [www.sogeocol.edu.co](http://www.sogeocol.edu.co) consulta realizada el 31/03/2010
- ◆ Tomlinsson, P.B. 1986, The botany of mangroves
- ◆ 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.
- ◆ Vázquez Recio Benjamín. Influencia del sobre el suelo (salinidad), escuela universitaria de ingeniería inea, valladolit.
- ◆ Villalba Malaver Juan Carlos. los manglares en el mundo y en Colombia. estudio descriptivo básico
- ◆ Yáñez–Arancibia, A. Y A. L. Lara–Domínguez, 1999. Los manglares de américa latina en la encrucijada, p. 9-16. in: a.
- ◆ Yáñez–Arancibia, A. Y A. L. Lara–Domínguez (EDS.). Ecosistemas de manglar en américa tropical. instituto de ecología a.c. México, uicn/orma, costa rica, noaa/nmfs silver spring md usa. 380 p.



## CAPITULO 3

---

# FIJACION DE CARBONO EN EL MANGLAR ASOCIADO AL AREA URBANA DE CARTAGENA DE INDIAS, D.T. Y C

**ILDEFONSO CASTRO ANGULO, Q.F., ESP. ING. SANITARIA Y AMBIENTAL**

Docente, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, Cartagena, [foncas2001@yahoo.com](mailto:foncas2001@yahoo.com)

**Abstract:** A sampling of forest species in the mangrove area associated with the urban area was made in Cartagena de Indias, D.T. y C. Variables like diameter at breast height (DBH), tree height were measured and based on these measurements the total biomass in trees and carbon dioxide contained were calculated. The relationship between the location of the sample plot and the amount of biomass fixed on it, and the relationship between species and biomass fixed were determined.

**Key words:** mangrove, carbon fixation potential, biomass

**Resumen:** Se realizó un muestreo de especies forestales en la zona de manglar asociado al área urbana de Cartagena de Indias, D.T. y C. Se midió el diámetro a la altura de pecho (DAP), altura del árbol y con base en estas mediciones se calculó la biomasa total contenida en los arboles y la biomasa de carbono. Se determinó la relación entre la ubicación de la parcela muestreada y la cantidad de biomasa fijada en ella, así como la relación entre especie y biomasa fijada.

**Palabras Clave:** manglar, fijación de carbono, biomasa

### 3.1 INTRODUCCIÓN

Los manglares son importantes para el equilibrio de los ambientes costeros. Estos se clasifican entre los ecosistemas más productivos del mundo (Lacerda et al, 2001) Varias investigaciones han demostrado las funciones que estas comunidades vivientes prestan a sí mismos y a otros ecosistemas.

Entre ellas podemos mencionar el control de la erosión y la estabilización del suelo, la captura de contaminantes, la generación de biomasa vegetal y animal, la protección de costas. Cartagena, constituida en su centro histórico y alrededores por islas, y al tener varios cuerpos de agua lagunares y costeros, como los caños, lagos, ciénaga de la Virgen y Bahía de Cartagena, cuenta con una proporción considerable de superficie de manglar (aprox. 1152 Ha)<sup>24</sup>. Las especies más

---

<sup>24</sup> Actualización de la zonificación de manglares en la jurisdicción de CARDIQUE, 2007. MI-0275

comunes en esta zona son el mangle rojo (*Rizophora mangle*), el mangle salado (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle zaragoza (*Conocarpus erecta*), y aunque escaso el mangle piñuelo (*Pellliciera rizophorae*). Todos estos servicios ambientales son vitales y providenciales considerando la alta presión antrópica ejercida sobre ellos, y las condiciones climáticas adversas. En otras zonas del Caribe colombiano se ha estudiado la dinámica y fijación del carbono de forma similar (Lema, 2007).

Siendo el manglar de Cartagena parte importante del patrimonio ambiental de la ciudad, y considerando el mal estado en que se encuentra por múltiples factores, entre ellos la tala, la contaminación por aguas residuales y residuos domésticos, y la reclamación de terreno para expansión urbana, es necesario determinar la magnitud de los servicios ambientales que perderíamos si se acaba con el manglar. Entre estos servicios está el potencial de fijación de carbono.

### 3.2 MATERIALES Y METODO

#### ◆ Ubicación de las parcelas de manglar

Se definieron seis zonas de muestreo dentro del área de manglar ubicada en la zona urbana del distrito de Cartagena. Para la definición se tuvo en cuenta la diversidad de condiciones ambientales del manglar en el área de estudio. Se seleccionaron los sectores de La Boquilla, Crespo, Marbella, Cabrero, Chambacú, y Manga. En cada zona se seleccionó una parcela de cuatro (4) metros de ancho por veinte (20) metros de largo. Cada parcela se midió mediante cinta métrica y se determinó su posición central mediante georeferenciación satelital (GPS). La ubicación geográfica de las parcelas seleccionadas se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6 Ubicación geográfica de las parcelas de manglar**

PARCELA	UBICACIÓN	NORTE	ESTE
1	LA BOQUILLA	10° 27'31.24"	75°30'21.11"
2	CRESPO	10° 26'32.32"	75°30'57.13"
3	MARBELLA	10°26'24.68"	75°31'32.41"
4	CABRERO	10°25'47.36"	75°32'30.55"
5	CHAMBACÚ	10°25'40.46"	75°32'41.20"
6	MANGA	10°24'50.84"	75°31'54.87"

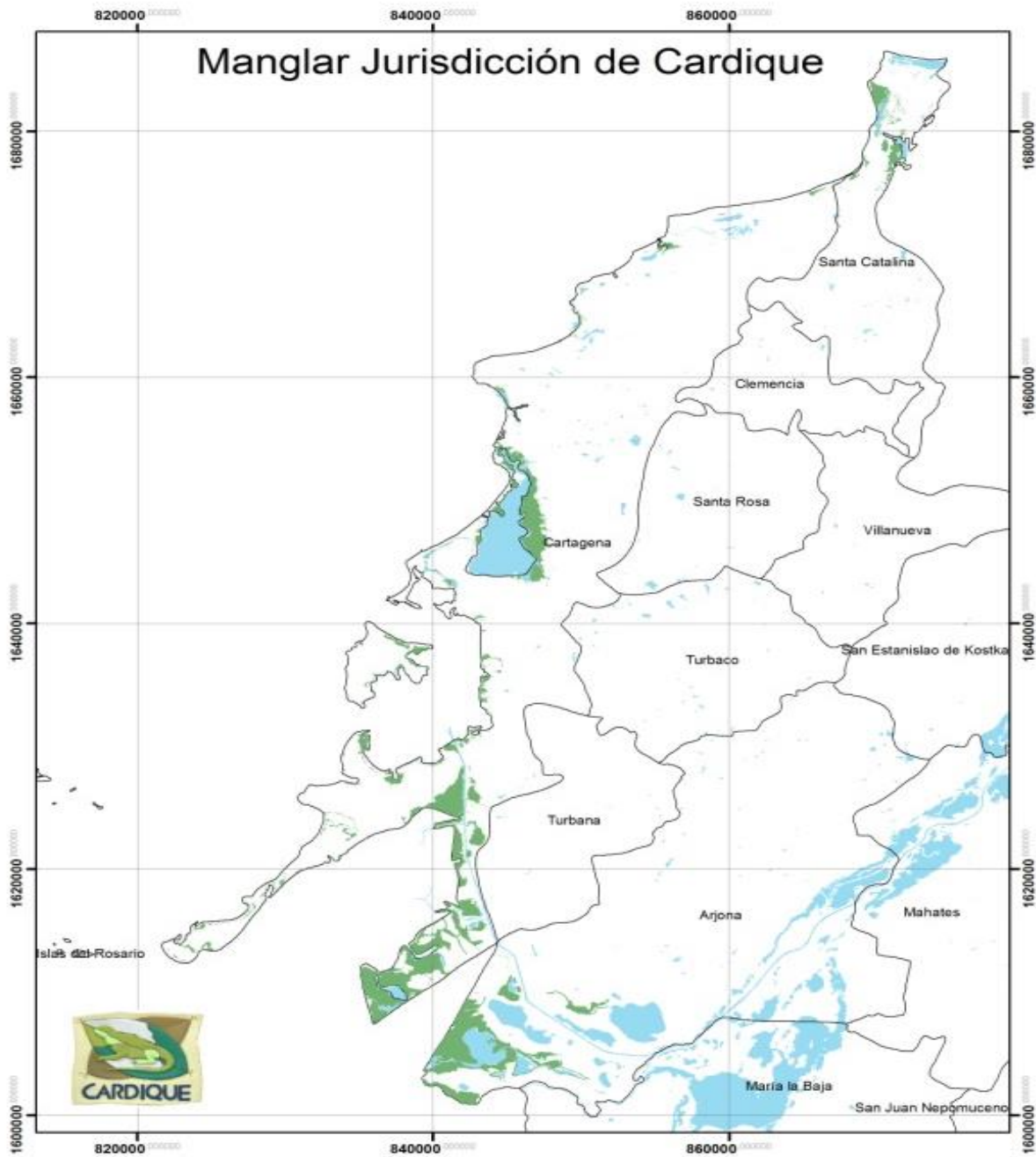
Fuente. Datum: WGS84

### 3.3 AREA DE ESTUDIO

La ciudad de Cartagena está situada en la costa norte de Colombia, Longitud 75° W - Latitud 10°N. Su vocación es turística e industrial, con una actividad portuaria de importancia. Al ser fundada en sus inicios sobre una zona insular la ciudad se desplegó sobre un complejo de caños y lagos que acogían un ecosistema manglárico rico y productivo. Lamentablemente el desarrollo de la ciudad se ha dado de espaldas a este ecosistema, contaminándolo con aguas domesticas servidas, residuos

sólidos urbanos de todo tipo y por otra parte reclamando terrenos de manglar mediante relleno y/o tala del mismo. Según se muestra en la figura 9

Figura 9. Manglares en el área de estudio



Fuente. CARDIQUE

### 3.4 DINAMICA DEL MANGLAR

Sanchez (2003) menciona los tensores antrópicos más destacados de los manglares de Colombia, que en caso de Cartagena podemos resaltar los procesos de expansión turística y hotelera, las construcciones civiles, drenaje y canalización, la actividad industrial, la disposición de residuos industriales y domésticos, y los aprovechamientos no sostenibles de sus recursos.

