

CARACTERIZACIÓN BIOLÓGICA Y ECOLÓGICA DE LAS COMUNIDADES DE PLANTAS ACUÁTICAS, PLANTAS TERRESTRES Y MACROINVERTEBRADOS, Y CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE AGUAS DE LA VENTANA DE ESTUDIO DE LA CIÉNAGA DE LA VÍRGEN

Contrato de prestación No. 14-13-014-237PS Instituto
Humboldt – Fundación Omacha

Objeto: Prestar los servicios profesionales para la verificación de los criterios biológicos y ecológicos para la identificación, caracterización y establecimiento de límites de humedales en las tres ventanas seleccionadas en el marco del Convenio 13-014, a escala 1:25.000.

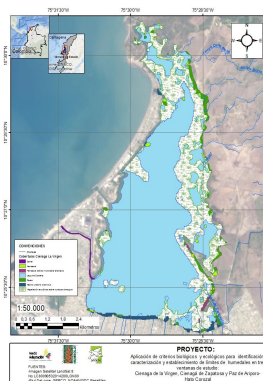


Convenio interadministrativo 13-014 (FA 005 de 2013) Instituto de Investigación de Recursos
Biológicos Alexander von Humboldt - Fondo Adaptación

Subdirección de Servicios Científicos y Proyectos Especiales
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Bogotá, D.C., 2015



Documento No. 2.2 – Caracterización biológica y ecológica de las comunidades de plantas acuáticas, plantas terrestres y macroinvertebrados, y caracterización físico-química de aguas de la ventana de estudio de la Ciénaga de La Virgen



Proyecto aplicación de criterios biológicos y ecológicos para la identificación, caracterización y establecimiento de límites funcionales de humedales en tres ventanas pilotos.

Convenio 13-014 (FA 005 de 2013) – Fondo de Adaptación e IAvH
CONTRATO No. 14-13-014-237PS – IAvH y Fundación Omacha



Bogotá, febrero de 2015





Proyecto aplicación de criterios biológicos y ecológicos para la identificación, caracterización y establecimiento de límites funcionales de humedales en tres ventanas piloto.

Actividades: 3.1., 3.2. y 3.3.
Productos 2.2.

FUNDACIÓN OMACHA

DIRECTOR CIENTÍFICO

Fernando Trujillo

DIRECTORA EJECUTIVA

Dalila Caicedo Herrera

EQUIPO EJECUTOR

Paola Ortiz Guerrero - Bióloga

Daniel Alexander Sanchez - Biólogo

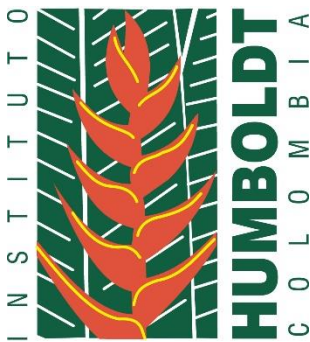
Diana Lorena Pérez Pérez - Bióloga

Omar Alfredo Mercado Díaz - Geólogo

Alvaro Andrés Moreno Munar – Biólogo

María Fernanda Batista Morales – Ing.
Geógrafa y Ambiental

Bogotá, febrero de 2015



Calle 84 No. 21 – 64
Barrio El Polo
Bogotá D.C. Colombia
Teléfono: 57 (1) 2564682
57 (1) 7442726
repcion@omacha.org

Autores

Daniel Alexander Sánchez
Biólogo, Universidad Nacional de Colombia
Candidato a Magister en Biología Grupo de Ecología
dsanchez.bioimpacto@gmail.com

Diana Lorena Pérez Pérez
Bióloga, Universidad Militar Nueva Granada
dianaperezlorena@gmail.com

Paola Ortiz Guerrero
Bióloga, Universidad Nacional de Colombia
M.Sc. Gestión y Auditoría Ambiental
prortizg@gmail.com

Omar Alfredo Mercado Díaz
Geólogo, Universidad Nacional de Colombia
oamercadod@unal.edu.co

Álvaro Andrés Moreno Munar
Biólogo
Universidad Jorge Tadeo Lozano
almorenomunar@gmail.com

María Fernanda Batista Morales
Ingeniera Geógrafa y Ambiental
Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A
mfbatistam@gmail.com

FEBRERO, 2015

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	8
ABSTRACT	8
SOBRE LOS AUTORES	8
INTRODUCCIÓN	9
MARCO CONCEPTUAL	11
METODOLOGÍA	15
GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO	15
ASPECTOS AMBIENTALES Y FÍSICOS	18
HIDROLOGÍA.....	19
FUENTES DE INFORMACIÓN SECUNDARIA	21
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA	22
CARACTERIZACIÓN HIDROGEOMORFOLÓGICA	24
CARACTERIZACIÓN DE COBERTURAS DEL SUELO	24
CARACTERIZACIÓN HIDROBIOLÓGICOS (FITOPLANCTON, ZOOPLANCTON, PERIFITON Y MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS)	24
VEGETACIÓN ACUÁTICA Y TERRESTRE	28
<i>Fase de Campo</i>	28
<i>Muestreo para la vegetación acuática y de tierra firme (manglares)</i>	40
ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	42
RESULTADOS	43
INFORMACIÓN SECUNDARIA	43
<i>Geología y Geomorfología</i>	43
<i>Características Coberturas del Suelo</i>	47
<i>Características físicoquímicas</i>	49
<i>Especies y aspectos ecológicos de plantas y fauna acuática</i>	50
<i>Fauna vertebrada (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos)</i>	56
<i>Vegetación acuática y terrestre</i>	57
<i>Hábitats para la fauna y áreas de especial interés para la conservación de la biodiversidad</i>	59
INFORMACIÓN PRIMARIA.....	60
<i>Identificación y Caracterización parámetros hidrogeomorfológicos</i>	60
<i>Identificación y Caracterización parámetros físicoquímicos</i>	64
<i>Identificación y Caracterización parámetros hidrobiológicos I (fitoplancton, zooplancton y perifiton)</i>	74
<i>Identificación y Caracterización parámetros hidrobiológicos II (macroinvertebrados)</i>	81
<i>Identificación y Caracterización Vegetación acuática y terrestre</i>	86
<i>Hábitats para la fauna y áreas de especial interés para la conservación de la diversidad observadas en campo</i>	90
<i>Análisis ecológicos (redes tróficas)</i>	91
DISCUSIÓN	91
ESTABLECIMIENTO DE LÍMITES DEL HUMEDAL CIÉNAGA DE LA VIRGEN	91

<i>Límites físicos</i>	91
<i>Límites biológicos I (macroinvertebrados)</i>	92
<i>Límites biológicos II (vegetación acuática y terrestre)</i>	95
<i>Sinergia de los aspectos físicos y bióticos para el establecimiento de límites del humedal Ciénaga de La Virgen</i>	96
PROPUESTA DEL PLAN DE ACCIÓN Y USO SOSTENIBLE DEL HUMEDAL	97
<i>Amenazas presentes y potenciales</i>	97
<i>Propuesta del Plan de manejo</i>	99
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
AGRADECIMIENTOS	102
REFERENCIAS	102
ANEXOS	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Unidades de la cobertura del suelo para Colombia, de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover.	15
Tabla 2. Parámetros analizados, unidades y metodología aplicada para los parámetros fisicoquímicos de la Ciénaga de La Virgen.	22
Tabla 3. Estaciones de muestreo limnológico comunidad planctónica y perifiton Ciénaga de La Virgen	25
Tabla 4. Estaciones de muestreo limnológico comunidad perifítica y macroinvertebrados acuáticos Ciénaga de La Virgen	27
Tabla 5. Estaciones muestreo de vegetación georreferenciadas Ciénaga La Virgen.	30
Tabla 6. Especies Fitoplanctónicas presentes en la Bahía de Cartagena.	52
Tabla 7. Zooplancton presente en la cuenca baja del Magdalena (Ciénaga de La Virgen).....	53
Tabla 8. Especies de moluscos presentes en Ciénaga de la Virgen.	54
Tabla 9. Especies de Insectos observadas Ciénaga de La Virgen.	55
Tabla 10. Reptiles registrados en alguna categoría de amenaza.	56
Tabla 11. Principales Bioindicadores (Hidrobiológicos) presentes en la Ciénaga de La Virgen durante 2015.	79
Tabla 12. Registro de macroinvertebrados para la Ciénaga De La Virgen.	81
Tabla 13. Caracterización de la vegetación acuática y terrestre de la Ciénaga de La Virgen según gradiente agua-tierra.	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de La Ciénaga de La Virgen y sus principales sitios de influencia.....	17
Figura 2. Corrientes superficiales y división de subcuencas que drenan a la Ciénaga la virgen.....	21
Figura 3. Localización de estaciones de monitoreo limnológico, comunidad planctónica y perifiton.....	25
Figura 4. Localización de estaciones de monitoreo limnológico, comunidad perifítica y macroinvertebrados acuáticos.	27
Figura 5. Estaciones muestreo de vegetación georreferenciadas Ciénaga Zapatosa.	29
Figura 6. Esquema de las principales unidades geomorfológicas, modificado de Ideam 2001.	44
Figura 7. Esquema de la dirección de corrientes internas en la ciénaga.....	45
Figura 8. Esquema de la dirección predominante de vientos en la Ciénaga La Virgen.....	46
Figura 9. Precipitación en Cartagena de Indias. Fuente Ideam 2007.....	47
Figura 10. Coberturas del suelo de la Ciénaga de la Virgen.	48
Figura 11. Adquisición de información primaria.	60
Figura 12. Esquema del modelo de batimetría de la Ciénaga La Virgen.....	62
Figura 13. Esquema de zonas susceptibles de inundación.	63
Figura 14. Perfil de la Ciénaga La Virgen.....	63
Figura 15. Conductividad Ciénaga de La Virgen (2015).	65
Figura 16. pH Ciénaga de La Virgen (2015).....	66
Figura 17. Oxígeno Disuelto Ciénaga de La Virgen (2015).....	67
Figura 18. Nitritos Ciénaga de La Virgen (2015).	67
Figura 19. Nitratos Ciénaga de La Virgen (2015).....	68
Figura 20. Fosforo Total Ciénaga de La Virgen (2015).	69
Figura 21. Temperatura Ciénaga de La Virgen (2015).....	70
Figura 22. Relación Profundidad – Transparencia en la Ciénaga de La Virgen en enero de 2015.	71
Figura 23. Conductividad Ciénaga de La Virgen (2015).....	72
Figura 24. Salinidad Ciénaga de La Virgen (2015)	72
Figura 25. Amonio Ciénaga de La Virgen (2015).....	73
Figura 26. Relación Contenido de Fosforo-Amonio en la Ciénaga de La Virgen (2015).	74
Figura 27. Fitoplancton registrado en la Ciénaga de La Virgen, durante el año 2015.	76
Figura 28. Zooplancton presente en la Ciénaga de La Virgen, durante el 2015.	77
Figura 29. Principales morfoespecies de perifiton en la Ciénaga de La Virgen (2015).	78
Figura 30. Distribución de macroinvertebrados en tres ambientes: (A)Acuático, (B)Semi acuático y (C)Terrestre asociado a Manglar.....	84
Figura 31. Distribución de macroinvertebrados en ambiente acuático, perfil Ciénaga de la Virgen. Organismos con adaptaciones como respiración cutánea, cámaras de reserva de aire.....	84

Figura 32. Distribución de macroinvertebrados en ambiente semiacuático, perfil Ciénaga de La Virgen.	85
Figura 33. Distribución de macroinvertebrados en ambiente terrestre asociado a vegetación, perfil Ciénaga de La Virgen.	85
Figura 33. Perfil de vegetación para la época seca en la Ciénaga de La Virgen.	89

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Vista desde la Ciénaga de La Virgen al cerro de La Popa.....	16
Fotografía 2. Canal que permite la acción de Bocana Estabilizada.....	18
Fotografía 3. <i>Rhizophora mangle</i> (mangle rojo) en su distribución típica de orilla al agua.	88
Fotografía 4. <i>Avicennia germinans</i> (mangle prieto) en interior de bosque en el sector norte.	88
Fotografía 5. <i>Batis marítima</i> sobre suelos arenosos.....	88
Fotografía 6. Bosque de mangle del sector oriental, en primer plano y margen izquierda <i>Rhizophora mangle</i> seguido por <i>Avicennia germinans</i> al fondo. ...	88
Fotografía 7. Interior del bosque del sector norte con dominancia de <i>Avicennia germinans</i>	88
Fotografía 8. Interior del bosque del sector norte con presencia de individuos de <i>Laguncularia racemosa</i>	88
Fotografía 9. Forma bentónica adaptada para vivir en ambientes acuáticos. cf. <i>Protodrilus</i> sp. 1.....	93
Fotografía 10. Formas bentónicas, Nereidae.....	93
Fotografía 11 cf. <i>Dynamenella</i> sp.con adaptaciones para desplazamiento en el sustrato.....	93
Fotografía 12. <i>Brachymetra</i> sp. adaptaciones para desplazamientos en la superficie del agua.	94
Fotografía 13. Odonata, forma semiacuática con ciclos de desarrollo acuático y terrestre.....	94

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Catálogo fotográfico local de especies.	109
ANEXO B. Base de datos de los registros georreferenciados.....	109
ANEXO C. Base de datos Darwin Core (SIB-Colombia).	109
ANEXO D. Copia de la Bibliografía.	109
ANEXO E. Cartografía.	109

RESUMEN

Se realizó la caracterización física, limnológica (físicoquímica, plancton, perifiton y macroinvertebrados) y de vegetación acuática y terrestre en el humedal Ciénaga de La Virgen durante el periodo hidrolimático seco. Los resultados evidencian unas fuertes problemáticas ambientales, bajo las cuales los límites del humedal se presentan como artificiales en todo su perímetro. A pesar de lo anterior y en concordancia con las estrategias y lineamientos para el manejo sostenible y conservación de los bosques de mangle, se destaca esta cobertura vegetal como parte fundamental del límite del humedal, dadas entre otras, su función como base para la red trófica y el correcto funcionamiento de los ecosistemas estuarinos.

Palabras clave: *Bosque de Mangle, Caribe colombiano, salinidad, geoforma.*

ABSTRACT

This study contains a physical characterization, limnological (physicochemical, plankton, periphyton and macroinvertebrates) and aquatic and terrestrial vegetation in the ecosystem of Ciénaga de La Virgen during the dry hydroclimatic period. The results evidence a strong environmental problems, under which limits are presented as artificial wetland around its perimeter. Despite the foregoing and in accordance with the strategies and guidelines for sustainable management and conservation of mangrove forests, the vegetation cover as a fundamental part of the boundary of the ecosystem, given among others, its role as a base for the trofic web stands and the proper functioning of estuarine ecosystems.

keywords: *Mangrove Forest, Colombian Caribbean, salinity, landform.*

SOBRE LOS AUTORES

Daniel Sánchez

Biólogo de la Universidad Nacional de Colombia (2009) y Candidato a Magister en Biología de la Universidad Nacional de Colombia (actualidad), con experiencia en caracterizaciones limnológicas a través del desarrollo de índices ecológicos multiparamétricos y especial interés en la ecología de macroinvertebrados acuáticos, macrófitas y mastofauna.

Diana L. Pérez

Bióloga de la Universidad Militar Nueva Granada (2004), con ocho años de experiencia en estudios limnológicos y énfasis en la caracterización de las

comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Especial interés en la ecología y sistemática de macroinvertebrados acuáticos (Orden: Odonata).

Paola Ortiz

Bióloga de la Universidad Nacional de Colombia (2009), Magister en Gestión y Auditorías Ambientales (2014), con experiencia en caracterizaciones bióticas para la formulación de normativas de ordenamiento territorial y procesos de licenciamiento ambiental. Especial interés en la ecología de macrófitas y botánica de plantas no vasculares.

Omar Mercado

Geólogo de la Universidad Nacional de Colombia (2012), con formación de posgrado en geofísica (actualidad), con experiencia en investigación y desarrollo de estudios hidrogeomorfológicos. Especial interés desde la geofísica en el moldeamiento de cuencas sedimentarias.

Álvaro Andrés Moreno Munar

Biólogo marino de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (2007), con experiencia en investigación de ecosistemas prioritarios de conservación, orientado hacia la recuperación de especies en peligro de extinción. Especial interés en temas de educación ambiental y gestión de los proyectos de conservación.

María Fernanda Batista Morales

Ingeniera Geógrafa y Ambiental de Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, con experiencia en manejos de datos de Sistemas de información geográfica en ecosistemas estratégicos. Especial interés en temas de ecología del paisaje y planificación del territorio.

INTRODUCCIÓN

Daniel Sánchez

Colombia es el único país suramericano con costas en el Pacífico y en el Caribe, sobre las cuales gracias a la gran disponibilidad de recursos hídricos y a su posición tropical, se generan diversos ecosistemas de humedales, que de manera puntual para la región de la costa Caribe se destacan los ribereños, lacustres, palustres, marinos y estuarinos, los cuales se extienden desde el límite con Panamá hasta los límites con Venezuela (Sánchez-Páez *et al.* 2000). Hacen parte de estos ecosistemas la Ciénaga Grande de Santa Marta, la desembocadura de los Ríos Sinú y Atrato y la Bahía de Cartagena entre otros.

Para el interior de la Bahía de Cartagena, se presenta La Ciénaga de la Virgen o de Tesca, localizada al noroeste de la ciudad de Cartagena, en el Departamento de Bolívar, caracterizada por presentar una barra litoral de arena que la separa del mar Caribe, la cual históricamente se abría al mar en época de invierno (mayo a

noviembre), pero en la actualidad dada la construcción de la Bocana, se permite el ingreso continuo de aguas oceánicas, además de las entradas de aguas ribereñas en los sectores sur y oriental. Dada esta mezcla de agua salada y dulce de origen fluvial, esta ciénaga de la planicie costera se constituyen en un sistema estuarino o de lagunas costeras (Castro, 1997).

Los estuarios son áreas de gran importancia en términos de diversidad y productividad biológica, siendo hábitats donde han evolucionado especies de gran importancia ecológica, adaptadas a las condiciones salobres, dando lugar a la formación de los manglares como uno de sus principales ecosistemas (Martínez, *et al.*, 2004). Dichos manglares constituyen un complejo de ecosistemas boscosos, caracterizados por ubicarse en litorales tropicales y subtropicales sobre sitios planos, suelos fangosos y aguas relativamente tranquilas en bahías, estuarios, lagunas costeras, ensenadas y esteros. En Colombia, los manglares cubren aproximadamente 371 000 hectáreas, de las cuales 283 000 se localizan en la costa Pacífica y 88 000 en la costa Caribe (Sánchez-Páez, *et al.*, 2000).

Entre los primeros estudios de la vegetación realizados en los manglares de Colombia incluyendo a los del Caribe, figuran los de Cuatrecasas (1958) en torno a la composición florística y a la descripción de rasgos ecológicos asociados a estos ambientes. Posteriormente los trabajos se enfocaron principalmente hacia la zonificación de los manglares del Caribe y al diseño de estrategias y lineamientos para el manejo sostenible y la conservación de estos ecosistemas (Sánchez-Páez, *et al.*, 1997, Sánchez-Páez, *et al.*, 2000).

Para el área de estudio específica de esta contribución, se resalta la descripción general de la vegetación de la región Caribe de Colombia (Rangel-Ch, 2012) y de forma puntual los estudios de INVEMAR & ECOQUIMIA S.A. - Bsi Inspectorate para ACUACAR en la Ciénaga la Virgen (en: Martínez, *et al.*, 2004). En estos trabajos se informa la presencia de las especies de mangle *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta*, así como formaciones de playa (con *Batis maritima*), matorrales (e.j *Blutaparon vermiculare*) y herbazales (*Sesuvium edmonstonei*), todas especies con adaptaciones a altas salinidades.