Estos factores se traducen en la degradación del manglar, generando para estos ecosistemas la pérdida de biomasa, la desaparición de nichos ecológicos, la disminución de la biodiversidad, la formación de playones salinos, la reducción del porte y vigor de los árboles, la sedimentación de los cuerpos de agua, y la pérdida de playas y costas por la erosión marina.

El Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR) realizó un estudio sobre el estado general de los manglares en Colombia<sup>25</sup> (2004). Los resultados del estudio muestran a grandes rasgos que el manglar del distrito de Cartagena se encuentra bastante intervenido y fragmentado, con predominancia de bosque ralo, es decir de poca área basal, escasa regeneración natural y predominancia de R. mangle.

Actualmente, la inspección visual revela la pérdida de espacios de manglar debido a varias obras de infraestructura tales como la marginal del Cabrero, el parque de Raquetas, el paseo peatonal de la Avenida El Lago, la ampliación del muelle de Contecar, la ampliación de proyectos hoteleros y habitacionales en La Boquilla, y el dragado y recuperación del caño Bazurto. Esto se corroboró en la salida de campo.

#### 3.4.1 MEDICION DE VARIABLES DASOMETRICAS

“La dasometría es la rama de la dasonomía que se ocupa de las mediciones forestales, tanto del árbol individual como de la masa forestal, así como del estudio del crecimiento de los árboles, y se concreta en la captación de información de los montes a través de la realización de Inventarios Forestales, la cual es la que permite la toma de decisiones de gestión<sup>26</sup>”. Estos datos son útiles para estimar la biomasa retenida en el manglar.

A través de estas mediciones podemos calcular el volumen de biomasa contenida en la masa boscosa, si realizamos mediciones puntuales, o la cantidad de material vegetal generado (por ende carbono o dióxido de carbono absorbido) en un lapso de tiempo, si se realizan mediciones en series temporales.

Paso seguido se procedió a establecer la especie de cada árbol dentro de la parcela, así como el diámetro a la altura de pecho (DAP) en cm, y la altura total en metros (m).

---

<sup>25</sup> INVEMAR; Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia 2004, Cap. 6 ESTADO DE LOS ESTUARIOS Y MANGLARES EN COLOMBIA, 2004

<sup>26</sup> Tomado de: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/dasometria>

### 3.4.2 ESTRUCTURA FORESTAL

Después de tabular la información recolectada en campo se procedió a calcular los parámetros descriptores de la estructura del manglar, tales como abundancia relativa (Abu), dominancia relativa (Dom), Frecuencia relativa (Fre), e índice de valor de importancia (IVI). Las formulas utilizadas para el cálculo de estos descriptores son las siguientes<sup>27</sup>:

#### ◆ Abundancia relativa

$$(Ab\%) = (ni/N)*100$$

Donde

ni Número de individuos de cada especie

N Número total de individuos

#### ◆ Frecuencia relativa

$$Fr = (Fi/Ft) * 100$$

Donde

Fi Frecuencia absoluta de la enésima especie

Ft Total de las frecuencias del muestreo

#### ◆ Dominancia absoluta

$$Gi = (\pi/40000) * \sum di^2$$

Gi Área basal en m<sup>2</sup> para la enésima especie

di Diámetro normal en cm de individuos de la misma especie

π 3,1416

◆ **Dominancia relativa**

$$(D\%) = (Gi/Gt) *100$$

**Donde**

**Gi** Área basal en m<sup>2</sup> para la enésima especie  
**Gt** Área basal total del muestreo

◆ **Índice de valor de importancia**

$$IVI = Ab\% + Fr + D\%$$

**Donde**

**Ab%** Abundancia relativa  
**Fr** Frecuencia relativa  
**D%** Dominancia relativa

### **3.4.3 FIJACION DE CARBONO**

El carbono en los ecosistemas boscosos se acumula de varias formas, en los árboles vivos, árboles muertos en pie, árboles muertos caídos, suelo del bosque, biomasa caída (hojas y ramas) carbono orgánico en el suelo, y sotobosque. Este ingresa a las plantas en forma de dióxido de carbono en el proceso de la fotosíntesis.

Para este caso en particular se calculó la biomasa total de cada individuo, utilizando las ecuaciones así como el contenido de carbono (C) asociado a cada biomasa. Este cálculo se hizo mediante las ecuaciones determinadas para cada especie de mangle, halladas en la bibliografía. Las ecuaciones usadas se resumen en la Tabla 7.

Se escogieron estas relaciones dada la similitud de los ecosistemas de donde se tomaron los datos para generarlas. En ausencia de ecuaciones específicas para las especies *T. catappa*, *C. erecta*, *T. populnea* y *P. juliflora* y para propósitos comparativos de biomasa contenida en estas especies se asumió la relación prevista para *L. racemosa*. Para el cálculo del carbono fijado se asumió una fracción de 0,25 de la biomasa.

### **3.5 RESULTADOS**



La estructura del manglar de acuerdo con los valores de abundancia, dominancia, frecuencia e Índice de Valor de Importancia hallados muestra diferencias notables en la composición del mangle en la ciudad de Cartagena. Observamos que *A. germinans* es la especie más frecuente en las parcelas, excepto la Zona Norte (Boquilla) y el Cabrero. Otra característica destacable es la poca variabilidad de especies en los sectores estudiados, pues la mayoría tienen representación de dos especies.

De igual forma se observaron individuos de especies normalmente asociadas a este tipo de ecosistemas, como el clemon (*Thespesia populnea*) y otras no comúnmente asociadas, como el roble (*Tabebuia rosea*), trupillo (*Prosopis juliflora*) y el almendro (*Terminalia catappa*). Según se muestra en las Tablas 8 – 13 y en las graficas 2- 13.

**Tabla 7. Ecuaciones usadas para estimar la biomasa contenida en el mangle<sup>28</sup>**

ESPECIE	NOMBRE COMUN	RELACION	R <sup>2</sup>	VALOR p	n	FUENTE
L racemosa	Mangle blanco	$BT = 0,147 * DAP^{2,4}$	98,2	0.0000	19	Correa, 2002
A germinans	Mangle salado	$BT = 0,227 * DAP^{2,3}$	97,3	0.0000	21	Correa, 2002
R mangle	Mangle rojo	$BT = 0,128 * DAP^{2,6}$	92,0	<0.0001	9	Fromard, 1998
T rosea	Roble	$LB = -2,2 + 0,8DAP - 6,2 \times 10^{-4}(DAP)^2$	94,0			Andrade, 2003
T catappa	Almendro	*				
C erecta	Mangle zaragoza	*				
T populnea	Clemon	*				
P juliflora	Trupillo	*				

BT= biomasa total, kg

LB=logaritmo de biomasa total, ton

DAP= diámetro altura de pecho

(\*) Se asumió la relación de *L racemosa*.

**Tabla 8. Dominancia y abundancia del manglar en el sector de Manga**

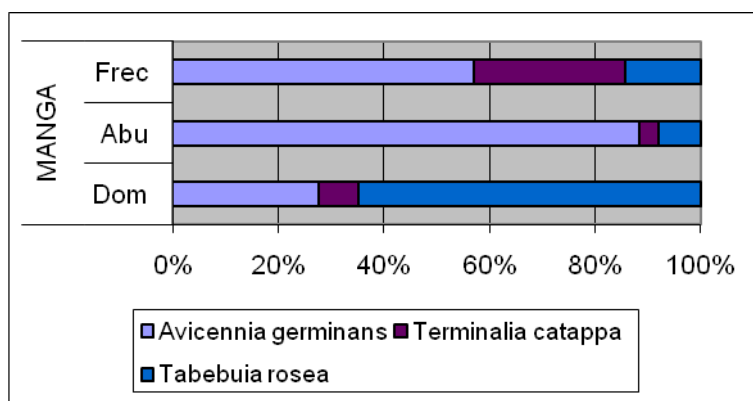
ESPECIE	MANGA			
	Dominancia	Abundancia	Frecuencia relativa	Índice de valor

<sup>28</sup> Tomado de: Lema et al, Estructura y dinámica del manglar del delta del Rio Ranchería, Caribe colombiano. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol 55 (1): 11-21, Marzo 2007.

Avicennia germinans	34,07	88,46	100	223
Terminalia catappa	9,52	3,84	100	113
Tabebuia rosea	79,79	7,69	100	187

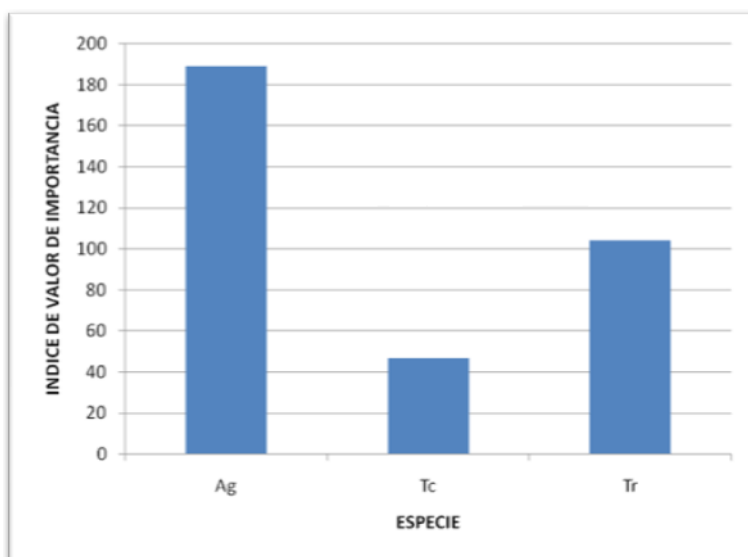
Fuente. Autor, 2009

Grafico 1. Frecuencia, abundancia y dominancia de especies registradas en la zona de Manga



Fuente. Autor, 2009

Grafico 2. Índice de valor de importancia parcela Manga



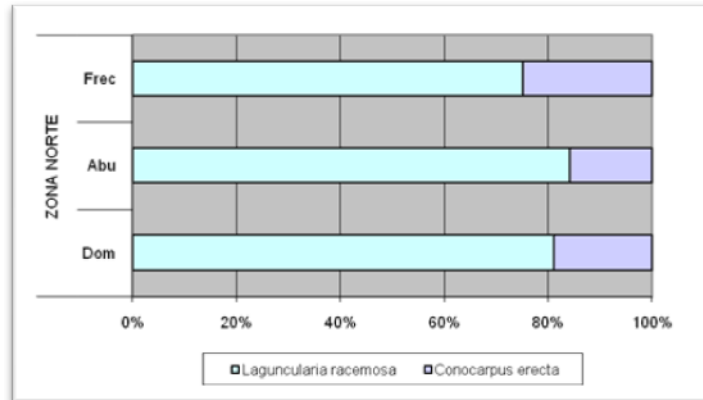
Fuente. Autor, 2009

Tabla 9. Dominancia y abundancia del manglar en el sector Zona Norte

ESPECIE	ZONA NORTE			
	Dominancia	Abundancia	Frecuencia relativa	Índice de valor
Laguncularia racemosa	81,17	84,13	100	265,3
Conocarpus erecta	18,96	15,87	100	134,8

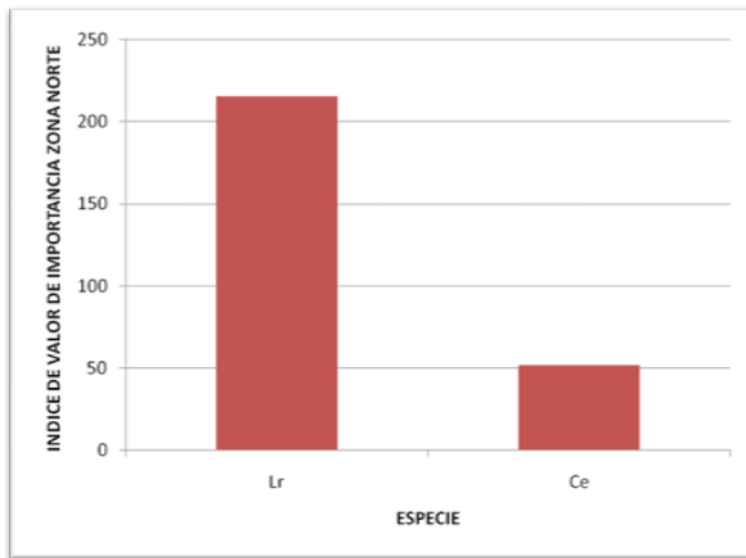
Fuente. Autor, 2009

Grafico 3. Frecuencia, Abundancia y Dominancia de especies registradas en la Zona Norte



Fuente. Autor, 2009

Grafico 4. Índice de valor de importancia parcela Zona Norte



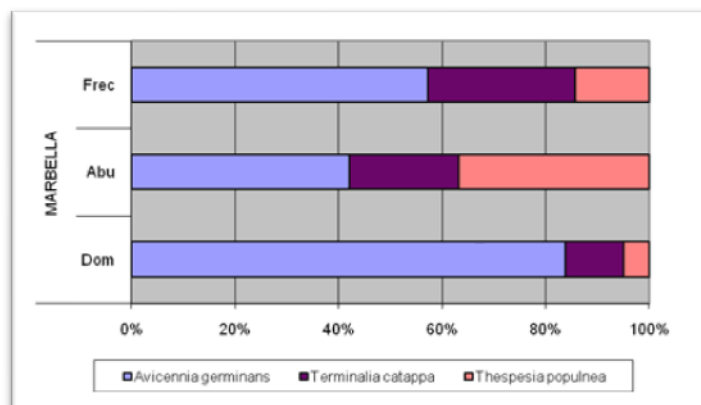
Fuente. Autor, 2009

Tabla 10. Dominancia y abundancia del manglar en el sector Marbella

ESPECIE	MARBELLA			
	Dominancia	Abundancia	Frecuencia relativa	Índice de valor
Avicennia germinans	58,2	42,1	100	200,3
Terminalia catappa	7,83	21,05	100	128,9
Thespesia populnea	3,41	36,84	100	140,3

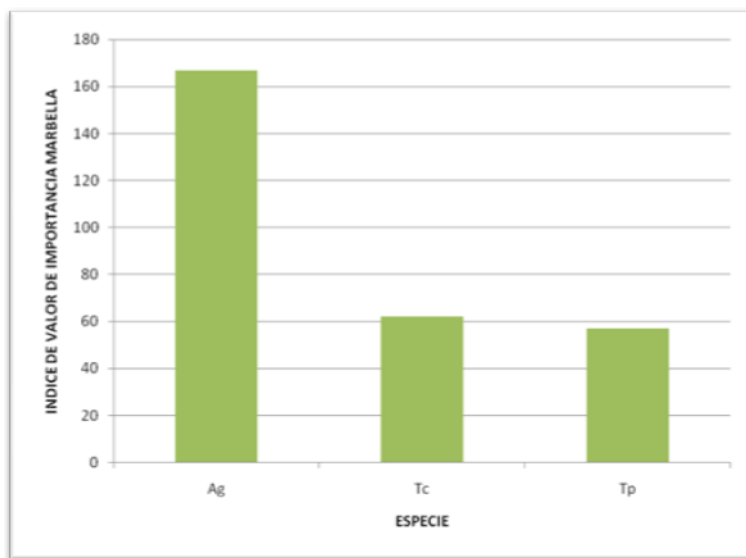
Fuente. Autor, 2009

**Grafico 5. Frecuencia, Abundancia y Dominancia de especies registradas en Marbella**



Fuente. Autor, 2009

**Grafico 6. Índice de valor de importancia parcela Marbella**



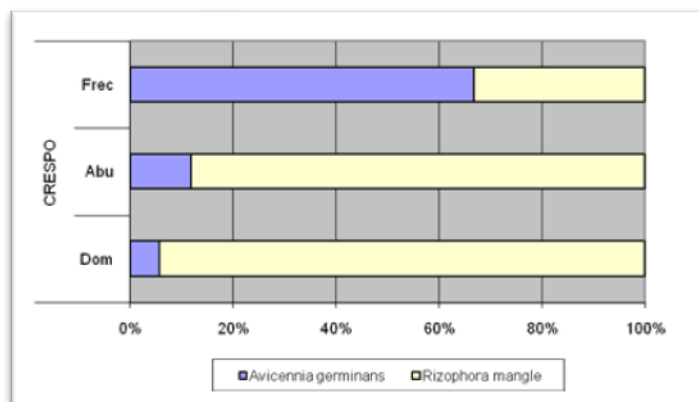
Fuente. Autor, 2009

**Tabla 11. Dominancia y abundancia del manglar en el sector Crespo**

ESPECIE	CRESPO			
	Dominancia	Abundancia	Frecuencia relativa	Índice de valor
Avicennia germinans	5,637	11,76	100	200,3
Rizophora mangle	94,36	88,23	100	128,9