Además de estas caracterizaciones de los ecosistemas de mangle de la Ciénaga de La Virgen, son diversos los estudios históricos sobre las condiciones fisicoquímicas del agua, enfocados a estudiar las implicaciones generadas por los vertimientos de aguas servidas que realiza el Distrito de Cartagena (INVEMAR, 2007), hecho que influyo en la construcción de La Bocana, cuya operación ha permitido una mayor asimilación de nutrientes por parte del medio de la biomasa algal, estabilizando el oxígeno disuelto y aportando oxígeno a la ciénaga. Se incluyen en estos estudios además los relacionados con contaminantes como fertilizantes y plaguicidas (organoclorados y organofosforados) (Castro, 1997; GEO, 2009).

Respecto a las comunidades limnológicas del plancton, se ha concluido ampliamente como su composición y estructura no es en esencia muy diferente a la

del plancton marino, aunque a estas se suman la presencia de varias especies de agua dulce de los caños con los que se conecta que pueden adaptarse a las variaciones periódicas de salinidad y de otros factores climáticos, hidrográficos y bióticos (Arias & Durán, 1984; Álvarez-León & Blanco-Racedo, 1985; Pinilla & Duarte, 2006). Por su parte, los estudios relacionados a los macroinvertebrados acuáticos se presentan como escasos y antiguos, lo cual crea la necesidad de generar nuevos aportes al conocimiento de este grupo. Algunos de los estudios concernientes a los macroinvertebrados acuáticos asociados a manglares de la costa Caribe colombiana son los de Perdomo-Herrera (1971), Pérez-García & Victoria-Rueda (1977), Cifuentes-Aragón (1980), Jácome (1985), Polanía-Vorenberg, *et al* (1991) y Caicedo-Lara, *et al* (1992) en Estrada (2007).

Esta alusión a las descripciones de los manglares estuarinos y condiciones limnológicas de la Ciénaga de la Virgen, junto con aquella información recolectada en campo, son fuente para este trabajo, en el cual se presentan aquellos criterios biológicos de la vegetación acuática, terrestre y de transición (comunidades del ambiente agua-tierra) así como de las comunidades de macroinvertebrados, en sinergia con criterios físicos (geoformas) a ser aplicados para el establecimiento de límites de estos humedales a escala local. Dichos criterios hacen referencia a la presencia/ausencia y recambio de especies o comunidades, según su variación en el gradiente ambiental de humedad influenciado principalmente por los cambios en la salinidad del agua, acción de las mareas y estabilidad de los suelos arenosos.

MARCO CONCEPTUAL

Daniel Sánchez y Maria Fernanda Batista

Colombia es uno de los cuatro países con mayor disponibilidad de recursos hídricos en el planeta, recursos dentro de los cuales los humedales son considerados como los más productivos, donde además se presenta un altísima diversidad biológica (Roldán, 2008). Estos ecosistemas son fuente de una gran cantidad de servicios y recursos, pero su uso desmedido ha generado a lo largo del tiempo un gran deterioro de los mismos. A pesar de lo anterior y en concordancia con unas políticas de uso sostenible de los humedales en Colombia, desde la década de los años 90 se han gestado diversas estrategias para su conservación, entre las cuales se destaca la adhesión del país a la Convención Ramsar, con lo cual se pretende la generación de acciones para hacer uso sostenible de estos ecosistemas, tanto por las generaciones actuales como futuras, haciendo que su conservación sea esencial para el bienestar ambiental, social y económico del país (Pérez, *et al.*, 2002).

Bajo dicha adhesión, el Ministerio del Medio Ambiente ha adoptado los respectivos lineamientos y políticas de la Convención para favorecer la conservación de los humedales, dentro de lo cual en primer lugar se acoge la definición de la Convención Ramsar para definir humedales en Colombia, bajo la cual se considera que: “...son humedales aquellas extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o

corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Pérez et al., 2002).

Como siguientes medidas, dentro de las políticas nacionales adoptadas, es importante resaltar las acciones concernientes a conservar y hacer uso sostenible de los recursos a través de un Enfoque Ecosistémico de los humedales, en el cual deben integrarse factores ecológicos, económicos y sociales, entendiendo la conjunción que existe entre la naturaleza y la cultura, donde los seres humanos hacen parte integrante de los ecosistemas (Pérez, et al., 2002).

Como parte fundamental en la puesta en marcha de estas políticas, es indispensable el establecimiento de un marco geográfico donde puedan establecerse los límites de los humedales y puedan hacerse funcionales las estrategias de manejo, conservación y uso sostenible, de forma tal que se preserve el equilibrio entre la naturaleza y la sociedad (Pérez, et al., 2002). Respecto al planteamiento de dicho límite, Vilaridy, et al., (2014) exponen la importancia del establecimiento de límites como un paso en el proceso de gestión, conservación y uso racional de los humedales, para lo cual es requisito la implementación de las siguientes tres fases: la primera corresponde a la realización de un inventario de humedales nacionales, con búsqueda de información base para su evaluación y monitoreo. Una segunda fase donde se hacen evidentes las respectivas evaluaciones y caracterizaciones locales para identificar el valor, estado y amenazas de los humedales, para finalmente implementar una fase de manejo y ejecución de acciones de conservación. El establecimiento de límites entonces, como proceso transversal, se presenta integrada a las dos primeras, siendo estas adoptadas en esta contribución.

Dado lo anterior y en función del ejercicio de delimitación, Vilaridy et al., (2014) proponen la siguiente definición para un humedal: *“tipo de ecosistema que debido a condiciones geomorfológicas e hidrológicas permite la acumulación de agua (temporal o permanente) y que da lugar a un tipo característico de suelo y a organismos adaptados a estas condiciones”*, definición bajo la cual se enmarca este trabajo.

Los elementos clave de la estructura y dinámica de estos ecosistemas, presentados en dicha definición, son la base para generar criterios fundamentales para el establecimiento de límites de los humedales, siendo estos elementos los geomorfológicos, hidrológicos, edáficos y biológicos, los cuales actúan de manera sinérgica en un proceso de tipo jerárquico, donde los procesos físicos actúan de manera influyente sobre los biológicos (Vilaridy, et al., 2014), haciendo que en estos ecosistemas la heterogeneidad del hábitat y por ende la diversidad sea muy alta en estos sistemas (Álvarez-S, 2013).

Dicha diversidad dentro de los criterios biológicos y ecológicos, hace referencia a aquellos grupos de plantas y animales con adaptaciones que les permiten sobrevivir a las condiciones de humedad (temporal o permanente) de estos ecosistemas, cuyo estudio para los procesos de establecimiento de límites se han basado

principalmente en las comunidades de vegetación acuática (Duque & Lasso, 2014), aunque se destaca que a pesar de ser el indicador biológico más claro del límite del humedal, otros grupos también pueden contribuir a dicho propósito (Duque & Lasso (2014), Vilarly, *et al.*, 2014), dentro de los cuales en esta contribución se destacan los macroinvertebrados acuáticos.

Para el área de interés de este aporte, teniendo en cuenta la clasificación de la Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar versión 2009-2014, la Ciénaga de la Virgen se clasifica como un Humedal marino/costero de estuario (Morales-B, *et al.*, 2014). Martínez, *et al.*, (2004) definen un estuario como un cuerpo de agua que está parcialmente rodeado por tierra, donde el agua dulce proveniente de uno o varios ríos se mezcla con el océano. Los estuarios son áreas muy importantes por su diversidad, productividad biológica y por ser fuente o sumideros de partículas (materia orgánica, iones o sedimentos) que circulan a lo largo de los ecosistemas costeros.

Los estuarios que existen en la actualidad se formaron hace menos de cinco mil años, por lo que se consideran geológicamente jóvenes, sin embargo los organismos que los hábitat son mucho más antiguos (Martínez, *et al.*, 2004), evolucionando como en el caso de los manglares, por un lado como vegetación hidrofítica, con adaptaciones morfológicas o fisiológicas para crecer y sobrevivir en agua o en suelos que periódicamente se encuentran en condiciones anaeróbicas y de otro, con células especializadas en las raíces que les permiten bloquear la entrada de sales o secretarlas a través de glándulas en la base de las hojas (e.j mangle blanco) (Sánchez-Páez, *et al.*, 2000).

Para el Caribe colombiano, se estima una superficie de 87.908 hectáreas de mangle, que en el caso particular del Departamento de Bolívar, de este total presenta 5.713 ha, ubicándose en el quinto lugar dentro de los ocho Departamentos con esta vegetación (Martínez, *et al.*, 2004). Dentro de las especies de mangle registradas para esta región se presentan: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erecta* y *Pelliciera rhizophorae*, de las cuales *R. mangle*, *A. germinans* son las más abundantes y de mayor uso por parte de las comunidades, seguidas por *L. racemosa* y *C. erecta*, mientras que *P. rhizophorae* no se presenta para la Ciénaga de la Virgen, pero si para otras regiones del Caribe (Departamento de Córdoba) (Sánchez-Páez, *et al.*, 2000).

La caracterización de las formas vegetales de manglar se reconoce en este trabajo como una forma de establecer los límites funcionales de la Ciénaga de la Virgen que se basa en la presencia/ausencia de estas formaciones, las cuales responde a un gradiente ambiental en el cual influyen factores como la salinidad de la columna de agua, la velocidad de entrada de las mareas, factores fisicoquímicos del suelos, las geoformas, entre otros. Al respecto, se considera el trabajo de Cortés-Castillo & Rangel-Ch (2011), quienes al determinar los bosques de mangle en un gradiente de salinidad en la bahía de Cispatá - Boca tinajones, del Departamento de Córdoba, encontraron una zonación en la cual *R. mangle* se ubica en las zonas de litoral con influencia directa de las mareas, alta salinidad y suelos inestables, seguida por *A.*

germinans con *L. racemosa*, en suelos más estables y en los sectores de la playa, y lejos del embate directo de las olas se encuentra *Conocarpus erectus*.

Dado lo anterior, en esta contribución se aplicaron metodologías para el estudio de la vegetación enfocadas a caracterizar dichos bosques de mangle, estableciendo las respectivas zonaciones y perfiles ecológicos, que permitieran apreciar los cambios en el gradiente agua-tierra, como parte de los criterios biológicos utilizados para el establecimiento del límite del humedal.

Ahora bien, como criterios biológicos complementarios a la vegetación acuática, en los cuales grupos como el plancton, los macroinvertebrados, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos pueden considerarse útiles para la identificación, caracterización y delimitación (Vilardy, *et al.*, 2014), se ha propuesto en este trabajo el uso de los macroinvertebrados acuáticos como fuente para complementar las propuestas de establecimiento de límites de la Ciénaga de la Virgen.

Al respecto, los estudios en este grupo han sido utilizados principalmente para caracterizar y evaluar ecosistemas acuáticos, especialmente en lo referente a su uso como bioindicadores, por lo que no han sido ampliamente utilizados para el establecimiento de límites de los humedales. Sin embargo, Longo & Lasso (2014) destacan algunas estrategias reproductivas, hábitats y hábitos de vida como fuente para este propósito, además de la observación de exoesqueletos, huevos o especies freáticas como indicadores de la presencia de humedad en el suelo en las distintas temporadas hidrológicas.

Para esta contribución se pretende evaluar, además de la importancia de la presencia de agua en los ciclos reproductivos, la presencia de estructuras respiratorias o natatorias de las especies de macroinvertebrados, según se presentan en el gradiente agua-tierra, haciendo posible diferenciar aquellas especies con algún grado de influencia acuática de aquellas netamente terrestres.

Para la identificación de coberturas del suelo, se utiliza la clasificación que propone el proyecto CORINE LAND COVER (CLC) dentro del programa Coordination of Information on the Environment (CORINE) que es promovido por la Comunidad Europea, para el inventario de la cobertura de la tierra (IGAC, CORMAGDALENA & IDEAM, 2008). Este sistema de clasificación sugiere categorías jerárquicas ajustadas a las condiciones locales de Colombia. Con base en esto se utilizaron solo las coberturas presentes en el área de estudio de (Tabla 1). Adicionalmente se incluyó la clasificación de humedales propuesta por Vilardy *et al.*, (2014). que este caso son lagunas de relevantes en el trabajo que son área construida, camino, cerca viva, drenaje y vía (glosario). Que no forman parte de la clasificación pero que son necesarias debido a la escala de trabajo utilizada en este trabajo de investigación.

Tabla 1. Unidades de la cobertura del suelo para Colombia, de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover.

UNIDADES	NIVELES	
Territorios Artificializados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo
Territorios Agrícolas	Cultivos transitorios	Cultivos
	Pastos	Pastos
Bosques y áreas seminaturales	Bosques	Arbustal
		Bosque Ripario
		Tierra desnuda y degradada
	Áreas seminaturales	Herbazal denso inundable arbolado
		Herbazal
Áreas húmedas	Áreas humedal continentales	Vegetación acuática sobre cuerpo de agua
Superficies de agua	Aguas continentales	Río

Fuente: IGAC, CORMAGDALENA & IDEAM, 2008.

Finalmente, para apreciar la sinergia ente los factores físicos y bióticos a implementar en esta propuesta, se aplicaron metodologías para el estudio geomorfológico e hidrológico, a través de información tanto primaria como secundaria, atendiendo así a una construcción de los límites funcionales de la Ciénaga de la Virgen que abarca los criterios propuestos por Vilaridy, *et al.*, (2014).

METODOLOGÍA

Generalidades del área de estudio

Omar Mercado, Álvaro Andrés Moreno Munar y María Fernanda Batista

Históricamente, se ha establecido que a partir de la fundación de la ciudad de Cartagena de Indias en el siglo XVI, la ciénaga era conocida como Tesca, que significa “espejo”, después del año 1607 es rebautizada como la Ciénaga de La Virgen, en honor a la virgen de la Candelaria, a la cual se le rinde culto en el cerro de La Popa (TCC-CARDIQUE, 2010) y es el nombre por el cual es reconocida actualmente. (

Fotografía 1). Por su parte, teniendo en cuenta la clasificación de la Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar versión 2009-2014, la Ciénaga de la

Virgen se clasifica como un Humedal marino/costero de estuario (Morales-B, *et al.*, 2014).

La ventana de estudio está definida por el límite de la ciénaga y se encuentra a los $10^{\circ}26'37.82''\text{N}$ y $75^{\circ}29'24.14''\text{O}$ como centroide de la ventana de estudio y tiene una superficie de 3.131,94 ha, con profundidad máxima de 1.5 m. Este humedal costero, se caracteriza por su forma triangular (Figura 1), con una anchura máxima de 4,5 Km, una longitud de 7 Km aproximadamente y un espejo de agua de 2250 ha. La Ciénaga de La Virgen, posee en sus márgenes manglar de tipo *Rhizophora mangle*, excepto en la zona sur y suroeste. (Castro, *et al.*, 2002; Álvarez-León & Blanco-Racedo, 1985). Por su parte, teniendo en cuenta la clasificación de la Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar versión 2009-2014, la Ciénaga de la Virgen se clasifica como un Humedal marino/costero de estuario (Morales-B, *et al.*, 2014).



Fotografía 1. Vista desde la Ciénaga de La Virgen al cerro de La Popa.

Delimita con el mar por un cordón de arena de aproximadamente 1 m de altura conocido como “La Boquilla” siendo este el principal canal natural de comunicación entre el mar y la ciénaga, que se abría solo en invierno, (GEO, 2009). Según el Plan de Ordenamiento Territorial POT (2012), con la construcción de la Bocana Estabilizada el flujo de agua del mar hacia la ciénaga es permanente, también resalta que algunas de las conexiones naturales (bocas naturales) se han perdido, debido al relleno con materiales sólidos con los cuales se ha venido compactando las áreas que permitían un constante intercambio de aguas con el mar (Figura 1).

En la Ciénaga de La Virgen se presenta un punto muy importante de comunicación entre la ciénaga y el mar conocida como Ciénaga de Juan Polo, la cual Lonin

(2008) describe como una laguna costera, ubicada al norte de la Ciénaga de La Virgen; puntualiza que entre las dos ciénagas, si existe una conexión directa mediante unos caños angostos y someros que les permite ser autónomas en algunos momentos del sistema marino, conformando de esta forma un Complejo Cenagoso.

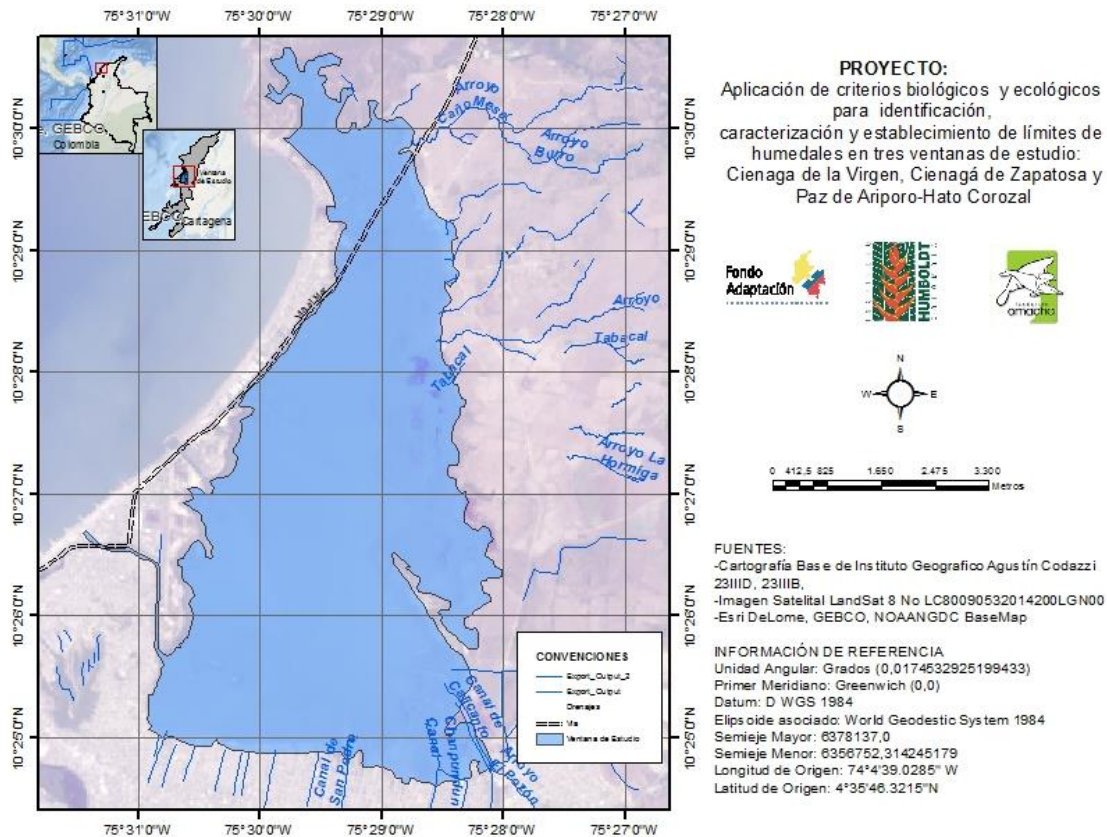


Figura 1. Ubicación de La Ciénaga de La Virgen y sus principales sitios de influencia.

La profundidad característica de la Ciénaga de La Virgen es de 1.5 m, mientras que la de Juan Polo es de 1 m. Los caños que las conectan tienen entre 60 y 90 cm de profundidad en la parte más profunda.

También afirma que antes de la construcción de la Bocana Estabilizada al final del siglo pasado, la Ciénaga de Tesca tenía una comunicación estacional con el mar Caribe a través de una boca natural conocida como “La Boquilla”, ubicada en el extremo norte. La Boquilla es una zona de importancia dentro del Complejo Cenagoso ya que cumple una función estabilizadora de mareas, regulando la entrada y salida de aguas dulces y marinas, permitiendo el crecimiento de las especies de mangle presentes en el área son: *Avicennia germinans* (especie dominante, 67%), el mangle rojo *Rhizophora mangle* (30%) y el mangle blanco *Laguncularia racemosa*, así como el Zaragoza (*Conocarpus erecta*) las dos últimas especies en menor cantidad.

Sector de la Bocana

La Bocana de Marea Estabilizada es una conexión artificial permanente entre el Mar y la Ciénaga de La Virgen de la ciudad de Cartagena, que garantiza el flujo y reflujo de las corrientes de marea; permitiendo el intercambio continuo de las agua (Beltrán, 2003).

La construcción de la Bocana hace parte integral de este sistema cenagoso-lagunar-costero, compuesto por los canales y bocanas que interconectan al complejo del humedal. (GEO, 2009) (Fotografía 2).



Fotografía 2. Canal que permite la acción de Bocana Estabilizada.

ASPECTOS AMBIENTALES Y FÍSICOS

De acuerdo con la Zonación Hidrográfica propuesta por el IDEAM (2013), la Ciénaga de La Virgen se encuentra ubicada en el área correspondiente a la Zona Caribe colombiana, específicamente a la zona litoral, parte baja del río Magdalena.

Los sistemas cenagosos del Caribe incluyen *ciénagas ribereñas* que están conectadas hidrodinámicamente a los grandes ríos, pues son parte natural de la planicie costera y reciben la influencia fluvial y marina (Rangel *et al.*, 2012). Figuran en esta categoría varias marismas costeras, como las ciénagas de Cispatá (Córdoba), la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM-Magdalena), la Ciénaga de

La Virgen (Cartagena), las ciénagas de Viojó, Redonda y Totumo (Atlántico), IDEAM (2013).

La Ciénaga de La Virgen a través del tiempo se ha constituido como un ecosistema primordial, donde se destacan los siguientes componentes:

Hidrología

El área total de la cuenca de la Ciénaga de La Virgen es de 520 km² y está formada por los arroyos tributarios que drenan hacia la ciénaga, la red de drenaje principal está constituida por ocho arroyos en la zona rural y por 20 canales en el perímetro urbano de la ciudad para encauzamiento y conducción controlada del drenaje pluvial. La ciénaga posee diferentes efluentes continentales en su margen oriental los caños: Caños Meza, Palenquillo, del Medio, Hormigas y Tabla.

La ciénaga ha sido por muchos años el principal cuerpo receptor de las aguas servidas y de los residuos sólidos de la ciudad de Cartagena, estos últimos utilizados para consolidar invasiones en sus márgenes, ocasionando la disminución de su espejo de agua. Los costados sur y occidente se encuentran intervenidos por el avance del casco urbano de la ciudad de Cartagena. Allí se localizan la mayoría de los barrios periféricos conformando cinturones tuguriales.

Montoya y Aguirre (2009), describen los aspectos primordiales relacionados con la geomorfología de humedales en el estudio sobre “Estado del arte de la limnología en zonas inundables de zonas bajas (Ciénagas) en Colombia” afirmando que estos planos inundables son cuerpos de agua poco profundos con conexión directa y/o indirecta a un río (de forma temporal o permanente) y que tienen una columna de agua que no supera los 10 m, presentan estratificación durante el día y mezcla e isoterminia en la noche considerándose estos como sistemas polimícticos¹ cálidos y continuos.

Los humedales presentan, según Roldan y Ramírez (2008), tres zonas ecológicas definidas:

1. Zona de aguas abiertas y de profundidad variable;
2. Zonas de bahías, por lo general menos profunda y
3. Zona marginal de vegetación, corresponde a la parte de la orilla ocupada por vegetación acuática.

Los humedales conectados a un río han sido catalogados bajo la denominación de llanuras de inundación y están sujetos a fluctuaciones importantes en los niveles y a cambios pronunciados de sus fases terrestres y acuáticas (sistemas pulsantes). Estas llanuras de inundación se puede ubicar como una

¹ Polimícticos, se refiere a humedales que tienen muchas mezclas por año, acorde con la clasificación Mixis propuesta por Lewis Jr. (1983).

macrounidad geomorfológica en donde predominan los procesos de dinámica fluvial (erosión, depositación, e inundación).

Este tipo de ecosistema depende de la influencia de la acción inundante del río y se configura como una zona de transición acuático terrestre (Junk, 1989), pues periódicamente se desborda sobre los lagos de planos inundables.

En la definición de la ventana de estudio para la Ciénaga de la Virgen no se encuentra, enmarcado las corrientes de agua superficial que drenan al cuerpo de agua. Sin embargo, mediante las cartografías Base 1:25.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en la planchas 23IIID, 23IIIB, y la plancha a 1:100.000 de Colombia; se encuentra que presenta una hidrodinámica superficial activa hacia la Ciénaga. Es decir, esta dinámica está dada por sub cuencas de drenaje permanente que aportan sus aguas a la Ciénaga, así mismo posee pequeños drenajes de corriente intermitentes que se activan en tiempo seco, algunos de estos drenajes provienen de municipios circunvecinos a la ciudad de Cartagena. Estos drenajes superficiales provienen de otros municipios cercanos a Cartagena, como son, Clemencia, Villanueva, Turbaco y Santa Rosa.

Estos drenajes superficiales, conforman un modelo de redes dendríticas de diferentes órdenes según la clasificación de Strahler (1982), están definidas con cuatro cuencas de orden 1, tres de orden 2 y 3, y una cuenca de orden cuatro, De igual forma se le suman diversos drenajes o canales provenientes el tejido urbano. Estos drenajes que vienen de la ciudad al estar en una superficie impermeable aumenta la escorrentía superficial lo cual se drenan mayor cantidad de agua en temporadas de lluvia (Figura 2).

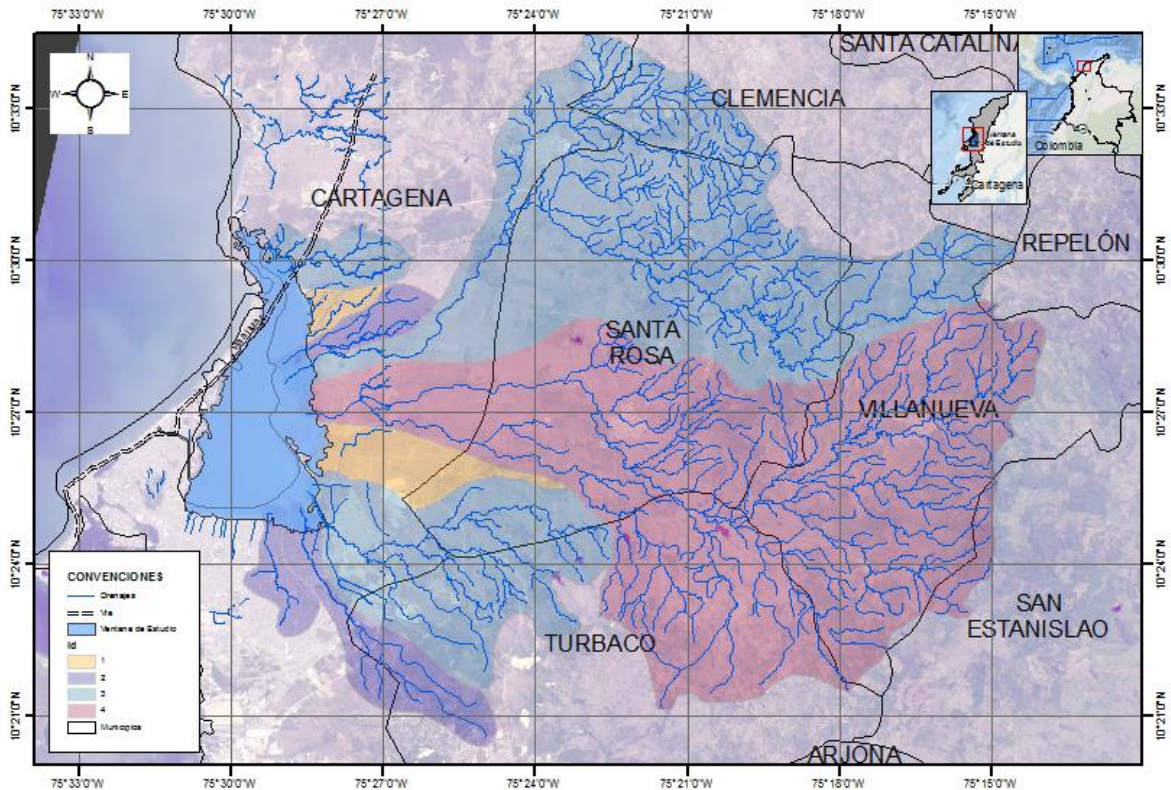


Figura 2. Corrientes superficiales y división de subcuencas que drenan a la Ciénaga la Virgen.

Fuentes de Información secundaria

Para tener un conocimiento básico general de las condiciones físicas, limnológicas y bióticas del área de estudio, se usaron diversas fuentes de información secundaria, la cual presenta en algunos aspectos una gran escala (Departamental o Regional), dado que las fuentes presentaron, especialmente para las especies bióticas, datos de distribución a partir de territorios políticos; la información física presenta sin embargo datos locales en algunos casos muy actualizados.

De manera más explícita, la información secundaria geomorfológica y meteorológica se basa principalmente en datos del IDEAM y Planes de ordenamiento territorial. La información limnológica (físicoquímica e hidrobiológica) se basa en datos del Invenmar y Cardique principalmente. La información de la fauna vertebrada se basa en el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCH) de la Ciénaga de la Virgen, además de la consulta de páginas web del Instituto Alexander Von Humboldt, resolución 0192 del 14 de febrero de 2014 (MAVDT), actual MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) y listas CITES y UICN. Para la vegetación tanto acuática como terrestre, los datos se basan en la compilación realizada por Rangel-Ch (2012) de los estudios de la vegetación de la Región del Caribe Colombiano y los

aportes de Cortés-Castillo & Rangel-Ch (2011) para los bosques de mangle en un gradiente de salinidad en el Departamento de Córdoba, así como revisiones en la resolución 0192 del 14 del MADS y listas CITES y UICN. Finalmente, se tuvo en cuenta las propuestas de zonificación de los manglares del Caribe y los diseños de estrategias y lineamientos para el manejo sostenible y la conservación de estos ecosistemas (Sánchez-Páez *et al.* 1997, Sánchez-Páez *et al.* 2000).

Por su parte, se aplicaron y enriquecieron los principios y criterios para la delimitación de humedales continentales presentados por Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Vilardy *et al.*, 2014).

Caracterización fisicoquímica

Los parámetros fisicoquímicos realizados a las muestras se encuentran acreditados por el LABORATORIO MICROBIOLÓGICO ORTIZ MARTINEZ S.A.S bajo la resolución 1543 del 29 de julio de 2013 del Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 “Requisitos Generales de Competencia de Laboratorio de Ensayo y Calibración”, según la Metodología establecida en el Standard Methods for Examination of water and wastewater 22nd Edition 2012, siguiendo los protocolos de Standard Methods for Examination of water and wastewater 22nd Edition 2012, Protocolo de muestreo LABORMAR PTTFQ 001 y Guía para el monitoreo de vertimientos y aguas superficiales del IDEAM. En la Tabla 2 se resumen los parámetros, unidades y metodología aplicadas.

Tabla 2. Parámetros analizados, unidades y metodología aplicada para los parámetros fisicoquímicos de la Ciénaga de La Virgen.

Parámetro	Procedimiento técnico de análisis	Unidades	Método de análisis	Ldm	Lcm	Incertidumbre del método
pH	PTA-FQ 007	U de pH	S.M 4500 H B	0,01	0,01	+/-0,01
Temperatura	PTA-FQ 067	°C	S.M 2550 B	0,1	0,1	+/-0,58
Oxígeno Disuelto	PTA-FQ 006	mg O ₂ /L	S.M 4500-O G	0,1	0,1	-
DBO ₅	PTA-FQ 002	mg O ₂ /L	S.M 5210 B	2,9	3,24	+/-2,35
DQO	PTA-FQ 001	mg O ₂ /L	S.M 5220 D	25,7 2	25,72	+/- 5,0
Grasas y/o Aceites	PTA-FQ 003	mg/L	S.M 5520 D	11	13,7	+/-6,0

Parámetro	Procedimiento técnico de análisis	Unidades	Método de análisis	Ldm	Lcm	Incertidumbre del método
Sólidos Suspendidos Totales	PTA-FQ 004	mg/L	S.M 2540 D	1,6	4,5	+/- 1,4
Sólidos Disueltos Totales	PTA-FQ 004B	mg/L	S.M 2540 C	7,1	24,3	+/- 2,4
Fósforo Total	PTA-FQ 075	mg/L	S.M 4500-P B,E.	0,03	0,094	+/- 0,0129
Amonio	PTA-FQ 081	mg/L	S.M.4500-B,C	0,2	0,8	+/-0,13
Nitratos	PTA-FQ 095	mg NO-3 /L	S.M 4500-NO-3-B	0,026	0,056	+/- 0,021
Nitritos	PTA-FQ 079	mg NO-2/L	S.M 4500-NO-2- B	0,005	0,01	+/- 0,002
Turbiedad	Subcontratado	NTU	S.M 2130 B	N.E	N.E.	N.E
Mercurio	Subcontratado	mg/L	S.M 3030 E, 3114 C	N.E	N.E.	N.E
Conductividad	PTA-FQ 005	µS/cm	S.M 2510 B	0,1	0,1	+/-0,1
Cadmio	PTA-FQ 093	mg/L	S.M 3111 B,C	0,016	0,054	+/-0,028
Plomo	PTA-FQ 093	mg/L	mg/L S.M 3030 E , 3111 B	0,029	0,094	+/-0,080
Pesticidas Organoclorados	Subcontratado	mg/L	Cromatografía de Gases	N.E	N.E	N.E
Pesticidas Organofosforado	Subcontratado	mg/L	Cromatografía de Gases	N.E	N.E	N.E
Coliformes totales	MIC-235	NMP	SM 9221 B	N.A	N.A	Eficiencia 0,94

N.A: No aplica, ND: No determinado, LDM: Límite Detección Método, LCM: Límite cuantificación Método

Fuente: LABORMAR 2015, reporte de análisis 1009.

Las estaciones monitoreadas corresponden a las mismas relacionadas en la Tabla 3, para la comunidad planctónica y de perifiton.

Caracterización hidrogeomorfológica

La caracterización hidrogeomorfológica se realizó en tres etapas fundamentalmente, una primera constó de recopilación de información secundaria, sobre los principales aspectos hidrológicos y geomorfológicos, así como de las principales obras de infraestructuras realizadas en la Ciénaga La Virgen, la segunda etapa correspondió a una salida de campo de verificación y corroboración de la información secundaria, además con la adquisición de información primaria relacionada con la sedimentología y litología de unidades geomorfológicas, además de información sobre la profundidad de la ciénaga de una forma sencilla y directa utilizando un bastón de Jacob, por último se integró la información para determinar patrones que permitan identificar cuáles son los mejores criterios para delimitar espacialmente un humedal de características tan especiales como el que se estudió.

Caracterización de Coberturas del suelo

Se obtuvieron dos imágenes satelitales para la Ciénaga la Virgen (LC80090532014200LGN00). La imagen base de información son del sensor LandSat 8 multiespectral, tomada el mes de octubre de 2014, descargada del servicio geológico de los Estados Unidos (USGS), con sus correspondiente metadato. Esta imagen tiene un cubrimiento de nubosidad no mayor al 4%, es decir un nivel de opacidad muy bajo, lo que permite identificar las coberturas presentes.

Para la realización de los mapas, identificaron los puntos de control que se ajustaron con los puntos tomados con el GPS. Para el desarrollo de la interpretación de las coberturas del suelo de los humedales, fue necesario determinar la escala de trabajo y el área mínima cartografiable, que fueron 1:50.000 y 5,0 ha, respectivamente. Posteriormente, se estableció el sistema de coordenadas que es WGS 84 con la proyección Transversa de Mercator. Seguido a esto, se realizó una clasificación supervisada en el programa de computador ArcGIS 10.2.1, con imágenes LandSat 8. Así mismo, en el proceso de la elaboración de los mapas se identificaron las coberturas correspondientes de acuerdo a la clasificación de CORINE Land Cover.

Caracterización hidrobiológicos (fitoplancton, zooplancton, perifiton y macroinvertebrados acuáticos)

Para la caracterización de las comunidades hidrobiológicas del plancton se seleccionaron cuatro estaciones de muestreo teniendo en cuenta las características del cuerpo de agua, su extensión, profundidad, áreas de alimentación por parte de afluentes y facilidades de acceso (Tabla 3), de tal manera que las estaciones se distribuyeron de acuerdo al gradiente de salinidad y la presencia y/o ausencia de vegetación en sus bordes, como se observa en la Figura 3.

Tabla 3. Estaciones de muestreo limnológico comunidad planctónica y perifiton Ciénaga de La Virgen

Código estación de monitoreo	Localización	Coordenadas Geográficas		
		Latitud N	Longitud O	Altura (m.s.n.m)
CV1S	Estación límite Sur	10°25'3.54"	75°29'50.60"	3
CV2S	Estación costado occidental, Bocana	10°27'2.22"	75°30'22.05"	6
CV3S	Estación costado oriental, vegetación de manglar	10°27'47.31"	75°29'28.73"	5
CV4S	Estación norte, conexión con Ciénaga Juan Polo	10°26'32.57"	75°29'3.89"	4

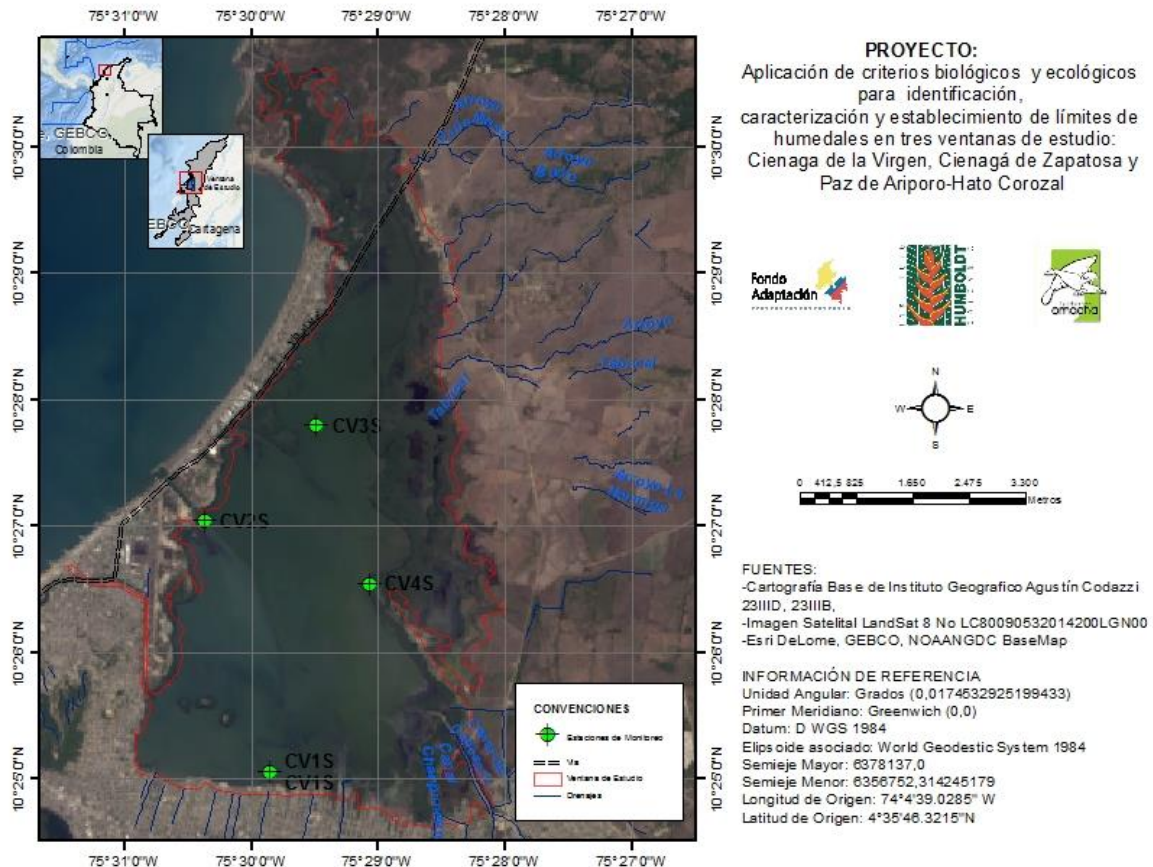


Figura 3. Localización de estaciones de monitoreo limnológico, comunidad planctónica y perifiton.