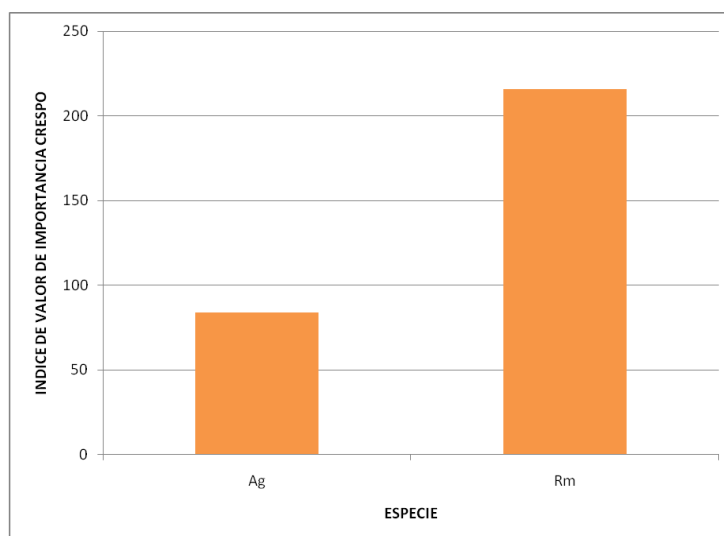
Fuente. Autor, 2009

**Grafico 7. Frecuencia, Abundancia y Dominancia de especies registradas en Crespo**



Fuente. Autor, 2009

**Grafico 8. Índice de valor de importancia parcela Crespo**



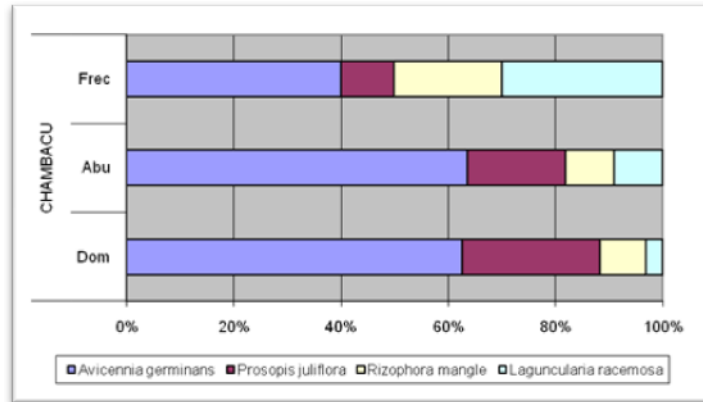
Fuente. Autor, 2009

**Tabla 12. Dominancia y abundancia del manglar en el sector Chambacú**

ESPECIE	CHAMBACÚ			
	Dominancia	Abundancia	Frecuencia relativa	Índice de valor
Avicennia germinans	62,67	63,6	100	226,27
Prosopis juliflora	25,699	18,18	100	143,88
Rizophora mangle	8,54	9,09	100	117,63
Laguncularia racemosa	3,07	9,09	100	112,16

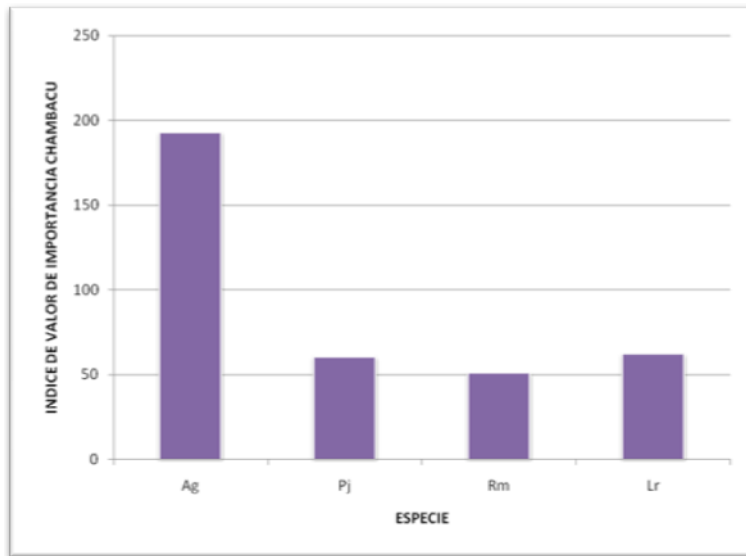
Fuente. Autor, 2009

**Grafico 9. Frecuencia, Abundancia y Dominancia de especies registradas en Chambacú**



Fuente. Autor, 2009

**Grafico 10. Índice de valor de importancia parcela Chambacú**



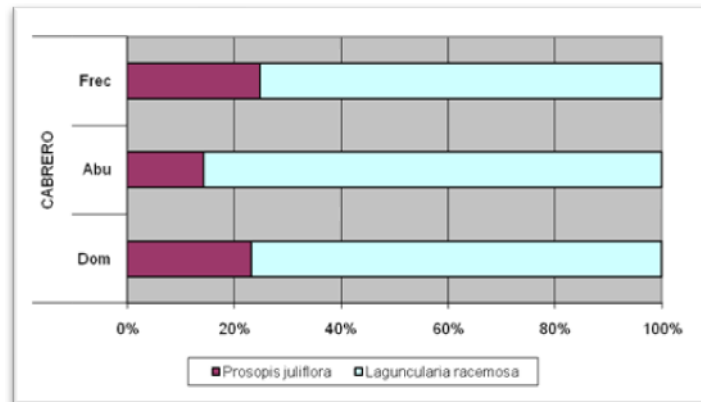
Fuente. Autor, 2009

**Tabla 13. Dominancia y abundancia del manglar en el sector Cabrero**

SPECIE	CABRERO			
	Dominancia	Abundancia	Frecuencia relativa	Índice de valor
Prosopis juliflora	23,27	14,28	100	137,55
Laguncularia racemosa	76,72	85,7	100	262,42

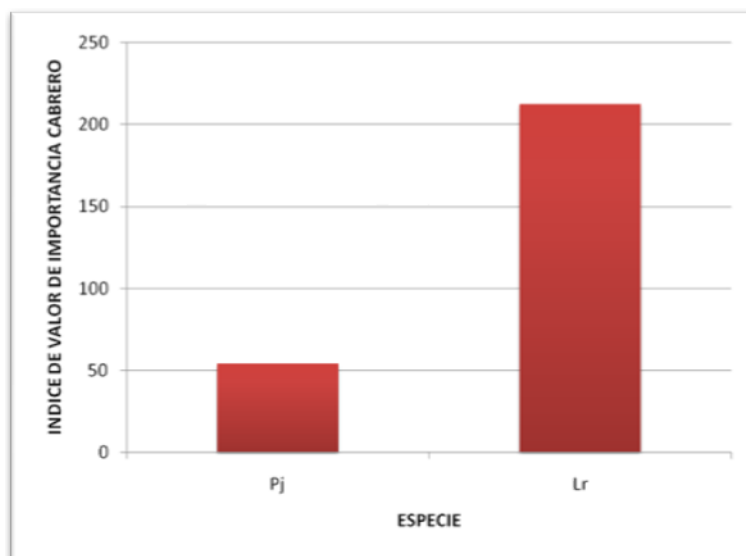
Fuente. Autor, 2009

Grafico 11. Frecuencia, Abundancia y Dominancia de especies registradas en El Cabrero



Fuente. Autor, 2009

Grafico 12. Índice de valor de importancia parcela Cabrero



Fuente. Autor, 2009



### 3.6 DISCUSION

La estructura del manglar varía en diversidad de especies y fijación de carbono entre las distintas zonas del área urbana de Cartagena. El análisis de los datos recolectados indica que la especie de mayor valor de importancia (IVI) en la zona de Manga es *Avicennia germinans*, seguida de *Tabebuia rosea*, y *Terminalia catappa*, ambas especies no propias del ecosistema de manglar, lo que sugiere la transformación de la diversidad del manglar por especies introducidas.

En la Zona Norte la especie de mayor valor de importancia es *Laguncularia racemosa*, seguida de *Conocarpus erecta*. La zona de Marbella muestra nuevamente a *Avicennia germinans* como especie de mayor importancia, seguida de dos especies no propias del manglar, *Terminalia catappa* y *Thespesia populnea*.

El área de Crespo muestra a *Avicennia germinans* como especie de mayor importancia, seguida de *Rizophora mangle*. Chambacú mantiene a *Avicennia germinans* como especie de mayor importancia, seguida en orden descendente de *Laguncularia racemosa*, *Prosopis juliflora*, y *Rizophora mangle*.

En vista de estos hallazgos podemos afirmar que la diversidad de estructura en las diferentes zonas del área de estudio establece diferencias entre ellas. De igual forma se mantiene en toda el área de estudio a *Avicennia germinans* como la especie de mayor valor de importancia (IVI).

Respecto al cálculo de la biomasa y en vista que no se encontraron en las referencias bibliográficas revisadas ecuaciones específicas que relacionen variables morfométricas (DAP, altura) con la biomasa total aérea de todas las especies de mangle encontradas en el área de estudio se recomienda profundizar en este tema para contar con esta información acorde con las condiciones locales.

Sin embargo los cálculos realizados con las ecuaciones disponibles permiten afirmar que la zona de mayor contenido de biomasa es Crespo, donde se mantiene *Avicennia germinans* como especie de mayor valor de importancia (IVI). Es preciso profundizar en el estudio de la dinámica del manglar en el área de estudio para aprovechar el potencial de este ecosistema como sumidero de carbono, incluyendo en los cálculos el carbono captado en hojas, materia muerta, suelo y demás.

En las visitas de campo se pudo constatar la gran cantidad de residuos sólidos urbanos retenidos en las parcelas muestreadas. Por otro lado también se observa que la expansión urbana continua avanzando sobre las áreas de manglar, talando los árboles de mangle y sustituyéndolos por construcciones o áreas con árboles de especies distintas a las propias del manglar.

Los mangles que se encuentran ubicados en el Cabrero son los que presenta mayor índice de contenido de Carbono, esto se debe a la cercanía de la zona con el aeropuerto de la ciudad de Cartagena de Indias. Le siguen en esta proporción los mangles de Marbella y la Boquilla que están en cercanía de esta terminal. Según se muestra en la tabla 14 y en gráfico 14.