Para las muestras de fitoplancton se realizaron filtraciones de 120Lt para cada una de las estaciones a través de una red de plancton de 25 µm. El volumen final

filtrado se fijó con solución transeau 6:3:1. Para la estimación de la densidad del fitoplancton se realizó un conteo utilizando microscopio invertido a partir del método de sedimentación propuesto por Lund, *et al.*, 1958, el cual consiste en tomar alícuotas en ml de volumen variable, según el grado de turbidez del agua, y posteriormente concentrándolas en cámaras tipo Utermöhl 1 hora por cada ml de volumen sedimentado (Utermöhl, 1958). Se realizaron conteos hasta alcanzar 400 células del morfotipo más abundante para asegurar un límite de confiabilidad de 0.95 (Wetzel & Likens 2000; Wetzel, 2001). Para la identificación taxonómica de las especies se utilizaron claves especializadas: Wehr & Sheath (2003); Komarek & Anagnostidis (2005); Cox (1996); Bicudo & Bicudo (1970); Komarek & Fott (1983); Parra, *et al.*, (1982a, 1982b, 1982c, 1983).

Para las muestras de zooplancton se realizaron filtraciones de 120Lt para cada una de las estaciones a través de una red de plancton de 55 μm . El volumen final filtrado se fijó con solución transeau 6:3:1. Para la estimación de la densidad, se midió el volumen final de la muestra colectada con el fin de determinar el número de individuos/ml, se tomó una alícuota de un mililitro depositándola en una cámara Sedgwick-Rafter dejando reposar la muestra en la cámara entre 10 y 30 minutos, se realizaron conteos de 300 individuos del taxa más común para las muestra de gran abundancia, en caso que la muestra presentara un bajo conteo de individuos se realizaron transeptos hasta obtener una estandarización de los individuos observados.

La caracterización de la comunidad perifítica se realizó en las estaciones CV2S, CV3S y CV4S correspondientes también a los puntos de monitoreo para la comunidad planctónica y la estación CV1 Est 20mt asociada con la comunidad de macroinvertebrados acuáticos, Tabla 4, con el fin de implementar un análisis de cadenas tróficas manteniendo el esquema de distribución en gradiente de salinidad y vegetación; se caracterizó a través del raspado de sustratos adecuados para encontrar dicha comunidad, realizando raspados en áreas 3 x 5 cm en 10 repeticiones de sustratos duros y estables como rocas o vegetación. Para cada estación de muestreo se realizaron raspados de un área aproximada de 150 cm^2 , generando finamente una muestra compuesta fijada con solución transeau en concentración 6:3:1. En el laboratorio se hicieron diluciones de las muestras con un volumen total de 2 ml, realizando conteos hasta alcanzar 100 células del morfotipo más abundante para asegurar un límite de confiabilidad de 0,95 (Wetzel & Likens, 2000; Wetzel, 2000) identificando los organismos encontrados, con base en el trabajo de Whitford (1969); Needham (1978); Gaviria (2000) y Lopretto (1995) con ayuda de microscopio convencional y microscopio invertido (Figura 4).

Tabla 4. Estaciones de muestreo limnológico comunidad perifítica y macroinvertebrados acuáticos Ciénaga de La Virgen

Estación de Monitoreo	Código	Localización	Coordenadas Geográficas	
			Latitud N	Longitud O
CV Est1 20m*	CV20	Raíces de <i>Rizophora mangle</i> , 20mt de distancia al borde limite con el espejo del agua	10°27'14.66"	75°29'5.01"
CV Est 2 30m	CV30	Raíces de <i>Rizophora mangle</i> , 30mt de distancia al borde limite con el espejo del agua	10°26'40.17"	75°28'47.97"
CV Est 3 Sustrato	CVS	Sustrato áreas abiertas	10°26'38.47"	75°28'34.75"
CV est 4 Hojarasca/Playón	CVH/P	Hojarasca y playón, vegetación de manglar	10°27'57.32"	75°28'58.00"

* Estación de monitoreo para perifiton

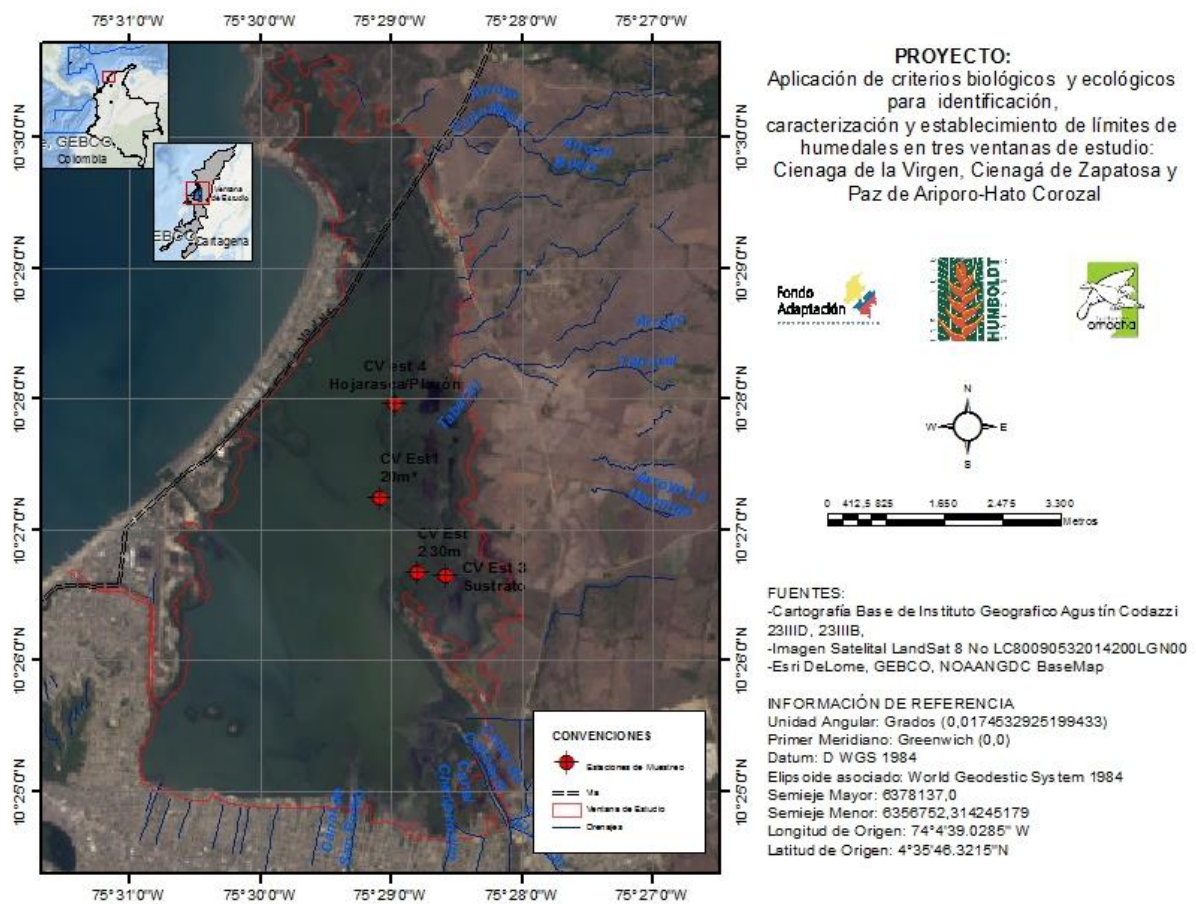


Figura 4. Localización de estaciones de monitoreo limnológico, comunidad perifítica y macroinvertebrados acuáticos.

Las muestras de macroinvertebrados acuáticos fueron colectadas teniendo en cuenta la asociación a sustratos, vegetación, raíces y playones, Tabla 4, con el fin de generar mayor información sobre la distribución de estos organismos como indicadores de límites en humedales, Figura 4; las muestras se tomaron a través de una red de mano tipo D-frame de 30cm de base y un área de 0,803m² con una apertura de ojo de malla de 300 µm (tamiz estándar N.60) (APHA AWWA WPCF, 1985), recolectando individuos asociados a bentos, playones, vegetación acuática y neuston realizando lavados manuales de las mismas a contracorriente. Adicionalmente, se hicieron muestreos de sustrato por medio de una red Thienneman. Las capturas se realizaron en cada punto hasta no observar nuevas familias cada vez que se sumergía la red, obteniendo así un muestreo de componentes máximos (Alba-Tercedor, *et al.*, 2004). Las muestras fueron fijadas con etanol al 70% y tamizadas a través de tamices graduados de 4, 2.8, 1.7 y 1 mm y 250 µm para su separación y observación en el laboratorio.

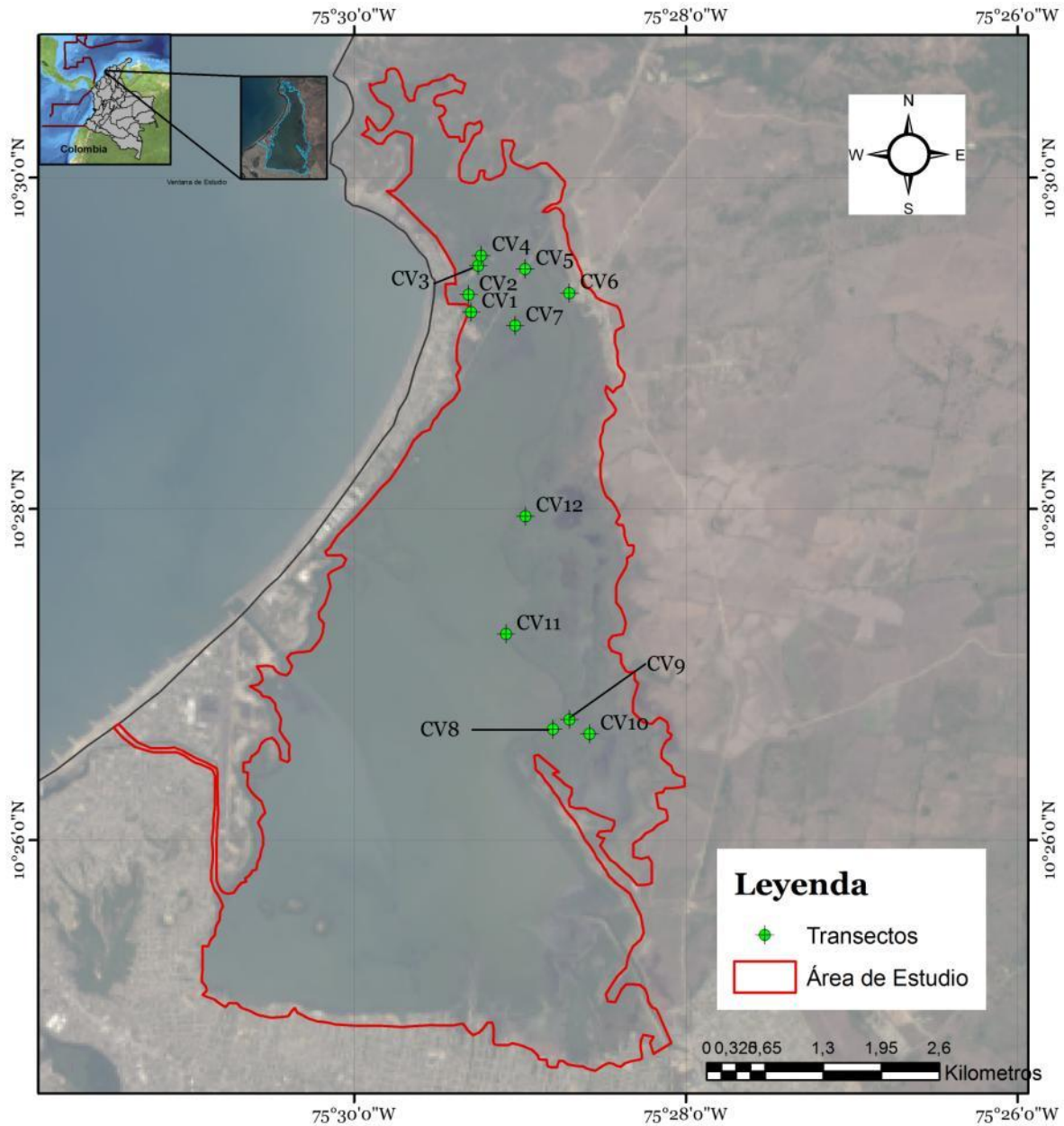
Para la identificación de los individuos se utilizó un estereoscopio y la determinación se hizo hasta el nivel taxonómico más detallado posible con el uso de diversas claves taxonómicas especializadas de Aristizábal (2002); Merrit & Cumins (1996); Roldán (1998); Merrit & Cumins (2008); Rodríguez & Fernández (2009); Heckman (2006); Heckman (2008); Domínguez, *et al* (2006), de ser necesario, se emplearon nombres y nomenclaturas artificiales (morfoespecies) para diferenciar los organismos distintos pertenecientes a un mismo nivel taxonómico. Posterior a la identificación y caracterización de la comunidad de macroinvertebrados se realizaron modelos 3D para complementar y realzar los perfiles realizados.

Vegetación acuática y terrestre

Fase de Campo

Área de estudio

Comprendió las zonas de las orillas de la Ciénaga de la Virgen donde se presentan remanentes boscosos de manglar, ubicándose de forma exclusiva en el sector norte y oriental de la ciénaga (Figura 5 y Tabla 5). En el sector norte se presenta la conexión natural entre la ciénaga y el mar, con bosques de mangle muy intervenidos, mientras que el sector oriental presenta influencia de la entrada de agua dulce, procedente de algunos caños. La barra litoral del sector norte no presentaba conexión con la ciénaga dada la temporada de estiaje.



PROYECTO:

Aplicación de criterios biológicos y ecológicos para identificación, caracterización y establecimiento de límites de humedales en tres ventanas de estudio: Ciénaga de la Virgen, Ciénaga de Zapatosa y Paz de Ariporo-Hato Corozal

FUENTES:

-Imagen Satelital LandSat 8 No LC80080542014209LGN00

INFORMACIÓN DE REFERENCIA

Unidad Angular: Grados (0,0174532925199433)
 Primer Meridiano: Greenwich (0,0)
 Datum: D WGS 1984
 Elipsoide asociado: World Geodestic System 1984
 Semieje Mayor: 6378137,0
 Semieje Menor: 6356752,314245179
 Longitud de Origen: 74°4'39.0285" W
 Latitud de Origen: 4°35'46.3215"N



Figura 5. Estaciones muestreo de vegetación georreferenciadas Ciénaga Zapatosa.

Tabla 5. Estaciones muestreo de vegetación georreferenciadas Ciénaga La Virgen.

Estación	Coordenadas Geográficas WGS 84		Altura	Descripción estación
	Este	Norte		
CV1	75°29'17.60"W	10°29'11.27"N	-1	<p>Sector norte de la ciénaga donde se presenta la conexión natural al mar, área abierta habitada muy clareada con presencia de mangle rojo.</p> <p>Los levantamientos de la vegetación estuvieron enfocados al bosque de mangle (Cuadrantes centrados en un punto) donde se evidencia dominancia por <i>Rhizophora mangle</i>.</p>
CV2	75°29'18.55"W	10°29'17.57"N	-1	<p>Sector norte de la ciénaga donde se presenta la conexión natural al mar, área abierta habitada con presencia de mangle rojo</p> <p>Los levantamientos de la vegetación estuvieron enfocados al bosque de mangle (Cuadrantes centrados en un punto) donde se evidencia dominancia por <i>Rhizophora mangle</i> hacia el borde del espejo de agua y <i>Avicennia germinans</i> al interior del bosque.</p>

Estación	Coordenadas Geográficas WGS 84		Altura	Descripción estación
	Este	Norte		
CV3	75°29'14.98\"W	10°29'28.16\"N	0	<p>Sector norte de la ciénaga donde se presenta la conexión natural al mar, interior del bosque de mangle</p> <p>Los levantamientos de la vegetación estuvieron enfocados al bosque de mangle (Cuadrantes centrados en un punto) donde se evidencia dominancia por <i>Rhizophora mangle</i> hacia el borde del espejo de agua y <i>Avicennia germinans</i> al interior del bosque.</p>

Estación	Coordenadas Geográficas WGS 84		Altura	Descripción estación
	Este	Norte		
CV4	75°29'13.98\"W	10°29'31.75\"N	0	<p>Sector norte de la ciénaga donde se presenta la conexión natural al mar, playón con presencia de plantas rasantes de ambientes arenosos</p> <p>Los levantamientos de la vegetación estuvieron enfocados al bosque de mangle (Cuadrantes centrados en un punto) donde se evidencia dominancia por <i>Rhizophora mangle</i>. Se registro la especie rasante <i>Batis marítima</i> midiendo su cobertura en cuadrantes de 4m².</p>

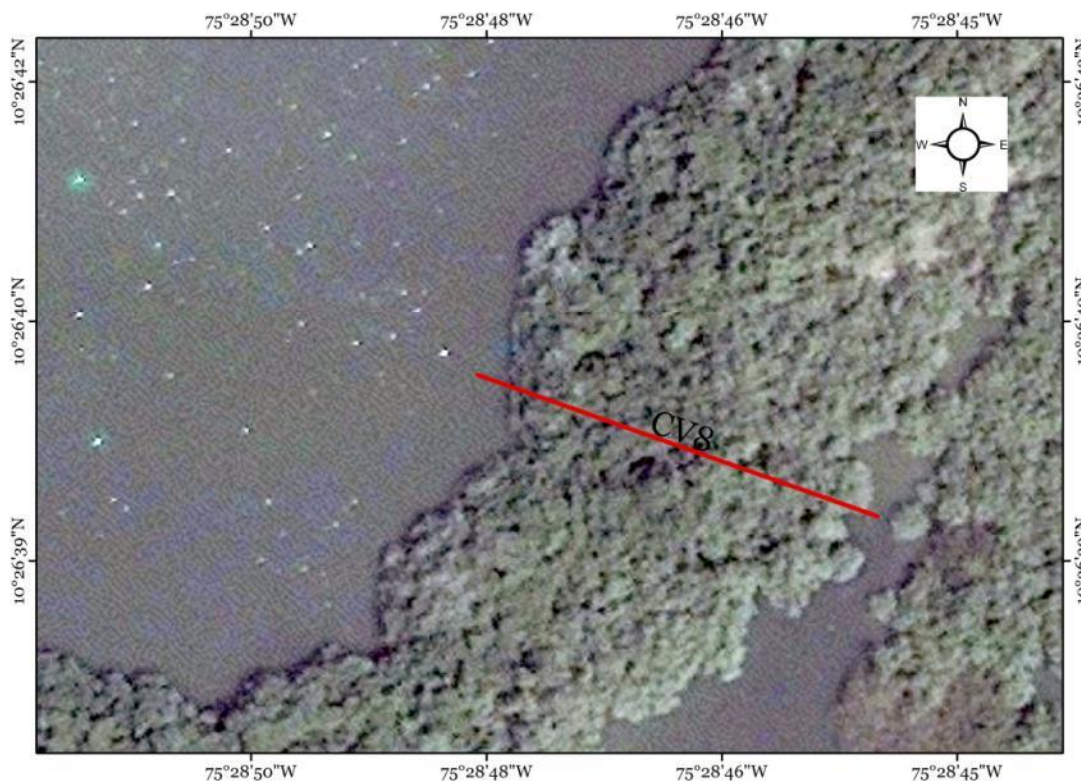
Estación	Coordenadas Geográficas WGS 84		Altura	Descripción estación
	Este	Norte		
CV5	75°28'58.07\"W	10°29'26.84\"N	2	<p>Sector norte de la ciénaga donde se presenta la conexión natural al mar, en cercanías al puente de la Vía al Mar.</p> <p>Los levantamientos de la vegetación estuvieron enfocados al bosque de mangle (Cuadrantes centrados en un punto) donde se evidencia dominancia por <i>Rhizophora mangle</i>.</p>