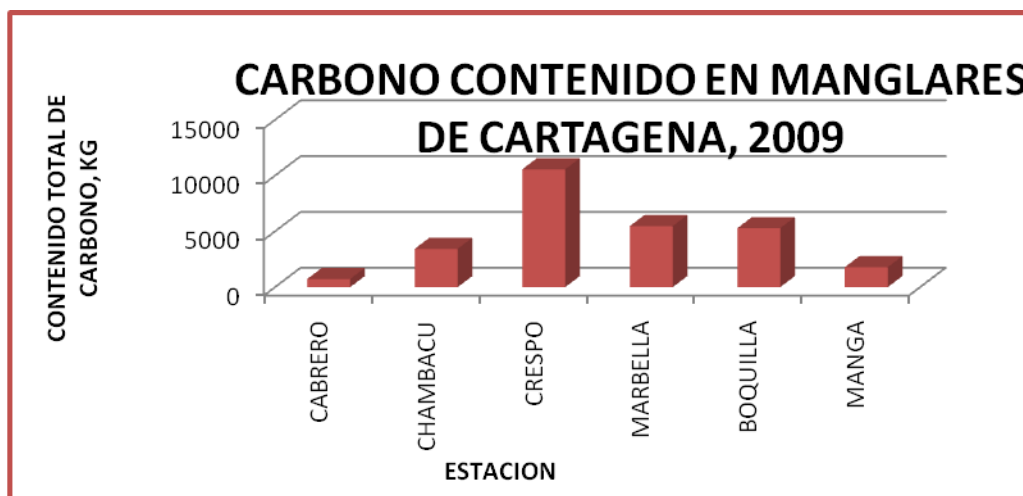
Tabla 14. Características estructurales del manglar en el área urbana de Cartagena

ZONA	N(ind/ha)	H(m)	D(cm)	Nº especies arbóreas
MANGA	3250	3,38	21,6	3
ZONA NORTE	7875	2,38	23,6	3
MARBELLA	2375	4,12	33,1	3
CRESPO	2125	4,4	40,8	2
CHAMBACÚ	1375	4,5	40,3	4
CABRERO	875	4,4	27	2

Fuente. Autor, 2009

- ◆ **Densidad.** Número de individuos de una especie por unidad de área.
- ◆ **Densidad relativa.** Densidad de una especie referida a la densidad de todas las especies del área.
- ◆ **Frecuencia.** Número de muestras en las que se encuentra una especie.
- ◆ **Frecuencia relativa.** Es la frecuencia de una especie con referencia a la frecuencia total de todas las especies.
- ◆ **Dominancia.** Es la cobertura de todos los individuos de una especie, medida en unidades de superficie.
- ◆ **Dominancia relativa.** Es la dominancia de una especie, referida a la dominancia de todas las especies.

Grafico 13. Contenido de carbono en los manglares del área de estudio.



Fuente. Autor, 2009

## REFERENCIAS

- ◆ HERNÁN J. ANDRADE; MUHAMMAD IBRAHIM, 2003. ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles?; Agroforestería en las Américas, Vol. 10 N° 39-40
- ◆ LEMA et al, 2007. Estructura y dinámica del manglar del delta del Rio Ranchería, Caribe colombiano. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol 55 (1): 11-21, Marzo
- ◆ NAVIA E., JORGE F., RESTREPO, JOSE M., VILLADA, DANIEL E., OJEDA, PEDRO ANTONIO, 2003. Agroforestería; Fundación para la investigación y desarrollo agrícola, Santiago De Cali.
- ◆ RODRÍGUEZ, JORGE; PRATT, LAWRENCE. 1996. Potencial de Carbono y Fijación de Dióxido de Carbono de la Biomasa en Pie por Encima del Suelo en los Bosques de Costa Rica.; Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible, CLACDS, Costa Rica,
- ◆ MELO CRUZ, OSCAR A., VARGAS RIOS, RAFAEL. 2003. EVALUACION ECOLOGICA Y SILVICULTURAL DE ECOSISTEMAS BOSCOSOS UNIVERSIDAD DEL TOLIMA. CRQ, CARDER, CORPOCALDAS, CORTOLIMA ISBN 956-9243-03-07
- ◆ INVEMAR, 2004. Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia, 2004. Cap. 6
- ◆ LACERDA, L.D., J.E. Conde, B. Kjerfve, R. Alvarez-León, C. Alarcón & J. Polanía. 2001. American mangrove, pp: 1-62. In L.D. Lacerda (ed.). Mangrove Ecosystems: Function and Management. Springer-Verlag, Berlín



## CAPITULO 4

---

### ECOLOGIA MICROBIANA DE MANGLES

**Ganiveth Manjarrez Paba, Bacteriolog, Magister en Microbiologia**

Docente, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, Cartagena,  
[gmanjarrez@tecnologicocomfenalco.edu.co](mailto:gmanjarrez@tecnologicocomfenalco.edu.co)

**Cristian Casiani y Eliana Lobera**

Estudiantes de Tecnología Ambiental miembros del semillero de investigación Ingenio Ambiental  
[eliavalope@hotmail.com](mailto:eliavalope@hotmail.com) y [criscassiani@hotmail.com](mailto:criscassiani@hotmail.com)

Los manglares se desarrollan de manera natural, en las franjas intermareales de las costas tropicales y subtropicales del planeta, constituyéndose de esta manera en un ecosistema complejo, por la interacción de cientos de especies de todos los niveles taxonómicos, desde microorganismos hasta especies de mamíferos, incluyendo entre todas estas, cientos de clases de peces que son el sustento de muchas comunidades. Todas las especies que interactúan en el manglar tienen su nicho específico y funciones determinadas dentro del manglar.

#### 4.1 FUNCIÓN ECOLÓGICA DE LOS ECOSISTEMAS DE MANGLES

La producción neta de los manglares en las zonas donde hay suficiente lavado del suelo, se transfiere casi en su totalidad al mar como material vegetal o detritus. Este material compuesto principalmente de hojas y madera en descomposición tiende a acumularse entre las raíces, transformándose luego en detritus que puede ser transportado hacia el mar según el flujo hídrico de la zona.

Los organismos detritívoros de diversos grupos lo aprovechan y transfieren energía a los sistemas marinos a través de la cadena trófica. Los manglares son excelentes evotranspiradores, puesto que suplen significativamente de humedad a la atmósfera, y al hacerlo, se tornan en fuentes de enfriamiento natural para las comunidades cercanas.

Los manglares actúan como sumideros naturales de CO<sup>2</sup> y fuentes de materia orgánica e inorgánica y se constituyen en eslabones importantes en la cadena trófica, por su función como transferidores de inundaciones.

Los manglares son muy productivos y albergan gran diversidad de microorganismos e vertebrados en sus sedimentos, son lugar de cría, refugio, y zona de alimentación y anidación de diversas especies de peces, moluscos, tunicados, poliquetos, algas, crustáceos, mamíferos, aves, reptiles y anfibios. Las larvas y juveniles de vertebrados e invertebrados encuentran refugio contra la depredación, en sus raíces y capturan alimento que luego se exporta hacia el mar, donde son consumidos o cuando, ya adultos, van a vivir a las praderas de la plataforma continental, al arrecife o al mar abierto.

Sobre las raíces, crecen en forma abundante pequeños organismos: algas, hidrozoarios, esponjas, corales, anemonas, cirripedios, gasterópodos, bivalvos y crustáceos, que aprovechan el material orgánico en suspensión y luego son capturados por peces, jaibas, estrellas de mar y caracoles.

Los manglares constituyen uno de los ecosistemas más frágiles, y por este motivo su protección es prioritaria, garantizando, mediante su gestión integral, la comunidad de utilización de los recursos forestales, biológicos y microbiológicos. Adicionalmente, son formadores de suelos, protegen los litorales de la erosión costera, dan sombra en las playas y le ganan terreno a mar, ya que por medio de sus raíces retienen las partículas que descargan los ríos y arroyos en el mar, así como el sedimento que llevan las corrientes de deriva costera.

Por otra parte, los manglares se encuentran más expuestos a la contaminación de los Hidrocarburos aromáticos poli nucleados (HAP), considerados los mejores indicadores de contaminación del suelo, por su alta toxicidad, entre los que se encuentran el fenantreno, fluoranteno, pireno y benceno. Sin embargo, otra de las funciones de los ecosistemas de manglar radica en que albergan comunidades microbianas capaces de degradar contaminantes altamente tóxicos (Tian *et al.*, 2008).

## **4.2 MICROORGANISMOS ASOCIADOS A LOS MANGLARES**

Los manglares no solo representan una fuente de energía y sustratos de sostén sino que también sirven como área nodriza y de medio de protección a una gran cantidad de organismos que encuentran en sus troncos, entre sus raíces o el fango un refugio natural.

Entre ellos encontramos microorganismos, que representan un grupo muy importante en la biota de los estuarios, puesto que tanto bacterias como hongos intervienen en procesos básicos como el de descomposición, estando adaptados para utilizar el material detrítico producido por la caída de las hojas o los productos intermediarios dejados por la degradación mecánica, química o realizada por otros organismos.

Numerosas especies bacterianas y algunas algas microscópicas o protozoos, proliferan en la superficie expuesta a la humedad formando una biopelícula de microorganismos contenidos en una

matriz de polisacáridos. Las biopelículas se forman en todas las superficies sumergidas, tanto en agua dulce como de mar o bien sobre soportes constantes húmedos. El 99% de toda la actividad microbiana en un ecosistema abierto ocurre sobre la superficie.