Estación	Coordenadas Geográficas WGS 84		Altura	Descripción estación
	Este	Norte		
CV6	75°28'42.09\"W	10°29'18.22\"N	4	<p>Sector norte de la ciénaga donde se presenta la conexión natural al mar, planicie de tierra firme.</p> <p>Los levantamientos de la vegetación estuvieron enfocados al bosque de mangle (Cuadrantes centrados en un punto) donde se evidencia dominancia por <i>Avicennia germinans</i> al estar en un sector alejado del borde del espejo de agua.</p>

Estación	Coordenadas Geográficas WGS 84		Altura	Descripción estación
	Este	Norte		
CV7	75°29'01.73\"W	10°29'06.36\"N	4	<p>Sector norte de la ciénaga donde se presenta la conexión natural al mar, interior del bosque de mangle.</p> <p>Los levantamientos de la vegetación estuvieron enfocados al bosque de mangle (Cuadrantes centrados en un punto) donde se evidencia dominancia por <i>Rhizophora mangle</i>.</p>

Estación	Coordenadas Geográficas WGS 84		Altura	Descripción estación
	Este	Norte		
CV8	75°28'47.96\"W	10°26'40.16\"N	1	<p>Sector oriental de la ciénaga, interior de bosque de mangle conservado.</p> <p>Los levantamientos de la vegetación estuvieron enfocados al bosque de mangle (Cuadrantes centrados en un punto) donde se evidencia dominancia por <i>Rhizophora mangle</i> hacia el borde del espejo de agua y <i>Avicennia germinans</i> al interior del bosque.</p>

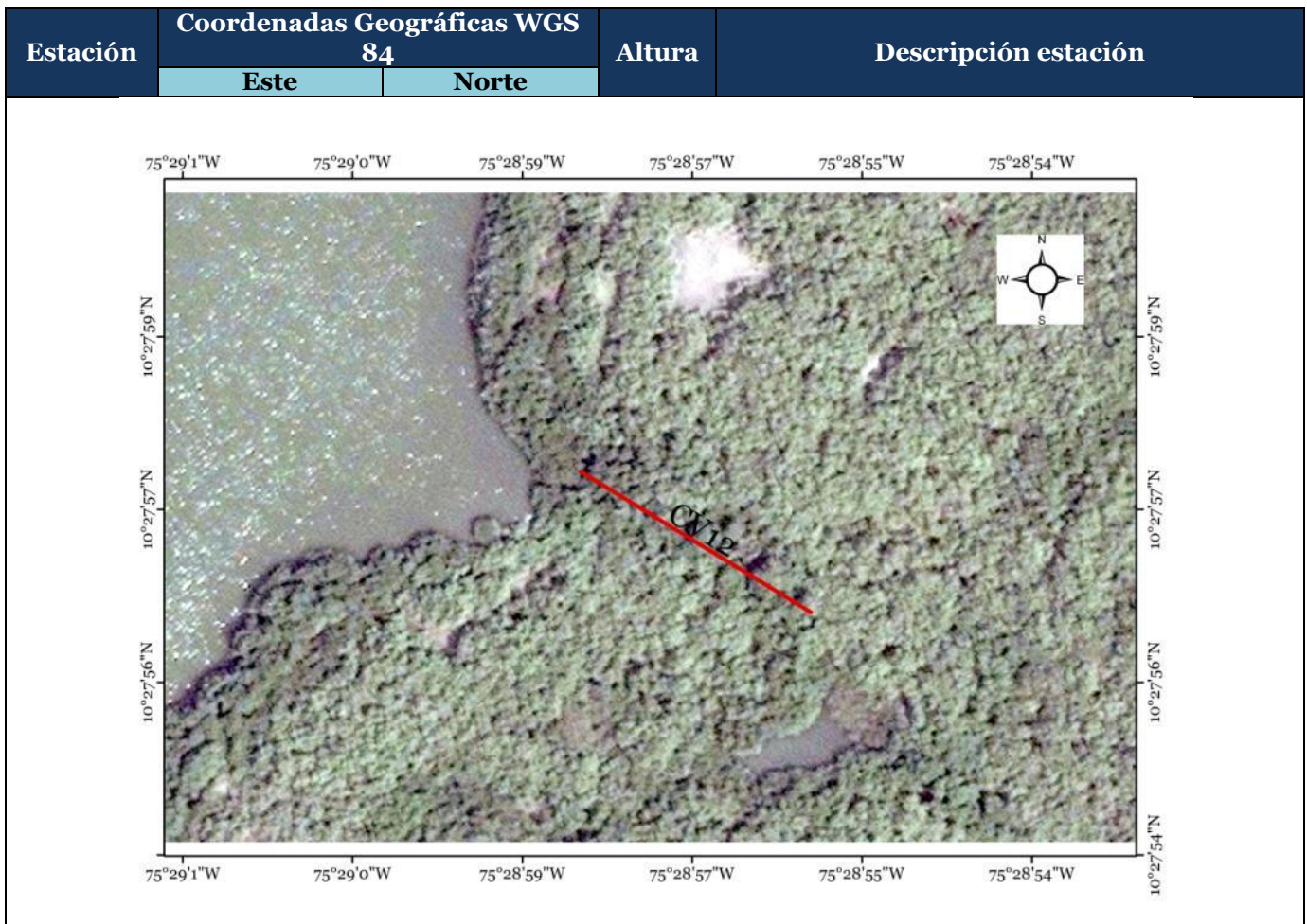
Estación	Coordenadas Geográficas WGS 84		Altura	Descripción estación
	Este	Norte		



CV9	75°28'41.96\"W	10°26'43.70\"N	-1	<p>Sector oriental de la ciénaga, callejón artificial con vista al perfil de transición agua-playón.</p> <p>Los levantamientos de la vegetación estuvieron enfocados al bosque de mangle (Cuadrantes centrados en un punto) donde se evidencia dominancia por <i>Avicennia germinans</i> con individuos intercalados de <i>Conocarpus erecta</i> y <i>Laguncularia racemosa</i>, hacia el borde del espejo de agua se presenta <i>Rhizophora mangle</i>.</p>
CV10	75°28'34.73\"W	10°26'38.46\"N	-1	<p>Sector oriental de la ciénaga, planicie de tierra firme.</p> <p>Los levantamientos de la vegetación estuvieron enfocados al bosque de mangle (Cuadrantes centrados en un punto) donde se evidencia dominancia por <i>Avicennia germinans</i> con individuos intercalados de <i>Conocarpus erecta</i> y <i>Laguncularia racemosa</i>, hacia el borde del espejo de agua se presenta <i>Rhizophora mangle</i>. Al llegar al sector de tierra firme se presenta la especie rasante <i>Batis marítima</i> midiendo su cobertura en cuadrantes de 4m².</p>

Estación	Coordenadas Geográficas WGS 84		Altura	Descripción estación
	Este	Norte		
CV11	75°29'05.01\"W	10°27'14.64\"N	1	<p>Sector oriental de la ciénaga, playón bordeado.</p> <p>Los levantamientos de la vegetación estuvieron enfocados al bosque de mangle (Cuadrantes centrados en un punto) donde se evidencia dominancia por <i>Avicennia germinans</i> con individuos intercalados de <i>Conocarpus erecta</i> y <i>Laguncularia racemosa</i>, hacia el borde del espejo de agua se presenta <i>Rhizophora mangle</i>.</p>

Estación	Coordenadas Geográficas WGS 84		Altura	Descripción estación
	Este	Norte		
CV12	75°28'58.00\"W	10°27'57.33\"N	-1	<p>Sector oriental de la ciénaga, interior de bosque de mangle conservado.</p> <p>Los levantamientos de la vegetación estuvieron enfocados al bosque de mangle (Cuadrantes centrados en un punto) donde se evidencia dominancia por <i>Avicennia germinans</i> con individuos intercalados de <i>Conocarpus erecta</i> y <i>Laguncularia racemosa</i>, hacia el borde del espejo de agua se presenta <i>Rhizophora mangle</i>.</p>



Muestreo para la vegetación acuática y de tierra firme (manglares)

Debido a que en la ciénaga de la Virgen, solo se encontró vegetación arbórea (manglares) por lo cual, solo se aplicó la metodología para este tipo de vegetación, realizando un total de doce levantamientos con un área de 50x20m (0,1 ha), y obteniendo un área total de muestreo de 1,2 ha.

La caracterización de esta comunidad se basó en los criterios fisionómicos y metodología propuesta por Rangel & Velásquez (1997), la cual se fundamentan en la estructura vertical y horizontal de los componentes del bosque a través del levantamiento de datos de densidad, altura y DAP. Conocer los componentes del bosque lleva a la generación de análisis de la riqueza y diversidad (cuando se incluye información por ejemplo de la densidad), la cual puede estar referida a una región geográficamente definida o a una superficie delimitada denominada transecto.

La metodología del transecto propuesta por Gentry (1988), en la cual en un área específica se toma medidas de densidad, altura y DAP, hace referencia a las

simorfias, donde pueden distinguirse los estratos o partes de la comunidad con cierto rango de dominancia, según los enunciados de la fitosociología (Rangel & Velásquez, 1997). Por su fundamentación teórica y sencillez esta metodología ha sido ampliamente usada, sin embargo, para este trabajo se optó por el Método de los Cuadrantes Centrados en un Punto (PCQM) para caracterizar comunidades boscosas adaptado por Rudas (2009).

Este método es uno de los más usados dentro de aquellos basados en la distancia como fuente para determinar la densidad de especies en comunidades de plantas en ambientes boscosos. Con este método se obtiene la menor variabilidad en los resultados para la determinación de las distancias, proporciona más datos por punto de muestreo, es el menos susceptible a la parcialidad subjetiva y proporciona la estimación más exacta de la densidad (Rudas, 2009), por lo cual se apreció como acertada para determinar en el gradiente agua-tierra y la variación dominancia a medida que se pasa del ambiente acuático al de tierra firme. Para su ejecución se siguió el siguiente protocolo:

1. Se trazaron dos líneas perpendiculares de 50m de largo cada una. Con base en este diseño se cubrió un área de 50x20m (0,1 ha) por estación de muestreo, siendo esta el área mínima recomendada por Rangel & Velásquez (1997) basándose en el trabajo de Gentry (1988).
2. Sobre cada línea se dispusieron puntos de muestreo cada 7m. En cada punto de muestreo, se dividió el área alrededor en cuatro cuadrantes de 90°.
3. En cada cuadrante se estableció el árbol y el arbolito (vivos) más cercano al centro del cuadrante. Se identificó la especie (o morfotipo), se midió la distancia al punto central y se registró el diámetro –D130– (DAP), altura y cobertura (%) de los cuatro árboles y los cuatro arbolitos más cercanos al centro del cuadrante. Para este ejercicio se consideraron los árboles aquellos individuos con altura ≥ 12 m y arbolitos aquellos con alturas entre 5 y 12 m.
4. Se realizó la recolecta botánica de cada uno de los morfotipos diferentes que no pudieron ser identificados en campo.

Los sitios en los cuales se realizaron los levantamientos o censos de la vegetación se seleccionaron con base en la homogeneidad fisionómica, procurando no incluir partes con marcados rastros de intervención humana. Se realizaron un total de 12 levantamientos con una superficie de muestreo de 0,1 ha (en parcelas de 50 x 20m), por lo que se obtuvo un área total de muestreo de 1,2 ha, realizando un trazado de una franja perpendicular al espejo de agua, siguiendo un gradiente ambiental agua-tierra. Se tomaron muestras botánicas (por triplicado) de las plantas no identificadas en campo para su identificación taxonómica y se depositaron en el herbario Nacional de Colombia (COL), siguiendo los estándares de recolecta del mismo.

Todo lo relativo a un transecto de 50 metros de largo, hace referencia a la longitud total de las parcelas del Método de los Cuadrantes Centrados en un Punto (PCQM) para caracterizar comunidades boscosas adaptado por Rudas (2009), lo cual

corresponde a la longitud total de las dos líneas perpendiculares en las cuales se realizan los cuadrantes donde se toman los datos de la vegetación arbórea. Estas dos líneas perpendiculares de 50 metros se separan de forma tal que cubran un área de 50x20m (0,1 ha) para obtener el área mínima recomendada por Rangel & Velásquez (1997) para muestrear vegetación arbórea en tierras bajas de Colombia

Para la ciénaga de la Virgen, en el sector norte la longitud de 50 metros de los transectos del Método de los Cuadrantes Centrados en un Punto (PCQM), fueron más que suficientes para obtener todo el perfil desde el borde del agua hasta la sección de tierra firme, dada la fuerte antropización de esa zona; para el sector oriental, se hicieron transectos del PCQM consecutivos, de forma tal abarcaran longitudes totales de más de 200 metros en las partes más conservadas de los bosques de manglar (Tablas 5 y Tabla 13), de hecho se aprovecharon diversos caños de agua dulce que entran a la ciénaga por este sector oriental para poder atravesar el manglar, cuyas longitudes fueron muy variables pero en todo momento permitieron establecer la vegetación utilizada como criterio de delimitación.

Además de los anteriores, se elaboraron perfiles de la vegetación los cuales son muy útiles para entender la estructura de la vegetación y determinar la distribución de las especies desde el espejo de agua hacia la zona de tierra firme, por lo cual la línea de corte o línea guía siguió dicho gradiente agua-tierra, según lo propuesto por Rangel & Velásquez (1997) y Lasso *et al.*, (2014). Para complementar y realzar las ilustraciones se llevó un registro fotográfico de los perfiles realizados, con los cuales se construyeron los modelos 3D de dichos perfiles.

Adicional a los datos fisionómicos (densidad, altura y DAP), se identificaron áreas de interés y hábitats para las plantas, amenazas a la vegetación (antrópicas y naturales), usos por parte de las comunidades, especies introducidas, endémicas o en categorías de amenaza y demás información pertinente para la zonación de las comunidades vegetales y establecimiento de límites del humedal.

Análisis de la Información

Se realizaron las respectivas determinaciones taxonómicas, definición de unidades de vegetación en base a la dominancia, zonación de las comunidades, determinación de los valores absolutos y relativos para la densidad, la dominancia y la frecuencia, junto con el valor de la importancia para cada especie. Análisis de los perfiles de vegetación.

Esta información y demás pertinente, se utilizó para generar los criterios biológicos y ecológicos para la identificación, caracterización y establecimiento de los límites de los humedales de la Ciénaga de la Virgen, en base a las comunidades vegetales terrestres.

RESULTADOS

Información Secundaria

Geología y Geomorfología

Omar Mercado

EL área de interés se encuentra ubicada dentro del Distrito de Cartagena y corresponde a un ambiente transicional donde afloran rocas sedimentarias consolidadas del Terciario y depósitos no consolidados de origen marino y fluvial del Cuaternario. Las rocas terciarias corresponden a la Formación La Popa y la Formación Arjona. Las rocas de la Formación La Popa son de origen calcáreo, se caracteriza por ser arcillas con intercalación de areniscas y sectores donde el conjunto es básicamente areniscas con intercalaciones de arcilla, estas areniscas son bastante friables y las arcillas muy expansivas, lo que las hace altamente susceptible a la erosión. Las rocas de la Formación La Popa afloran en los cerros de la ciudad, alcanzando hasta el sur de la Ciénaga de la Virgen.

Morfogénesis

La dinámica cambiante del paisaje de Cartagena es una consecuencia mixta de los efectos naturales por su posición geográfica y el muy alto grado de intervención antrópica. El elemento natural que define y modifica la morfología de la zona es el agua ya sea por el mar Caribe o por el aporte fluvial, y gracias al crecimiento demográfico la infraestructura se ha encargado del resto.

La morfología de Cartagena de Indias está determinada por los procesos geomorfológicos, relacionados con la dinámica marino-fluvial como los de carácter estructural.

Unidades Geomorfológicas

La geomorfología del área está representada por colinas, lomas y depósitos de sedimentos no consolidados. Las zonas más bajas topográficamente y de pendientes casi horizontal están asociadas en general a sedimentos de origen marino-fluvial. Corresponden a la franja de playas marítimas, producidas por la dinámica de las fuerzas de corrientes y oleaje, la llanura costera, conformadas por depósitos aluviales sobre antiguos ambientes marinos, las llanuras intermareales, los planos aluviales formados a partir del depósito de los sedimentos transportados por el drenajes y arroyos, y por último las Ciénagas y lagunas Costeras, en general de baja profundidad.

Las zonas topográficamente más elevadas con respecto al nivel medio del mar actual corresponden a las colinas y lomas, que son ondulaciones con alturas que oscilan entre los 10 y 150 m, entre las cuales se destacan las de la Cuchilla de Canalete, el Cerro de la Venta, los Morros y en el área urbana los cerros de la Popa, Mariones y Albornoz. En la Figura 6 se observa la geomorfología del área directa de

influencia de la zona de estudio. Se reconocen fácilmente unidades como los marismas bajas, áreas que se inundan por subidas de mareas y alta pluviometría, en la Ciénaga de la Virgen desembocan un gran número de arroyos en estas marismas bajas, también se observan las marismas de transición que limitan prácticamente todas áreas ocupadas por las marismas bajas.

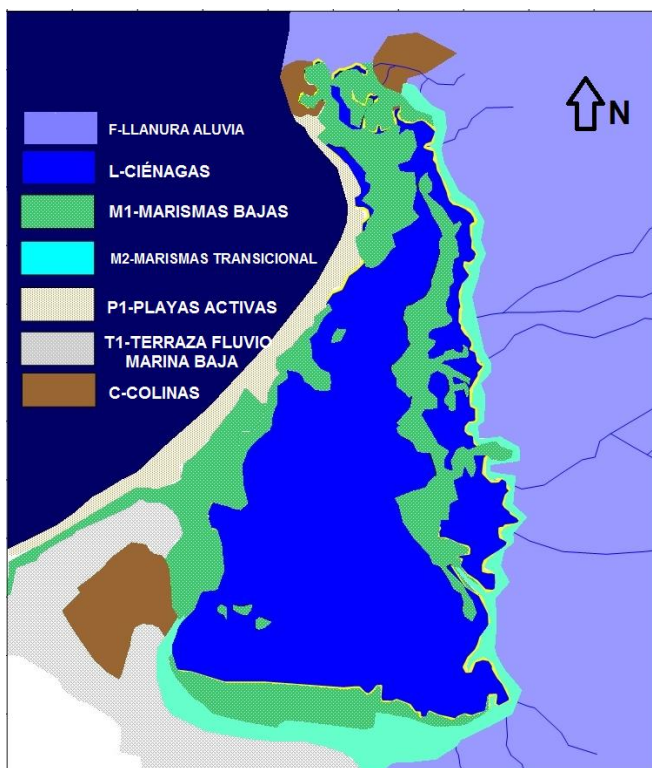


Figura 6. Esquema de las principales unidades geomorfológicas, modificado de Ideam 2001.