Los principales grupos de microorganismos que se encuentran en estas áreas son bacterias, que constituyen el 91% de la biomasa microbiana total, hongos, algas y protozoarios en un 7% y 2%, respectivamente (Alongi, 1988). Estos microorganismos pueden utilizar carbohidratos, proteínas, grasas, celulosa y transformar el tejido vegetal en descomposición en protoplasma microbiano. Las levaduras también son muy importantes pudiendo presentarse en algunos estuarios.

La asociación microbio-nutrientes-planta funciona como un mecanismo para conservar los escasos nutrientes dentro del ecosistema de manglar, sin embargo, algunos estudios han demostrado que las actividades de pastoreo y otras actividades antrópicas han dado lugar a suelos hipersalinos que retrasan el crecimiento microbiano, generando tasas bajas en los procesos de descomposición de la materia orgánica, especialmente en suelos de superficie compactada y seca de los ecosistemas de manglar (Alongi, 2005).

#### 4.3 BACTERIAS

Son uno de los principales grupos que habitan en áreas de los manglares, estas son responsable de la mayor parte del flujo de carbono en sedimentos de manglar de zonas tropicales. La mayor parte de bacterias se encuentran en zonas de planos lodosos anteriores a los manglares donde se hallan asociadas a las partículas de sedimentos, hojas de mangles muertas y a materia orgánica particulada. En estas condiciones obtienen la energía a partir de detritus y de materia orgánica disuelta.

Las comunidades bacterianas que habitan el ecosistema de manglar sostienen al manglar a través de tres mecanismos principales:

- 1) La mineralización de materia orgánica bajo condiciones principalmente anaerobias y microaerófilas.
- 2) Altas tasas de fijación biológica de nitrógeno que lleva a contribuir con un 40–60% de los requerimientos de hidrógeno del sistema.
- 3) La presencia de bacterias asociadas a nutrientes y sustancias tales como fuentes de nitrógeno, fósforo, hierro y fitohormonas (Holguín *et al.*, 2001).

Los grupos de bacterias asociadas a los manglares también tienen como función:

- ◆ Renovar el  $H_2S$ , el cual es tóxico, transformándolo por medio de reacciones químicas en azufre elemental o en sulfuro, el cual es precipitado al fondo lodoso de los estuarios.

- ◆ Fijar N<sub>2</sub> como uno de los procesos bacterianos de mayor importancia en manglares. Sobre todo en zonas áridas y semiáridas, rizosfera, corteza y hojas en proceso de descomposición.
- ◆ Utilizar el carbono orgánico disuelto que fluye de los sedimentos, para prevenir la exportación de este a sistemas adyacentes como cadenas tróficas pelágicas o aguas lagunares (Alongi *et al.*, 1989).
- ◆ Participar en la absorción y retención de metales. Ha sido demostrado que las cepas de *Cunninghamella elegans* aisladas del sedimento de manglar son capaces de retener cobre (Cu) mediante la precipitación intracelular por polifosfatos (Mendes de Souza *et al.* 2005). De manera similar se han identificado microorganismos en la rizosfera de *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans* que pueden generar ácidos orgánicos que participaban en la absorción de iones por la raíz, contribuyendo posiblemente en la tolerancia a Elementos Potencialmente Tóxicos (Vázquez *et al.*, 2000).

En general, las raíces de los mangles presentan la mayor tasa de fijación de nitrógeno de la rizosfera, lo cual está relacionado con la presencia de Azobacterias como *Chroococcum A* y *Beijerincki*, y con algunos factores físicos como la luz y temperatura. Las azobacterias mencionadas anteriormente además de la función de fijación que cumplen, son capaces de sintetizar fitohormonas necesarias para el crecimiento y producción de pigmentos de las plántulas de mangle (Ravikumar *et al.*, 2004).

Una evaluación de la comunidad de cianobacterias asociadas a las raíces aéreas (neumatóforos) del mangle negro, permitió localizar los sitios de colonización preferidos por diferentes grupos bacterianos. Las cianobacterias filamentosas como *Lyngbya* sp. y *Oscillatoria* sp. colonizan principalmente la parte inferior de la raíz aérea; en la parte media dominaron las cianobacterias filamentosas como *Microcoleus* sp., mientras que las cocoidales como *Aphanoteche* sp. mostraron preferencia por colonizar la parte superior de los pneumatóforos (Toledo *et al.*, 1995).

Otro grupo de microorganismos bacterianos de gran importancia en manglares son las bacterias solubilizadoras de fosfato inorgánico, las cuales a través de la producción de ácidos orgánicos disuelven formas de fosfato que se encuentran inmovilizadas por cationes de calcio, aluminio y hierro, liberándolas en solución y permitiendo así su asimilación por parte de las plantas.

Entre las cepas bacterianas asociadas a la capacidad solubilizadora de fosfato están las aisladas a partir de mangle negro como: *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. licheniformis*, *Enterobacter aerogenes*, *E. taylorae*, *E. asburiae* y *Kluyvera cryocrescens* y las aisladas a partir de mangle blanco: *B. licheniformis*, *Chryseomonas luteola* y *Pseudomonas stutzeri* (Vázquez *et al.*, 2000).

Las bacterias nitrificantes y sulfato reductoras son las que principalmente llevan a cabo las funciones de degradación de la materia orgánica en los sedimentos anaeróbicos y microaerofilicos del manglar. Las bacterias sulfato reductoras, además de ser los principales descomponedores de materia orgánica en suelos anaerobios, participan en la mineralización del azufre y en la disponibilidad de hierro y fósforo en manglares

Existe un beneficio mutuo que resulta de la asociación bacteria-planta. Las bacterias se alimentan de las sustancias liberadas por las raíces de la planta, y ésta a su vez se beneficia de los nutrientes que las bacterias le proporcionan mediante la fijación de nitrógeno, solubilización de fosfato, entre otras.

La participación de microorganismos en el funcionamiento y transformación de nutrientes dentro de los ecosistemas de manglar ha sido muy exitosa. Algunos estudios han aplicado microorganismos obtenidos de rizósfera de mangle en plántulas de mangle, obteniendo un aumento en la incorporación de nitrógeno foliar, siendo aún mayor al inocular una mezcla del microorganismo solubilizador de fosfatos (MSF) *Bacillus licheniformis* y la bacteria fijadora de nitrógeno (BFN) *Phyllobacterium* sp (Vanegas, 2004).

La aplicación de microorganismos promotores de crecimiento vegetal (MPCV) en plántulas de mangle, representa una alternativa adicional de mejoramiento con respecto a las técnicas ya utilizadas de restauración de ecosistemas de mangle, ya que permiten mejorar la sanidad de las plántulas, aumentar el aporte de nutrientes y fortalecer su sistema radicular, lo cual resulta útil en el establecimiento de manglares artificiales en zonas deterioradas por deforestación (Holguín *et al.* 1992, 2001; Vázquez *et al.* 2000).

En relación con el área de la biotecnología, actualmente los ecosistemas de manglar representan una importante fuente potencial de recursos biotecnológicos, pues las bacterias que allí residen pueden ser explotadas en la caracterización de nuevas enzimas, aplicadas a medicina y agricultura. Las bacterias asociadas a estos procesos biotecnológicos son del orden *Actinomycetales* y *Bacillales* y *Vibrionales*, según lo reportado por Zhong-shan *et al.*, 2009. La Tabla 1 presenta los géneros de bacterias de mangles más comunes asociadas a procesos biotecnológicos.

**Tabla 15. Bacterias asociadas a ecosistemas de manglar con funciones en procesos biotecnológicos**

ORDEN	GENERO	FUNCIONES BIOTECNOLÓGICAS
<b>Actinomycetales</b>	<i>Brevivacterium</i> <i>Kocuri</i> <i>Kytococcus</i> <i>Microbacterium</i> <i>Nesterenkonia</i> <i>Dentacariosa</i>	Se encuentran ampliamente en los suelos y se muestra una escasa repuesta a los factores abióticos. En estos no se observa la producción de enzimas específicas.
<b>Bacillales</b>	<i>Bacillus</i> <i>Paenibacillus</i> <i>Estafilococos</i>	Su función biotecnológica radica en el control de insectos y/o plagas de la agricultura. su importancia radica en su toxicidad contra larvas de insectos de los ordenes lepidóptero, coleóptero, díptero, himenóptero, homóptero, ortóptero, malófago, y contra organismos como ácaros, platelmintos y nemátodos.
<b>Vibrionales</b>	<i>Vibrio</i> <i>Listonella</i>	Se han utilizado para producir una proteasa extracelular alcalina con alta eficiencia para su uso en detergentes industriales.

Fuente. La autora, 2010



#### 4.4 HONGOS Y LEVADURAS

Es bien conocido que los hongos juegan un papel importante en los procesos de descomposición del material vegetal de mangle, ya que sintetizan las enzimas necesarias para degradar lignina, celulosa, xilano y otros componentes de esta planta.

Hongos aislados de hojas muertas del mangle presentan actividad de pectinasas, proteasas, amilasas (enzimas que degradan el almidón), xilanasas (implicada en la degradación del xilano, principal componente de la hemicelulosa) y compuestos lignocelulósicos. Los hongos inician la descomposición del material vegetal y permiten la colonización de bacterias y levaduras, liberando productos utilizables por estas (Findlay *et al.* 1986; Ranghukumar *et al.*, 1994).

La microflora presente en suelos de manglar es considerada como potencial degradadora de material contaminante como bolsas de polipropileno y plástico, las cuales constituyen una importante fuente de contaminación especialmente en ecosistemas de manglar situados cerca de asentamientos urbanos (Kathiresan 2003).