Cuenca Ciénaga La Virgen

La cuenca de la Ciénaga La Virgen involucra en su sistema una serie de elementos que la caracterizan como un ambiente estuarino donde confluyen aguas salinas y dulces. El área total de la cuenca es de aproximadamente 49.367 Ha, y se extiende desde el costado oeste de la ciénaga hasta la serranía que la separa de las vertientes del embalse del Guájaro y del canal del Dique, donde se destacan las lomas de Mendocita o de Las Paridas, el cerro Peligro y Loma Grande. Al norte la cuenca incluye la región de La Cacunda, en cercanías del municipio de Clemencia, y parte de las regiones de El Saíno y Comesolo, en el municipio de Santa Rosa. Siguiendo hacia el sur, la división de aguas pasa por las regiones de El Congo y Bocagrande, por Loma Lata, el cerro de Coloncito, y sigue por las afueras de Turbaco hasta el sector de Albornoz, por donde penetra al casco urbano de la ciudad de Cartagena y, luego de pasar por el Cerro de La Popa, donde separa la vertiente de los caños y lagos internos de la ciudad, termina en la embocadura del caño Juan Angola.

En plenamar entran al sistema cenagoso por las bocanas agua del mar que induce una corriente dentro de la ciénaga que se mueve en sentido sur, para luego tomar dirección hacia este, mezclándose con las aguas provenientes de la escorrentía del drenaje urbano en el sur de la ciénaga, y luego toma dirección hacia el norte y luego hacia el oeste, para dirigirse hacia las compuertas de salida de la bocana.

En la Figura 7, se puede observar la red de drenaje, además de las direcciones probables de las corrientes inducidas por la escorrentía y la entrada de agua del mar por la bocana. El drenaje principal está constituido por 8 arroyos en la zona rural y por 20 canales en el perímetro urbano. En la zona rural los arroyos más importantes son el Hormigas y el Tabacal, por la extensión de sus áreas de drenaje, y el Ternera (Matute) y el Limón, cuyas cuencas son rurales pero su desembocadura está dentro del perímetro urbanizado de la ciudad.

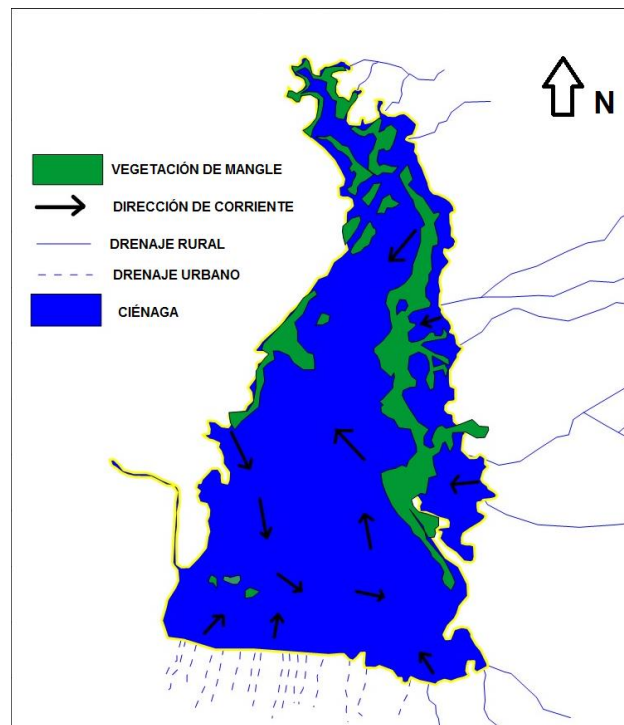


Figura 7. Esquema de la dirección de corrientes internas en la ciénaga.

Aspectos meteorológicos

Dentro los parámetros meteorológicos más importantes que pueden modificar las condiciones espaciales, así como los límites físicos de un humedal se encuentran el viento y la precipitación, y asociados a estos la temperatura y la evapotranspiración. La dirección del viento condiciona la dirección de las corrientes internas dentro de los cuerpos de agua, llevando a lugares preferenciales sedimentos ricos en materia orgánica. La precipitación por su parte aumenta la

masa de agua e inunda lugares propicios para la acumulación de sedimentos, y puede regular las condiciones físico-químicas del agua disponible.

Régimen de vientos

La dirección predominante de los vientos que afectan directamente la zona de estudio es Nordeste y ocurre aproximadamente durante el 95% del año, en el tiempo restante los vientos son muy variables en sus direcciones, como se observa en la Figura 8, los promedios mensuales de velocidad están entre 2 y 7 m/s, y los valores extremos de velocidad alcanzan los 22 m/s, por lo general durante las tormentas. En los cuatro primeros meses del año la velocidad promedio mensual es mayor situándose siempre sobre los 6 m/s.

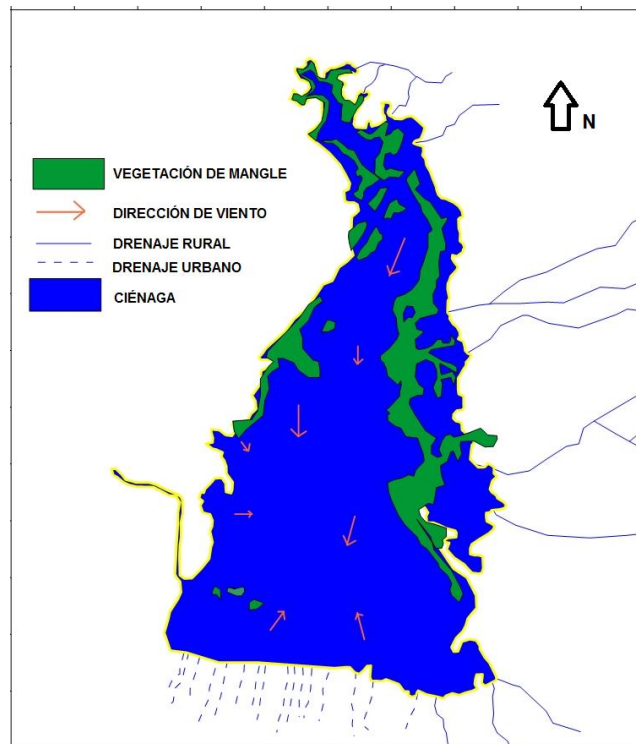


Figura 8. Esquema de la dirección predominante de vientos en la Ciénaga La Virgen.

Precipitación

El área de estudio presenta dos períodos importantes en materia de precipitación, un período seco de Diciembre a Abril y uno de lluvias entre Abril y Noviembre, con valores promedios mensuales de precipitación, entre los 101mm y 215mm, adicional a esto existe un pequeño periodo seco de corta duración denominado veranillo de San Juan en el mes de Junio. La precipitación promedio anual es de 740mm la cual se distribuye entre los meses de Mayo-Junio, Agosto- Septiembre y

Octubre, pudiendo alargarse a unas esporádicas lluvias en Noviembre-Diciembre-Enero. Figura 9, contiene la información pertinente al régimen de lluvias en la ciudad de Cartagena.

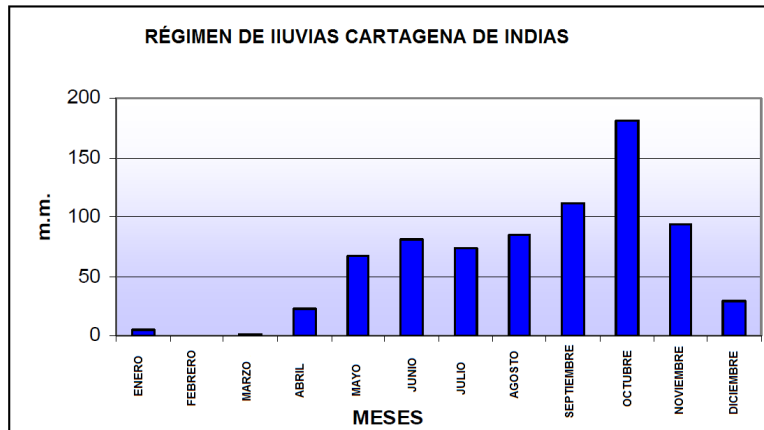


Figura 9. Precipitación en Cartagena de Indias.
Fuente Ideam 2007.

Características Coberturas del Suelo

Maria Fernanda Batista Morales

La ventana de estudio de la ciénaga de la virgen, tiene una superficie de 3.131,94 ha. En esta área para la cobertura que corresponde a cuerpo de agua o de laguna costera, cubre 67,78% del área total de la ventana; a esta cobertura, se encontraba casi rodeada por la cobertura de vegetación acuática sobre cuerpo de agua con el 26,99%. Sin embargo, dentro de esta cobertura se encuentra inmersos parches de laguna costera. La ventana de estudio, se encuentra conectada con el océano por medio de un canal, este ocupa una porción del 0,41%. Como hacia el sur de la ventana, limita con el centro urbano de la Ciudad de Cartagena, se presentan pocos parches en la misma, es decir hay un 1,38%, de la cobertura de Tejido urbano continuo. Así mismo, al Este de la ventana limita con una gran matriz rural, por lo tanto se encuentran pequeños fragmentos de territorios agrícolas referidos a cobertura de pasto que ocupan un 2,48% de la superficie total de la ventana. Por último, y no menos importante se encuentran dos coberturas contiguas a la vegetación acuática sobre cuerpo de agua, que son Herbazal y Herbazal Denso Inundable, que ocupan 0,7% y 0,26%, respectivamente (Figura 10).

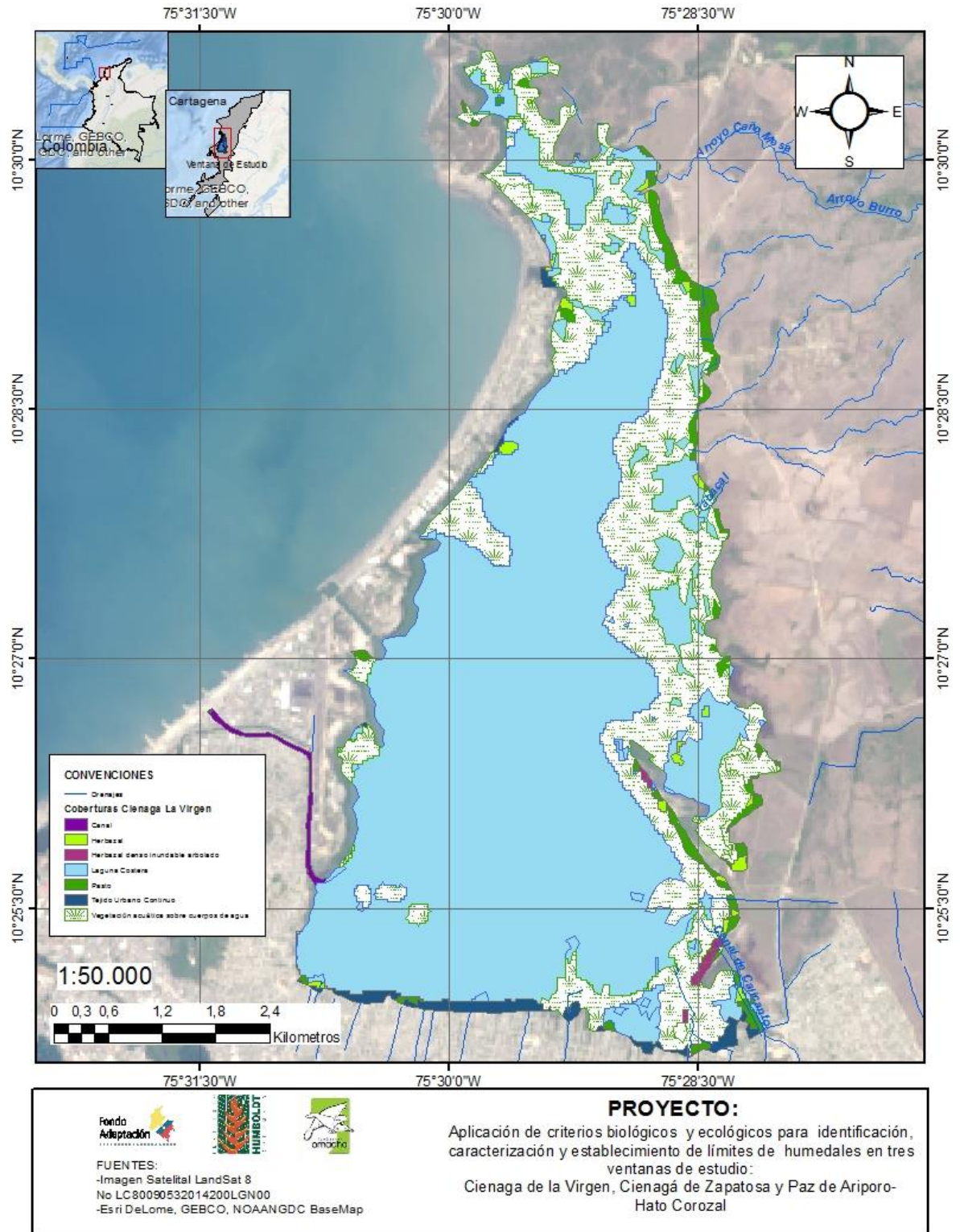


Figura 10. Coberturas del suelo de la Ciénaga de la Virgen.

Características físico-químicas

Álvaro Andrés Moreno Munar

Entre los principales parámetros (Físicos) como la temperatura ambiente puede variar entre 27 y 34 °C, el pH (Químico) presenta bajas variaciones con valores entre 7,4 y 7,6; el oxígeno en superficie puede fluctuar entre 7,1 y 16,8 ml/L; la transparencia presenta un amplio rango entre 0 y 6 m tal como corresponde a ambientes costeros tropicales con una variedad de ambientes que incluyen desde fondos rocoso-coralinos hasta fondos anóxicos oscuros (Álvarez-León & Blanco-Racedo, 1985).

La salinidad varía considerablemente y sus valores máximos más frecuentes están entre 0 y 35 ‰ lo que permite clasificarlos como ambientes mixohalinos, influenciados por el ciclo de mareas, y de diferente grado de salinidad, producto de la interacción entre el agua marina y el agua dulce.

Cambio de las Condiciones Físico-Químicas por Acciones Antrópicas

Algunos estudios realizados para contaminación en la región Caribe se encuentra Ramos-Ortega, *et al.*, (2008), en el cual se identifican las principales fuentes de contaminación microbiológica en la Bahía de Santa Marta. Respecto a contaminación por compuestos organoclorados se coincide (Plata, *et al.*, 1993). Quienes describen la problemática en la Ciénaga Grande de Santa Marta y también Garay (1986), quien informa sobre la contaminación por hidrocarburos en la Bahía de Cartagena.

En la Ciénaga de La Virgen, los impactos acumulativos generados por descargas de aguas residuales y los residuos sólidos, han diezmando las poblaciones de flora y fauna. Estos aspectos que envuelven los análisis se integran al presente este estudio, como un componente socioecosistémico, posterior a la construcción de La Bocana.

La dilución producida por la operación de la Bocana, ha permitido una mayor asimilación de nutrientes por parte del medio de la biomasa algal, estabilizando el oxígeno disuelto, aportando oxígeno a la ciénaga para realizar los procesos de oxidación de los nutrientes, como el amonio.

El oxígeno es fundamental en los ciclos biogeoquímicos del Carbono, Fósforo y Nitrógeno; y por el escaso oxígeno disponible no se realizaban completamente estos procesos, resultado del poco intercambio de agua entre la ciénaga y el Mar. Al operar la Bocana, esta acción permite que los compuestos sólidos orgánicos queden finalmente reducidos a sales inorgánicas estables como son los nitratos, sulfatos, fosfatos, etc. y posteriormente sean asimilados por el medio (Beltrán, 2003).

Según Invemar (2007) por su condición de estuario y por los vertimientos de aguas servidas que realiza el Distrito de Cartagena, el agua de la Ciénaga de La Virgen presenta las siguientes características:

- ✓ Valores mayores a 100 µg/L de amonio, (Invemar, 2007).
- ✓ Concentraciones históricas de fósforo inorgánico en sus aguas, ha registrado valores por encima de 100 µg/L (Marín, *et al.*, 2005).
- ✓ No reporta niveles significativos de hidrocarburos (HC). En el 2003 por ejemplo, registró valores inferiores a 0.2 µg/L.
- ✓ Contaminación por residuos de plaguicidas organoclorados debido a las actividades agrícolas en sus alrededores (Garay & Castro, 1993).

La información histórica sobre residuos de plaguicidas OC, permitió establecer que los niveles de residuos en la época seca se encontraban entre 10 y 30 ng/L, estando los mayores registros en la ciénaga de La Virgen. En la época de transición el rango se reduce a valores entre los 3-10 ng/L y aumenta nuevamente de 10-30 ng/L para la época húmeda.

Por otra parte, el Canal del Dique, aporta un volumen considerable de aguas continentales a la Bahía de Cartagena; su caudal máximo es de 1.000 m³/s y el mínimo de 55 m³/s. Los aportes de aguas del río Magdalena a través del canal tienen un efecto fertilizante que contribuye con la **eutrofización** de la bahía y aporta sedimentos que afecta la calidad y salinidad de sus aguas. De igual forma, estos vertimientos aportan compuestos tóxicos provenientes de productos agrícolas, como fertilizantes y plaguicidas (organoclorados y organofosforados) que posiblemente están incorporándose al complejo cenagoso de la Ciénaga de La Virgen (GEO, 2009).

Especies y aspectos ecológicos de plantas y fauna acuática

Fauna Acuática I: fitoplancton, zooplancton y perifiton

Álvaro Andrés Moreno Munar

En la Ciénaga de La Virgen sobresalen (biotopos) areno-fangosos, los manglares y los de algas en la ciénaga, lo cual se considera de vital importancia para los ecosistemas, ya que se constituyen en una fuente básica de producción primaria. La ciénaga presenta un porcentaje de especies marino-estuarinas equivalente a un 47% y de especies estuarinas en un 28%, la mayoría reconocidas por su tolerancia a cambios de salinidad, por ejemplo: en cuanto a la ictiofauna, se destacan: lisas, sábalos, anchoas, chivos entre otras, que sustentan sus poblaciones en la gran productividad que se encuentra en la ciénaga (Álvarez-León & Blanco-Racedo, 1985).

Fitoplancton Ciénaga de La Virgen

El fitoplancton es un indicador potencial de la calidad del agua local por su gran diversidad de especies, su rápida tasa de crecimiento y su facultad de reaccionar casi inmediatamente ante los cambios ambientales. El fitoplancton muestra una rápida respuesta a factores como nutrientes, zooplancton, contaminantes, luz, temperatura y turbulencia. Para un mejor entendimiento de las relaciones de parámetros fisicoquímicos y biodiversidad fitoplanctónica en las ciénagas del Bajo Magdalena se encuentra el estudio de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico CRA donde están las especies de fitoplancton identificadas para la Ciénaga de Luruaco en 2012, y se encuentra muy detalladamente en CRA (2012).