Las principales especies asociadas con los procesos de degradación de materiales es el *Aspergillus glaucus* y *A. niger*, el primero es capaz de degradar 28.8% de polietileno y un 7.3% de material plástico, como lo indica (Hyde *et al.*, 1998).

En relación con su ecología los hongos pueden dividirse en dos tipos: Hongos lignícolas y Hongos no lignícolas.

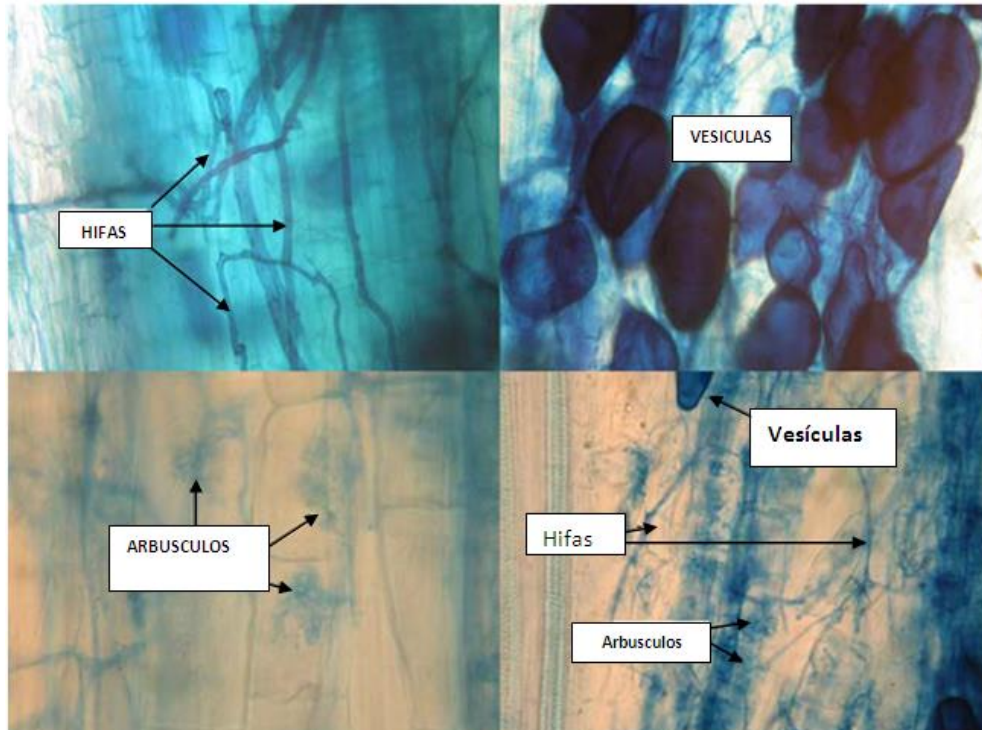
Las levaduras aunque han sido poco estudiadas, son abundantes e importantes en estuarios participando en los procesos anaeróbicos. La mayoría de la levadura se encuentra en zonas de aguas dulces, denominadas cabeceras de los estuarios.

En cuanto a la relación, hongo - mangle es bien conocido que las condiciones hidrológicas y los niveles de fósforo en la rizosfera son los principales factores abióticos que afectan a la colonización de diferentes especies de manglares por micorrizas arbusculares de hongos, estos mejoran el crecimiento y le proporcionan a las plantas un mayor diámetro, biomasa vegetal y mayor absorción de N, P y K.

El porcentaje de colonización de las raíces de los hongos micorrizicos arbusculares oscila entre 8,5-15,5%, con un promedio de 11,5%.

Los hongos asociados a raíces y a tejidos foliares se denominan hongos endófitos Okane *et al.* (2001), estos son conocidos como saprófitos o parásitos débiles y pueden ser terrestres, marinos o de agua dulce. Estos hongos son colonizadores de raíces debido a que estas les confieren protección contra las condiciones adversas del ecosistema. En la figura 9 presenta la estructura típica de los hongos asociados a ecosistemas de manglar.

Figura 10. Estructura típica de los hongos asociados a ecosistemas de manglar.



Fuente. Wang *et al.*, 2009

El hongo *Cytospora rhizophorae* ocasiona la muerte de semillas, retoños y la destrucción de las raíces aéreas del mangle rojo, *Rhizophora mangle*.

Son pocos los hongos que dependen de un hospedero específico, entre ellos: *Didymosphaeria rhizophorae*, *Keissleriella blepharospora* y *Robillarda rhizophorae*. Estas especies se encuentran registradas a las raíces y hojas del mangle rojo (*Rhizophora mangle*). Por el contrario, especies como *Corollospora gracilis*, *Lindra marinera* y *Arenariomyces parvulus*, se han encontrado colonizando varios tipos de sustratos, siendo muy frecuentes y con un amplio rango de distribución geográfica.

En relación con las funciones importantes de los hongos tenemos:

### 1 – Capacidad de degradar Fosfatos:

El *Aspergillus candidus* (Prabhakaran *et al.*, 1987), posee exoenzimas hidrolíticas capaces de solubilizar fosfato de calcio. Esta actividad está directamente relacionada con la salinidad, debido a que existen límites diferenciales de tolerancia a la salinidad que afectan el crecimiento y la actividad de las cepas de estos hongos (Sengupta y Chaudhuri, 1990).

## **2 – Capacidad de formar micorrizas:**

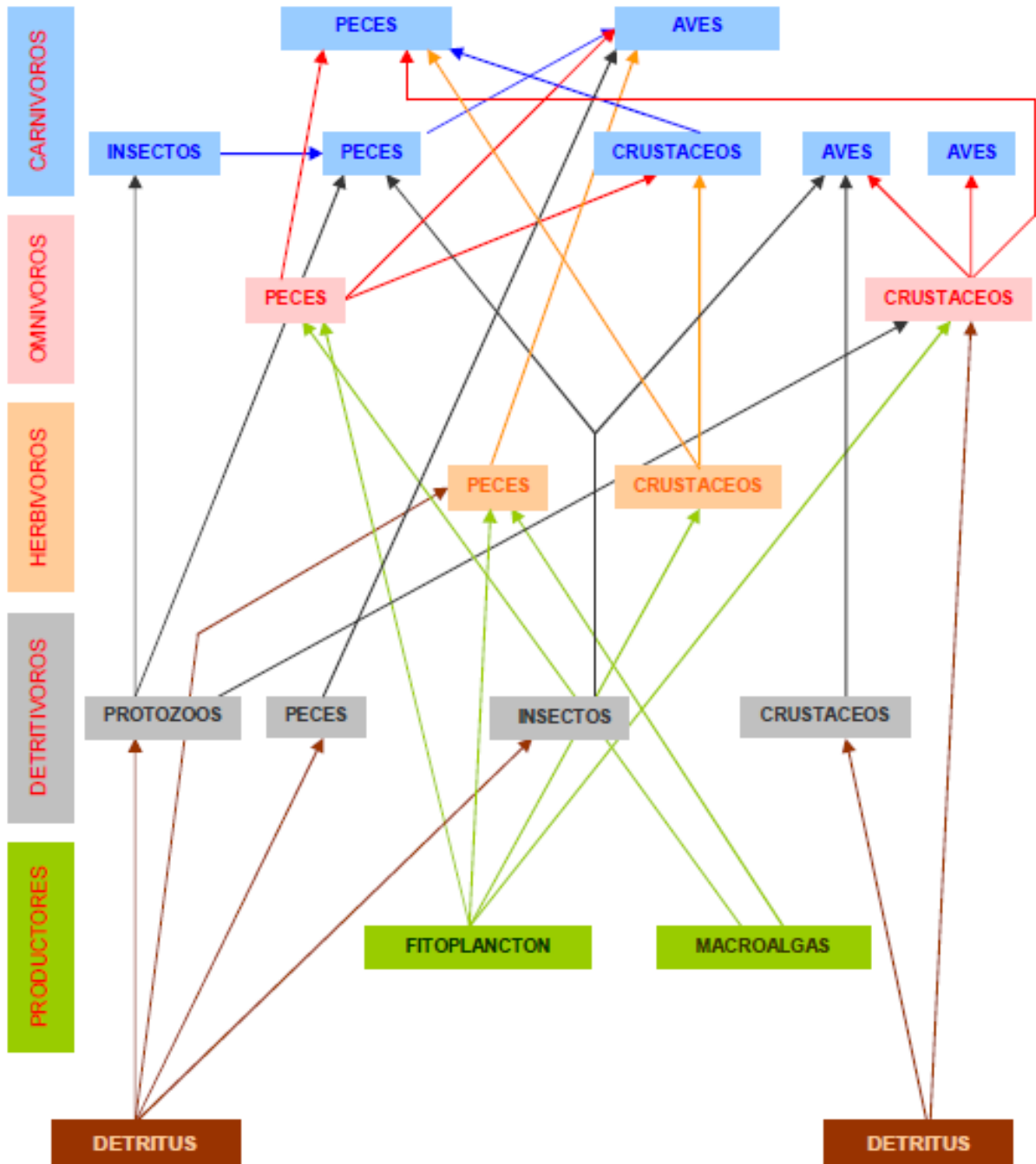
Estos hongos pueden asociarse a plantas halófilas, y su presencia está relacionada con su capacidad de aumentar la captación de oxígeno y la resistencia al estrés por salinidad de la planta (Hyde *et al.*, 1998).

### **4.5 FITOPLANCTON**

Estos están constituidos por los organismos conocidos como microalgas. Las microalgas conocidas en los estuarios, son las procariontas. Algunas de estas necesitan obtener su alimento a partir de otros organismos, lo que se considera un papel fundamental en los estuarios pues constituyen una fuente de alimento en la red trófica y que por las corrientes son exportadas a zonas marinas costeras y además proporcionan la mayor fuente de oxígeno para el agua de los estuarios.

Es así, como las macroalgas base de la productividad primaria dentro de los manglares, son una pieza clave por ser el inicio de la cadena trófica, donde la complejidad de la misma disminuye la entropía del sistema y la variabilidad ambiental (cambios de marea, salinidad etc), generándose diversas formas que proveen de hábitat a algunas especies de animales, como se presenta en la Figura 10.

Figura 11. Categorías tróficas de la fauna acuática de un ecosistema de manglar



Fuente. Barrionuevo, R y Marcial, R, 2006.

Algunas especies de microalgas involucradas en los sistemas de manglares son: *Volvocales*, *Euglenophyceae*, *Dinoflagellata* y *Bacillariae*. Las asociaciones de microalgas y de detritus flotantes existen en aguas pocos profundos, aptos para la reproducción de micro algas. La importancia del detritus radica en que se ofrece como un hábitat ideal para los microorganismos gracias a su alta cantidad de materia orgánica y altos niveles de nutrientes disueltos, que se comportan como fuente de alimentos para peces y favorecen la proliferación de bacterias y microalgas (Faust y Gullledge, 1996).

#### 4.6 PARÁSITOS, PLANCTON Y ZOOPLANCTON

Los ciliados son organismos protozoos unicelulares, con amplia distribución en todos los tipos de suelo, sensibles a los cambios y fluctuaciones en sus hábitats. Su función dentro de los ecosistemas de manglar radica en que hacen parte de la cadena alimenticia y son los responsables de la transferencia de energía dentro del ecosistema del suelo (Hua Chen, 2009).

Entre los principales protozoos asociados en los ecosistemas de manglar están:

*Amoeba sp*, *Actinophris sp*, *Globigerina sp*, *Pelomyxa sp*, *Frontania sp*, *Blefarisma sp*, *Uronychia sp*, *Euplotes sp* y *Podophrya sp*, los cuales se comportan como organismos filtradores cuyo alimento exclusivo son las bacterias y los hongos, ya que estos representan gran valor proteico (Figueiro y Cuña, 1991).

La composición del zooplancton estuario es en esencia similar a la de zonas marinas aunque presentan un número más elevado de especies estuarinas, donde se realiza la reproducción de peces, moluscos y crustáceos.

La composición del plancton estuario no es esencia muy diferente a la de el plancton marino aun que para ambos grupos fito y zooplancton se presenta un ligero aumento en el numero de especies debido a la presencia de varias especies de agua dulce de los ríos que pueden adaptarse a las variaciones periódicas de salinidad y de otros factores climáticos, hidrográficos y bióticos.

Los microorganismos plantónicos que viven dentro de los estuarios son influenciados por los procesos bentónicos, tales como la resuspensión de materiales, de los organismos y la difusión de nutrientes (Seymour *et al.*, 2007).

Los factores que afectan a estas comunidades son forma y tamaño, profundidad, turbidez, salinidad, temperatura, nutrientes, mareas y corrientes (9).

## REFERENCIAS

- ◆ Alongi, D.M. 1988. Bacterial productivity and microbial biomass in tropical mangrove sediments. *Microb.Ecol.* 15:59-79.
- ◆ Alongi, D.M., K.G. Boto y F. Tirendi. 1989. Effect of exported mangrove litter on bacterial productivity and dissolved organic carbon fluxes in adjacent tropical nearshore sediments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 56:133-144.
- ◆ Alongi, D., Ramanathan,A., Kannan, L., Tirendi,F., Trott, L y Bala Krishna Prasad. 2005. Influence of human-induced disturbance on benthic microbial metabolism in the Pichavaram mangroves, Vellar–Coleroon estuarine complex, India. Springer Berlin / Heidelberg. [Vol147 \(4\)](#).
- ◆ Barrionuevo, R y Marcial, R (2006). Ecología trófica de la fauna acuática en el manglar de San Pedro – Sechura. *Universalía*.
- ◆ Kathiresan, K. 2003. Polythene and plastic-degrading microbes in an Indian mangrove soil. *Rev. Biol. Trop.*, 51 (3-4): 629-33.
- ◆ La Microbiología de los Manglares / Bosques en la frontera entre el mar y la tierra – Gina Holguín, Gerardo Toledo, Patricia Vázquez y Alejandro Amador. Febrero 1999.
- ◆ Efecto de inoculantes microbianos sobre la promoción de crecimiento de plántulas de mangle y plantas de *CITRULLUS VULGARIS* san Andrés isla, Colombia -Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Instituto de Estudios Ambientales, Laboratorio de Bioprocesos, Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional de Colombia . agosto 2005.
- ◆ Figuerreiro, R y Cuña, M (1991). Cuadernos de acuicultura. Editado por conselleria de pesca marisquero e acuicultura Xunta de Galicia España. 422p.
- ◆ HOLGUÍN G, GUZMAN M, BASHAN Y. Two New Nitrogen fixing Bacteria from The rhizosphere of Mangrove Trees: Their Isolation, Identification and in vitro Interaction with Rhizosphere *Staphylococcus* sp. *FEMS Microbiol Ecol.* 1992;101:207-116.
- ◆ HOLGUÍN G, VÁZQUEZ P, BASHAN Y. The Role of Sediment Microorganisms in the Productivity, Conservation, and Rehabilitation of Mangrove Ecosystem: An Overview. *Biol Fertil Soils.* 2001; 33:265-178.
- ◆ Hyde, K. 1989. Ecology of tropical marine fungi. *Hydrobiología*, 178: 199-208.
- ◆ Mendez de Souza P, Marinho, PH, Lima, MA (2005) Copper influence on polyphosphate metabolism of *Cunninghamella elegans*. *Braz. J. Microbiol.* 36: 315-320.

- ◆ Determinación de biomasa microbiana en suelos de manglar - Universidad del Mar, Campus Puerto Ángel. Ciudad Universitaria s/n. Distrito de San Pedro Pochutla. C.P. 70902, Oaxaca, México
- ◆ Potencial biotecnológico de microorganismos en ecosistemas naturales y en agro ecosistemas / Microbiología del manglar y técnicas moleculares para su estudio – Universidad nacional de Colombia y Centro de investigaciones biológicas del Noroeste (CIBNOR) 1ª Edición marzo 2007.
- ◆ Prabhakaran, N., R. Gupta y M. Krishnankutty. 1987. Fungal activity in Mangalvan: An estuarine mangrove ecosystem. 458 – 463. En: Nair, NB. (Ed.). Proc. Natl. Sem. Est. Manag.
- ◆ Maria A. Faust, Rose A. Gulledge (1996). Associations of microalgae and meiofauna in floating detritus at a mangrove island, Twin Cays, Belize. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, P 159-175.
- ◆ Y. Tian , H.J. Liu , T.L. Zheng , K.K. Kwon , S.J. Kim c, C.L. Yan (2008). PAHs contamination and bacterial communities in mangrove surface sediments of the Jiulong River Estuary, China. *Marine Pollution Bulletin* 57. 707–715.
- ◆ S. Ravikumara\*, K. Kathiresanb, S. Thadedus Maria Ignatiammalc, M. Babu Selvama, S. Shanthi (2004). Nitrogen-fixing azotobacters from mangrove habitat and their utility as marine biofertilizers. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 312 . P 5– 17.
- ◆ J.R. Seymour, L. Seuront, J.G. Mitchell (2007). Microscale gradients of planktonic microbial communities above the sediment surface in a mangrove estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 73. 651 – 666.
- ◆ Qing-Hua Chen, Nora Fung-Yee Tam, Paul K.S. Shin, Siu-Giu Cheung, Run-Lin Xu (2009) Ciliate communities in a constructed mangrove wetland for wastewater treatment. *Marine Pollution Bulletin* 58. 711–719.
- ◆ Raghukumar, S, S. Sharma, C. Raghukumar, V. Sathe-Pathak y D. Chandramohan. 1994. Thraustochytrid and fungal component of marine detritus. IV. Laboratory studies on decomposition of leaves of the mangrove *Rhizophora apiculata* Blume. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 183:113-131.
- ◆ Sengupta, A. y S. Chaudhuri. 1990. Vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) in pioneer salt marsh plants of the Ganges River delta in West Bengal (India). *Plant and Soil*, 122 (1): 111-113.
- ◆ Toledo, G., Y. Bashan y A. Soeldner. 1995a. Cyanobacteria and black mangroves in Northwestern Mexico: colonization, and diurnal and seasonal nitrogen fixation on aerial roots. *Can. J. Microbiol.* 41:999-1011.
- ◆ VANEGAS J. Determinación de la actividad fijadora de nitrógeno de diazótrofos asociados a plántulas de *Rhizophora mangle* y *Avicenia germinans* en manglares del Caribe colombiano

[Trabajo de grado] Bogotá: Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá; 2004.

- ◆ Vazquez P, Holguin G, Puente ME, Lopez-Cortes A, Bashan Y. 2000; Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. *Biol Fertil Soils* 30: 460-468.
- ◆ Yutao Wang, Qiu Qiu, Zhongyi Yang, Zhijian Hu, Nora Fung-Yee Tam y Guorong Xin. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in two mangroves in South China. [Vol 331 \(1-2\)](#).