Los grupos de algas predominantes en aguas dulces tropicales como son las ciénagas de la zona del Canal del Dique (Departamento de Bolívar), los identifican (Pinilla & Duarte, 2006) en los que se presentan estos tipos de algas:

Indicadores Biológicos e Hidroperiodos

- Bacillariophyta: Usualmente denominadas diatomeas, presentan variedad de formas y tamaños, pero tienen la característica común de constituir conchas silíceas cuyos patrones de ornamentación son importantes en su taxonomía.
- Cyanophyta: Se las conoce como algas verde-azules o como cianobacterias. Varían de formas unicelulares hasta coloniales. Algunas especies tienen la capacidad de fijar nitrógeno de la atmósfera (Anabaena, Nostoc), por lo que se las asocia con aguas deficitarias en nitrógeno o ricas en fósforo. Son propias de condiciones ambientales estables.
- Chlorophyta: Se las conoce como algas verdes, por el color brillante de sus cloroplastos. Incluyen desde formas unicelulares hasta coloniales y de libre movimiento o adheridas a un sustrato. En general las asocian con aguas ricas en nutrientes y con una alta relación N: P. Las algas de la familia Desmidiaceae son más propias del perifiton, por lo que aparecen accidentalmente en el plancton.
- Dinophyta: Comúnmente conocidas como dinoflagelados, las especies de este grupo están cubiertas por placas de celulosa con ornamentaciones características y están provistas de dos flagelos. Son poco apetecidas por el zooplancton.
- Euglenophyta: Aunque son fotosintetizadores, muchas de ellas pueden ser saprófagas (consumidoras de materia orgánica en descomposición), por lo que se las considera indicadoras de aguas ricas en materia orgánica.

El primer estudio sobre fitoplancton del área de influencia de la Ciénaga de la Virgen es el realizado por Arias & Durán (1984) en la Bahía de Cartagena (Tabla 6). La composición del plancton estuarino, no es en esencia muy diferente a la del plancton marino, aunque para ambos grupos de fito y zooplancton se presenta un ligero aumento en el número 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.

Tabla 6. Especies Fitoplanctónicas presentes en la Bahía de Cartagena.

FITOPLANCTON BAHÍA DE CARTAGENA-CIÉNAGA DE LA VIRGEN				
GRUPO	GÉNERO	ESPECIE	AUTOR	UBICACIÓN GEOGRÁFICA
DIATOMEAS	Amphora	sp.	ARIAS, F. y J. DURÁN, (1984).	Bahía de Cartagena
	Bacteriastrum	delicatum		
	Bacteriastrum	comosum		
	Biddulphia	regia		
	Coscinodiscus	centralis		
	Coscinodiscus	asteromphalus		
	Coscinodiscus	radiatus		
	Chaetoceros	diversum		
	Chaetoceros	curvisetum		
	Chaetoceros	sp.		
	Diploneis	sp.		
	Gyrosigma	balticum		
	Navicula	sp.		
	Nitzchia	pungues		
	Nitzchia	sp.		
	Nitzchia	longissima		
	Rhizosolenia	robusta		
Rhizosolenia	calcar-avis			
Eskeletonema	nitzschiodes			
Thalassiosira	sp.			
Thalassiosira	mediterranea			
Thalassiosira	aestinalis			
DINOFLAGELADOS	Ceratium	hircus	ARIAS, F. y J. DURÁN, (1984).	Bahía de Cartagena
	Ceratium	fusca		
	Ceratium	tripos		
	Ceratium	trichoceros		
	Dinophysis	caudata var abreviola		
	Dinophysis	caudata var pedimulata		
	Gonyaulax	polyedra		
	Gonyaulax	sp.		
	Ornithocercus	magnificies		
	Peridinium	oblongum		
	Prorocentrum	gracile		
	Prorocentrum	micaus		
	Protoperidinium	oceanicum		
Pyraphicus	horologium			

Fuente: Arias & Durán (1984)

Zooplancton Ciénaga de La Virgen

La composición del zooplancton estuarino es en esencia similar a la de zonas marinas aunque presentan un número más elevado de especies estuarinas, pues es donde se realiza la reproducción de peces, moluscos y crustáceos. Las observaciones realizadas en la Ciénaga de Luruaco (CRA, 2012), permiten

establecer los grupos y especies principales del zooplancton estuarino presente en una ciénaga del caribe colombiano.

Indicadores de Hidrodinámica

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 hacia los cuerpos de agua. Entre los principales copépodos y protozoos asociados a los ecosistemas de manglar en complejos cenagosos de la cuenca baja del Magdalena (Tabla 7) según Atencio, *et al.*, (2005).

Tabla 7. Zooplancton presente en la cuenca baja del Magdalena (Ciénaga de La Virgen).

ZOOPLANCTON CUENCA BAJA DEL MAGDALENA (CIÉNAGA DE CIÉNAGA DE LA VIRGEN)				
GRUPO	GÉNERO	ESPECIE	AUTOR	UBICACIÓN GEOGRÁFICA
CALANOIDES	Notodiaptomus	maracabensis	ATENCIO, et al., (2005)	Complejo Cenagoso de Malambo
	Notodiaptomus	coniferoides		
CYCLOPOIDES	Mesocyclops	venezolanus		
	Thermocyclops	tenius		
CLADOCERO	Moina	minuta	GALLO-SÁNCHEZ, L. (2009).	Complejo cenagoso de Ayapel
ROTIFEROS	Brachionus	caudatus var. personatus		
	Brachionus	calyciflorus		
CYCLOPOIDES	copepoditos	calanoidea		
CALANOIDES	copepoditos	cyclopoidea		

Fuente: Atencio, *et al.*, (2005)

Fauna Acuática II: Macroinvertebrados acuáticos

Diana L. Pérez

La Ciénaga de La Virgen es conocida como uno de los humedales costeros más importantes de Colombia, los canales que la interconectan con el mar albergan ecosistemas de manglar que forman un bosque valioso al servir como refugio de estadíos larvales y juveniles de peces e invertebrados y hábitat para aves migratorias, también es considerado un ecosistema frágil debido a las constantes presiones generadas por las actividades antropogénicas de sus alrededores. Este cuerpo de agua es alimentado por diferentes afluentes como lo son aguas provenientes de varios arroyos que se originan en la cuenca hidrográfica de la ciénaga de La Virgen y 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 la comunidades adyacentes a estos canales (Mendoza, *et al.*, 2010).

Sin embargo, pese a la importancia de este ecosistema costero, los estudios relacionados a los macroinvertebrados acuáticos son escasos y antiguos, lo que crea la necesidad de adelantar trabajos de caracterización para esta comunidad. Algunos de los estudios concernientes a los manglares de la costa Caribe colombiana con relación a las comunidades de macroinvertebrados acuáticos son el de Perdomo-Herrera (1971) acerca de la macrofauna asociada a las raíces de los manglares en la isla de Manzanillo, en el cual se determina la productividad de la población con respecto a las especies encontradas en mayor abundancia de *Balanus eburneus*, *Balanus amphitrite*, *Brachidontes* sp., *Isognomon alatus*, *Isognomon radiatus* y *Ostrea permollis*; Pérez-García & Victoria-Rueda (1977), quienes estudiaron la diversidad y macrofauna de las raíces sumergidas del mangle rojo (*R. mangle*) en la bahía de Cartagena y la Ciénaga de los Vásquez, donde reportaron las especies de anélidos *Megaloma pacifica* y *Marphysa* cf. *aenea*, *Dorvillea sociabilis*, *Neanthes* sp. y *Ceratonereis* sp.

Se suman a estos los trabajos de Cifuentes-Aragón (1980), quien realizó una contribución al conocimiento de la estructura, fauna y flora de los manglares en la bahía de Cartagena, identificando un total de 61 especies habitantes de éste ecosistema, encontrando que la fauna está constituida por un reducido número de especies eurihalinas, principalmente pertenecientes a los phylum Annelida, Cnidaria, Briozoa, Porifera, Mollusca, Arthropoda, Echinodermata y Chordata; Jácome (1985), estudió la distribución y zonación de crustáceos decápodos de los manglares de la bahía de Barbacoas, identificando un total de 2214 miembros de 16 especies reportadas para la bahía; Polanía-Vorenberg, *et al.*, (1991), caracterizaron los manglares de la bahía de Cartagena haciendo énfasis en el área de influencia de ECOPETROL y el sector industrial de Mamonal, determinando que las especies pertenecieron a los phylum Annelida, Mollusca y Arthropoda; por último, Caicedo-Lara, *et al* (1992) realizaron un inventario sistemático de las especies de invertebrados asociados a las raíces de *R. mangle* en la ciénaga de Cocoliso (Caribe colombiano) reportando 108 especies pertenecientes a Porifera, Arthropoda, Mollusca, Echinodermata, Annelida, Cnidaria y Chordata (Estrada, A. 2007).

Dentro de los estudios más recientes para la Ciénaga se encuentra el realizado por la Fundación Ecoprogreso durante el mes de Julio de 2014, en el cual se abarcaron los grupos taxonómicos de bivalvos, gastrópodos, insectos y crustáceos, en la Tabla 8 y Tabla 9 se presentan los resultados obtenidos durante el estudio, para Moluscos e Insectos respectivamente.

Tabla 8. Especies de moluscos presentes en Ciénaga de la Virgen.

	Nombre científico	Nombre común	Abundancia Total
Bivalvia	<i>Anomalocardia brasiliiana</i>	chipi chipi	251
	<i>Mytella charruana</i>	Mejillón morado	188
	<i>Crassostrea rhizophorae</i>	Ostra	150
	<i>Perna viridis</i>	Mejillón verde	3
	<i>Isognomon alatus</i>		11
	<i>Eurytellina lineata</i>		2

	Nombre científico	Nombre común	Abundancia Total
	<i>Protothaca pectorina</i>		1
Gastropodos	<i>Melognema melognema</i>	Caracol soldado	65
	<i>Littorina angulifera</i>	Caracol de mangle	17
	<i>Neritina virgínea</i>	Caracol	11

Fuente: Fundación Ecoprogreso (2014).

Tabla 9. Especies de Insectos observadas Ciénaga de La Virgen.

Orden	Familia	Morfoespecie	Hábitat	Área de muestreo	Individuos observados	Observaciones
Odonata (Libélulas)	Libellulidae	Espécimen 1	Mangle	Puerto Rey, Bajo de Mesa	3	Movilizándose entre el mangle y áreas abiertas hacia la ciénaga
		Espécimen 2	Mangle	Puerto Rey, Bajo de Mesa	1	Movilizándose entre el mangle y áreas abiertas hacia la ciénaga
		Espécimen 3	Mangle	Puerto Rey, Bajo de Mesa	1	Movilizándose entre el mangle y áreas abiertas hacia la ciénaga
	Coenagrionid ae	Espécimen 4	Mangle	Puerto Rey	2	Posada y volando adyacente al manglar
Mantodea (Mantis religiosas)	Thespidae	Espécimen 1	Mangle	Puerto Rey	1	Movilizándose en las ramas del mangle
Orthoptera (grillos)	Tettigonidae	Espécimen 1	Mangle	Bajo de Mesa	1	Posado en las ramas del mangle
Hymenoptera (abejas, avispa y hormigas)	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	Mangle	Puerto Rey	5	Posada y volando adyacente al manglar
		Espécimen 1	Mangle	Puerto Rey	2	Posada y volando adyacente al manglar
	Vespidae	Espécimen 1	Mangle	Bajo de Mesa	1	Volando entre el mangle
	Formicidae	Espécimen 1	Mangle	Puerto Rey, Bajo de Mesa	5	Asociada a las ramas del mangle
Hemiptera (chinchas)	Reduviidae	Espécimen 1	Mangle	Puerto Rey, Bajo de Mesa	2	Posado en las ramas del mangle
		Espécimen 2	Mangle	Bajo de Mesa	1	Posado en las ramas del mangle
Lepidoptera (Mariposas)	Pieridae	<i>Phoebis</i> sp. 1	Mangle	Puerto Rey, Bajo de Mesa	2	Volando entre el mangle y áreas abiertas hacia la ciénaga
Total		13 especies			27	

Fuente Fundación Ecoprogreso (2014).

Para los crustáceos se estimaron aproximadamente 85 individuos para las áreas estudiadas, dentro de las cuales la especie con mayor abundancia fue el cangrejo “café” que puede corresponder a juveniles de cangrejo araña. Algunos registros corresponden a Cangrejo violinista, *Sesarma* sp., Ermitaño, Araña y Jaiba.

Fauna vertebrada (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos)

Paola Ortiz

Para la cuenca de la Ciénaga de La Virgen, se realizaron los siguientes registros para la fauna terrestre según el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCH) de la Ciénaga de la Virgen 2004:

Anfibios y Reptiles

Se registró un total de 19 especies de anuros pertenecientes a seis familias, de los cuales tres se encuentran registradas como endémicas *Ceratophrys calcarata*, *Pseudis paradoxa* y a nivel de subespecie lo es *P. p nicefori* y sólo una especie (*Dendrobates truncatus*) se encuentra registrada como NT (casi amenazado) según los libros rojos de especies amenazadas, las restantes especies registradas tienen un estatus desconocido, por otra parte se registraron las siguientes especies como potenciales para la cuenca dadas las condiciones de cobertura y asociaciones al medio acuático, *Agalgnis callidryas*, *Phyllomedusa venusta*, *Hyla boans*, *Leptodactylus pentadactylus*, *Eleutherodactylus raniformis*, *Relictivomer pearsei* y *Caecilia subnigricans* (especie asociada al medio acuático). Para los reptiles, se registraron 39 especies, de los cuales siete se encuentran dentro de alguna categoría de amenaza o en estatus de interés, Tabla 10.

Tabla 10. Reptiles registrados en alguna categoría de amenaza.

Familia	Especie	Nombre Común	Estatus
Emididae	<i>Trachemys scripta</i>	Hicotea	CA
Testunidae	<i>Geochelone carbonaria</i>	Morrocuya	PC
Alligatoridae	<i>Caiman crocodylus</i>	Babilla	PM, EC
Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa	DD, EC
Crotalidae	<i>Bothrops asper</i>	Boquidorada	DD, EC
Iguanidae	<i>Iguana iguana</i>	Iguana	DD, EC
Teiidae	<i>Tupinambis teguixin</i>	Lobo pollero	DD, EC

DD: Datos deficientes, CA: Casi amenazado, PC: Preocupación crítica, PM: Preocupación menor, EC: Explotado comercialmente.

Fuente: MAVDT, CARDIQUE & CI (2004).

Mamíferos

Se detectó la presencia de 17 especies pertenecientes a 14 familias, el grupo mejor representado fue el de los murciélagos con 5 especies; de los registros presentados el Perezoso o perica ligera (*Bradypus variegatus*) se encuentra categorizado como casi amenazado, el mono colorado (*Alouatta seniculus*) se halla en bajo la categoría VU (vulnerable). Algunas de las especies reportadas como de posible presencia dadas las características favorables de la zona para su desarrollo son el Tití cabeciblanco (*Saguinus oedipus*), el mono colorado (*Alouatta seniculus*) presente en áreas con vegetación boscosa, el venado (*Mazama gouazoubira*), el mono de noche (*Aotus trivirgatus*) y roedores como el agutí (*Agouti paca*) y el ñeque (*Dasyprocta punctata*) (MAVDT, CARDIQUE & CI, 2004).

Aves

Se apreció como el grupo con mayor diversidad registrándose 109 especies distribuidas en 41 familias, de estas la mejor representada fue Tyrannidae con 11 especies, seguida por Accipitridae con 8 especies. La Guacharaca (*Ortalis garrula*) es la única especie endémica; se destaca la presencia de aves que requieren de hábitats con bosques conservados como es el caso de el tucán (*Ramphastus sulfuratus*), el cola hedionda u oropendola (*Psaracolius decumano*) el carpintero grande (*Campephylum melanoleucos*) y el copetón (*Bryocopus lineatus*) (MAVDT, CARDIQUE & CI, 2004).

Ictiofauna

Para la caracterización de la ictiofauna se tuvieron en cuenta los registros presentados durante los periodos de 24-07-2003, 30-07-2003 y 02-08-2003 en tres estaciones de muestreo dentro de la ciénaga: 1. La Ciénaga de Juan Polo, 2. Punta Canalete en la parte Oriental de la ciénaga de Tesca -Juan Polo y 3. Entre la Punta del Boquerón y la Bocana, dentro del estudio generado por INVEMAR – ACUACAR (2004). En el sistema ciénaga de La Virgen, se contaron 279 individuos, agrupados en 19 especies que arrojaron una biomasa de 14622,1 gr, donde *Mugil curema* (37,5%), *C. sapidus* (16,7%) y *M. incilis* (14,9%) fueron las especies más representativas en número y *M. curema* (5514,9 gr), *M. incilis* (2145,0 gr), *C. sapidus* (1873,4 gr), *Eugerres plumieri* (1038,2 gr) y *Centropomus undecimalis* (1006,9 gr) las que aportaron la mayor parte de la biomasa del área (79,2%).

Vegetación acuática y terrestre

Daniel Sánchez y Paola Ortiz

Vegetación acuática y terrestre de estuarios y playas de la Ciénaga de la Virgen

Rangel-Ch (2012), en su compilación para la vegetación de la Región Caribe, describe las siguientes formaciones de estuarios y playas, establecidas entre el

límite de las mareas y los 100 metros de altitud, las cuales se presentan potencialmente en la zona de estudio:

Manglares: formaciones vegetales (hidro-halófitas) con dominancia de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*, presentan adaptaciones para sustratos inestables (zancos) y para el intercambio gaseoso.

Formaciones de playa: vegetación tipo prado que se presenta a continuación del manglar; en el estrato rasante domina *Batis maritima*.

Matorrales: vegetación de porte bajo, con elementos ralos y esparcidos, influenciados por acción antrópica. Las especies dominantes son *Blutaparon vermiculare*, *Prosopis juliflora* y *Heterostachys ritteriana*.

Herbazales: formación vegetal que sustituye a la vegetación del matorral y del bosque espinoso en sitios muy influenciados por la sal; domina *Sesuvium edmonstonei*.

Se distinguen a su vez las siguientes comunidades Comunidad típica de manglar: Áreas con condición alta de salinidad, manglares de *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*; Manglares de *Rhizophora mangle* y *Laguncularia racemosa*: en zonas con mayor influencia de agua dulce; Manglares de *Avicennia germinans* y *Laguncularia racemosa*: áreas muy transformadas y mayor influencia de agua dulce; Manglar muy intervenido: solo con presencia de *Rhizophora mangle*.

De forma específica para la Ciénaga de la Virgen, Martínez, *et al.*, (2004) resume los estudios de INVEMAR & ECOQUIMIA S.A., según los cuales el bosque de manglar está dominado por *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans* y en menor proporción por *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta*. Esta especies presentan una zonación en la ciénaga en la cual *R. mangle* se ubica en los bordes de la ciénaga y canales, conformando franjas de 5 a 12 m de ancho, hacia el interior se presenta *A. germinans* en los sitios menos intervenidos llegando hasta el borde del bosque seco tropical; *L. racemosa* fue una especie poco frecuente y se encontró en los bordes de estanques abandonados, mientras que *C. erecta* fue la especie menos frecuente y solo se encontró en el límite del manglar con la vegetación de tierra firme.

Estos bosques presentan incrementos históricos de su área hacia el sector oriental y en algunos sitios del sector occidental de la ciénaga, donde además se presentan los bosques más densos y poco intervenidos, dominados por *A. germinans*, mientras que al sur occidente y occidente se detectó disminución en la cobertura, bosques ralos y muy intervenidos dominados por *R. mangle*, atribuyendo evidentemente esta menor condición en la salud del ecosistema a la presencia y expansión de la zona urbana de Cartagena (Martínez, *et al.*, 2004).

Especies amenazadas

Aunque ninguna de la especies de mangle se encuentra en alguna categoría de amenaza nacional o internacional, la IUCN indica la tendencia al decrecimiento de las poblaciones de estas especies, lo cual para el Caribe Colombiano se relaciona con el fuerte aprovechamiento forestal que se han presentado en estos bosques, lo cual llevo a que en el litoral del Caribe, el aprovechamiento industrial se suspendiera por la veda impuesta en 1978, por lo que en la actualidad solo se realiza aprovechamiento artesanal para la obtención de madera, que es utilizada en fabricación de carbón, leña y para la industria de la construcción (varas, vigones, horcones, pilotes) y postes para redes eléctricas (Álvares-León, 2003).

Hábitats para la fauna y áreas de especial interés para la conservación de la biodiversidad

Daniel Sánchez

El hábitat se define como la sumatoria de los recursos y condiciones presentes en un área, que le permiten a un organismo ocupar dicho espacio al poder sobrevivir y reproducirse. El hábitat es especie-específico, es decir, relaciona la presencia de una especie, sus población o individuos (de plantas o animales) con ciertas características físicas y bióticas, por lo tanto, el hábitat implica más que la vegetación o la estructura de la vegetación como se considera erróneamente, al envolver otros recursos específicos que son necesarios para la reproducción y supervivencia un organismo (Hall, *et al.*, 1997).

Dentro de dichos recursos pueden destacarse la importancia de las zonas de refugio, reproducción, alimentación, entre otras, que para este ecosistema estuarino tienen su base principalmente en la productividad de los bosques de mangle, los cuales son considerados como los de mayor productividad neta en el mundo (Roldán, 2008). Gracias a lo anterior, las especies del plancton y perifiton pueden obtener directamente su alimento del detritus de las hojas de mangle, activando así las cadenas tróficas para facilitar el alimento a consumidores secundarios de tercer y cuarto orden. Para estos grupos además, como parte fundamental de su hábitat se destaca la cubeta de agua de la ciénaga, la cual funciona como superficie tridimensional para su desplazamiento, así como medio de intercambio para la obtención de nutrientes (nitrógeno y fosforo).

Para las especies de la fauna de mayor porte (macroinvertebrados y fauna vertebrada), esta misma productividad de los bosques de mangle es la fuente base, bajo la cual a través de la vía del detritus llegan a obtener la energía necesaria para sobrevivir. Estos grupos además, pueden encontrar en estos bosques el armazón físico bajo los cuales desarrollan actividades de desplazamiento, reproducción, protección y alimentación, siendo especialmente indispensable para macroinvertebrados, peces y aves.

Dado lo anterior, tanto el espejo de agua como los bosques de mangle de la Ciénaga de la Virgen, se consideran áreas de interés para la protección de la biodiversidad, dada su funcionalidad ecosistémica en la cual intervienen todas las especies desde su nicho en la construcción del flujo de energía e información.

Información Primaria

Identificación y Caracterización parámetros hidrogeomorfológicos

Omar Mercado

La correcta síntesis de la información permitirá relacionar la geomorfología con las condiciones ambientales como la hidrología, suelos y vegetación. De esta manera parámetros como la Morfodinámica y la morfogénesis debe ser acompañada de datos de carácter morfométrico, morfográficos y edafológicos.

La litología, el suelo y los materiales más superficiales como depósitos no consolidados son muy importantes para determinar condiciones como el transporte, la roca fuente, y energía. En la Figura 11 se muestran los puntos de muestreo litológico y sedimentológico, de la ciénaga y de su zona de influencia directa.

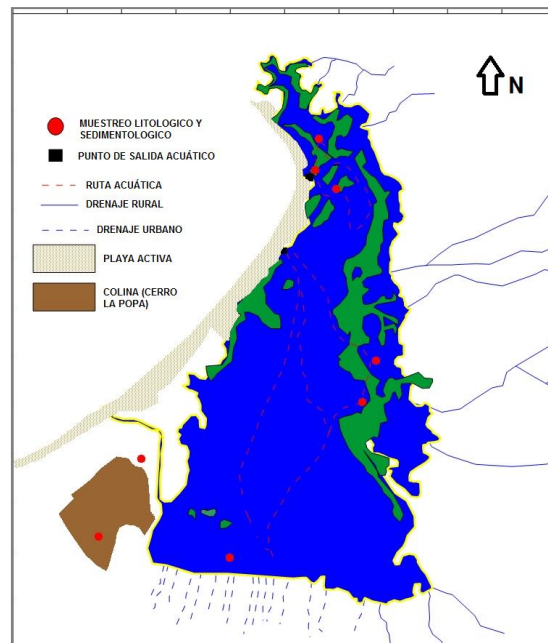


Figura 11. Adquisición de información primaria.

Los puntos muestreados en la zona norte del área de estudio corresponde a la ciénaga Juan Polo, son islotes y barras de acumulación con sedimentos semiconsolidados de arena detrítica de color gris a oscuro de grano uniforme de tamaño de fino a medio donde la influencia marina es la más importante. En la mayoría de estos islotes se puede determinar el nivel freático a una profundidad no

mayor a 50 centímetros, lo que los hace zonas de muy alta susceptibilidad de inundación. El muestreo sedimentológico en una de las orillas muestra lodos grises muy homogéneos con fino material orgánico,

Las muestras colectadas en la parte oriental de la ciénaga muestra un cambio en la coloración a medida que nos dirigimos hacia el oriente, los sedimentos de lodos grises de la zona de manglares tienen un mayor contenido de fracciones gruesas de arenas de coloración marrón, mientras que en las aguas tranquilas protegidas por el cordón de mangles se observa claramente lodos de coloración marrón más compactos que los lodos grises, y el aporte marino y contenido orgánico baja considerablemente.

En el muestreo realizado al sur de la ciénaga en jurisdicción del barrio Boston se observa que mucho del material superficial ha sido transportado y modificado por intervención antrópica, los suelos son limo-arcillosos de grano fino a medio. Al suroeste de la ciénaga en las estribaciones del Cerro de La Popa se observan fuertes laderas erosionadas, la litología corresponde a areniscas de grano fino con intercalación de arcillas, estructuralmente en la zona del barrio San Francisco los procesos de remoción de masa evidencia un posible fallamiento.

Un parámetro muy importante dentro de la caracterización hidrogeomorfológica es la profundidad del espejo de agua, las corrientes internas pueden ver obstaculizado su recorrido por la sedimentación de algunas de las zonas y profundizar en otras. Para la obtención de este parámetro se hizo una medición directa sencilla en tres recorridos dentro de la ciénaga, el cubrimiento del área no fue completo así que se extrapolaron los valores hacia los costados mediante el método de mínima curvaturas generando cotas de profundidad para zona sur y centro de la ciénaga, importante porque en esta zona se presenta la mayor dinámica de corrientes internas. En la Figura 12 se muestran los recorridos y los puntos donde se tomó información. De alguna manera el cruce de la información batimétrica con la de dirección de corrientes y vientos, evidencia una zona de baja sedimentación en el centro de la ciénaga y de sedimentación en el sureste-este, esto facilitado por la presencia de la vegetación de mangles, donde se observan la formación de barras de arenas que imposibilitan la navegación pero que se enriquece en materia orgánica.

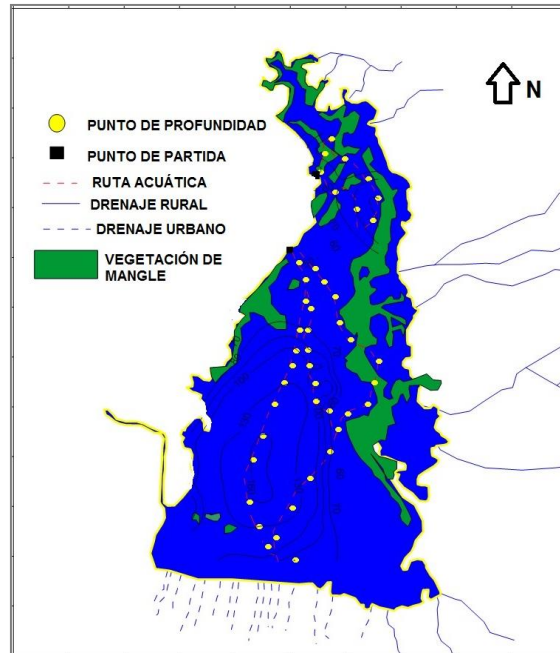


Figura 12. Esquema del modelo de batimetría de la Ciénaga La Virgen.

El objetivo principal del estudio es alcanzar un establecimiento de límites espaciales del humedal como un sistema compuesto por factores abióticos y bióticos, la integración y cruce de la información permite una aproximación hacia un establecimiento de límites físicos del humedal ciénaga La Virgen, un importante factor a tener en cuenta es determinar el pulso máximo de inundación y con este las zonas más susceptibles de inundación. Estas zonas inundables constituyen el área de influencia directa del agua como elemento fundamental de un humedal. Para el caso de la ciénaga La Virgen se observa en la Figura 13, el humedal parece tener más conectividad con la zona Oeste y Suroeste, ya que hacia al Norte los altos de los morros, hacia al Sur las obras de infraestructura y hacia el Este la vegetación de mangle y diques detienen su avance.

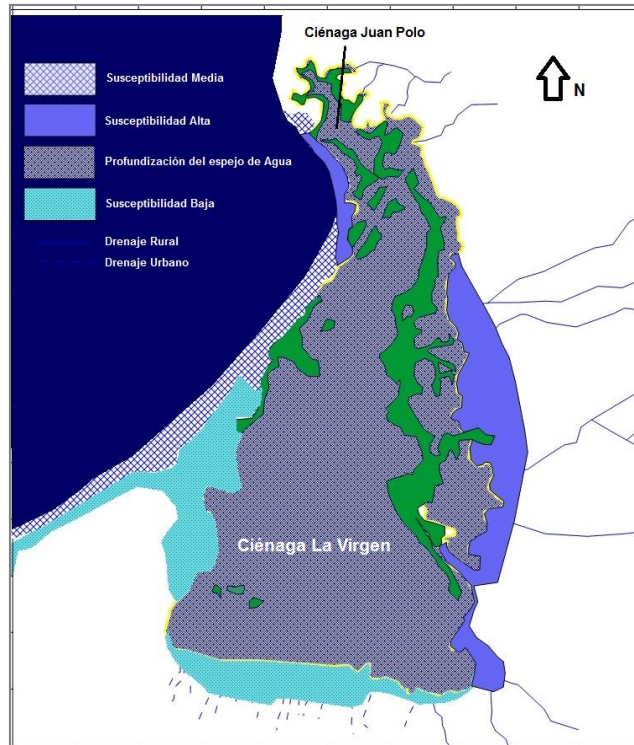


Figura 13. Esquema de zonas susceptibles de inundación.

En la Figura 14 se realiza un perfil que atraviesa la ciénaga en sentido SW-NE, desde el Cerro de La Popa hasta las planicies aluviales en el costado Este, en este perfil se cruza información geomorfológica, topográfica y de pulso máximo de inundación, para mostrar los límites del humedal.

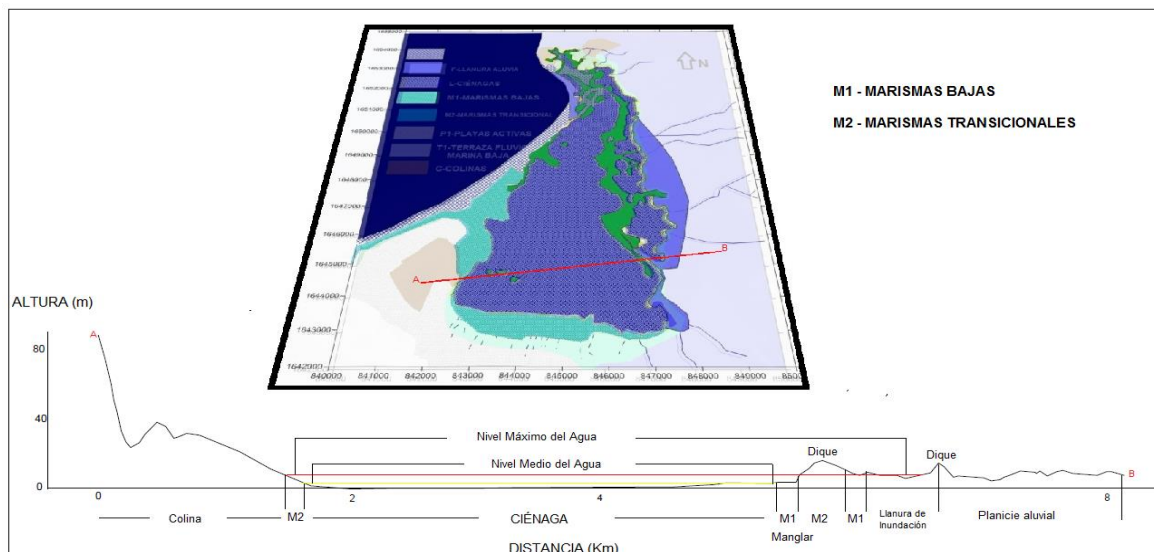


Figura 14. Perfil de la Ciénaga La Virgen.

El perfil muestra la fuerte pendiente de la colina Cerro La Popa que ha sido suavizada por la urbanización de sus laderas, para luego pasar por una zona de marismas transicionales(M2), ya urbanizados y con poca vegetación, donde se observa el nivel máximo de inundación y el nivel medio del agua, luego el cuerpo de agua de la ciénaga con su mayor profundidad hacia el Oeste y disminuyendo a medida que se va hacia el Este gracias a la sedimentación, después se pasa a una zona de marismas bajas(M1), caracterizado por la vegetación de mangles, luego una zona de marismas transicionales(M2), ubicados a lo largo de un dique y después nuevamente una pequeña zona de marismas bajas pobre en vegetación, luego encontramos la llanura de inundación limitada por un dique, esta zona constituye la zona de transición ATTZ, entre el estuario y el ambiente continental, y por último la planicie aluvial, desarrollada por el drenaje de la zona.

Sustrato Ciénaga La Virgen

Las condiciones morfodinámicas de la ciénaga de La virgen permiten identificar diferentes patrones en la distribución de los sedimentos, siendo fácilmente reconocibles por lo menos tres patrones en la circulación y depositación de los mismos. Dentro de la ventana de estudio pueden separarse geográficamente zonas en la que las características texturales y litológicas cambian drásticamente a medida que nos acercamos a un ambiente netamente continental.

La zona norte y oeste de la ciénaga corresponde a depósitos de origen marinos tipo playas que constituyen las barras e islotes, el sustrato es predominantemente material granular, areniscas de coloración oscura y en algunos sectores más hacia el sur de la ciénaga contienen fragmentos de calizas arrecifales, y rastro de vegetación. Los sedimentos más recientes corresponden a lodos de coloración oscura a gris con buena selección y gran cantidad de materia orgánica. Hacia la parte este y sureste de la ciénaga los depósitos son de origen marino y aluvial el sustrato está constituido por areniscas de color pardo a amarillento con contenido de arcillas, los sedimentos más recientes son de coloración marrón y su contenido de materia orgánica es escaso. La zona sur de la ciénaga presenta sedimentos limo-arcillosos producto de la erosión de la Formación Popa con un sustrato más consolidado, son rocas en la que predominan las areniscas arcillosas con intercalaciones delgadas de arcillas limosas de color pardo a amarillento. Las condiciones hidrodinámicas, climáticas y la salinidad, así como las diferentes litologías encontradas en la ventana de estudio han fijado el pobre desarrollo de los suelos, solo en la parte más oriental de la ciénaga lo que corresponde a la llanura de inundación los depósitos aluviales han sido tratados y condicionados para cultivos.

Identificación y Caracterización parámetros fisicoquímicos

Álvaro Andrés Moreno Munar

Los parámetros fisicoquímicos son todas aquellas variables ambientales que influyen en la productividad y estabilidad de los ecosistemas acuáticos (Pinilla & Duarte, 2006).

Conductividad

Es la capacidad de transmitir iones a través de una corriente eléctrica que tiene el sistema acuático de acuerdo con variables como los sólidos disueltos, la luz solar y los gases disueltos (Roldan, 1992 en: Pinilla & Duarte, 2006).

La conductividad aumenta gradualmente en relación a la cercanía al Mar, por ejemplo la estación CV4 (ubicada al norte) en la Ciénaga de La Virgen y que conecta a su vez con la Ciénaga de Juan Polo es la que presentó el valor más alto de conductividad. Las (4) estaciones presentaron rangos de conductividad entre 53500 y 58800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 15). Adicionalmente se observó que la estación CV1 presentó la conductividad más alta pese a su lejanía a la bocana natural por lo que se esperaría fuera la de menor salinidad, esto debido al aumento de aguas marinas a la hora del registro o muestreo (10:00 a.m.) hora que reconocen los habitantes como entrante o momento de entrada de las aguas a través de la Bocana Estabilizada.

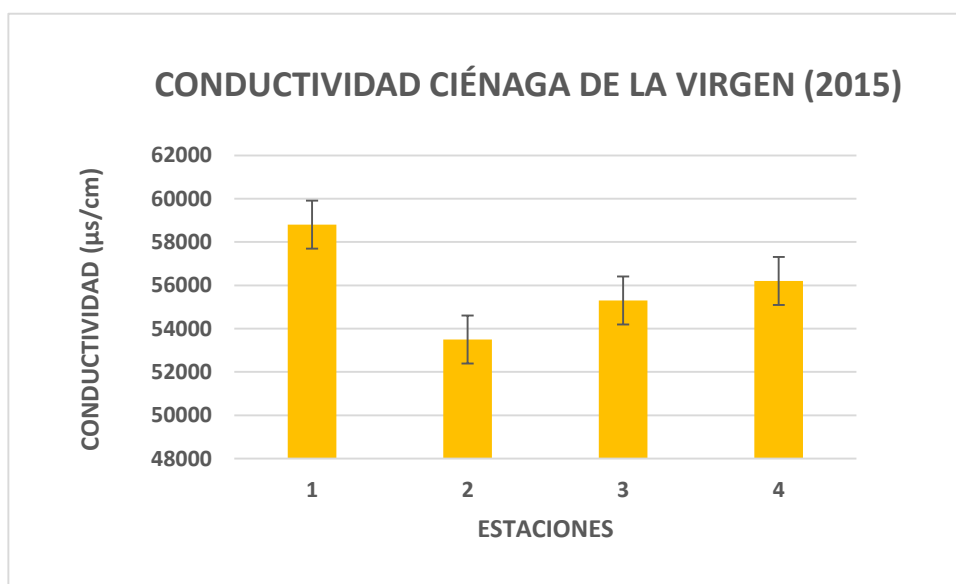


Figura 15. Conductividad Ciénaga de La Virgen (2015).

pH

Se entiende por pH Potencial de Hidrogeniones (H^+) a la cantidad de iones o concentraciones iónicas, que permiten establecer la acidez o basicidad del agua y relacionarlo con los niveles de eutrofización debido al cambio en los compuestos carbonatados que se oxidan (Pinilla & Duarte, 2006).

Los valores de pH hallados en las cuatro estaciones se encuentran entre 7,8 y 8,4 Unidades de pH, (Figura 16) indicando una tendencia hacia la basicidad del agua

en sus estaciones, Roldan, (1992) en Pinilla & Duarte (2006) indica que las ciénagas y lagos tropicales tienen rangos más amplios de pH. Para el año 2015 se observa una tendencia a incrementarse el pH, ya que en el año de 1985 Álvarez-León & Blanco-Racedo (1985), indicaban que el rango se establecía entre 7.4 y 7.6.

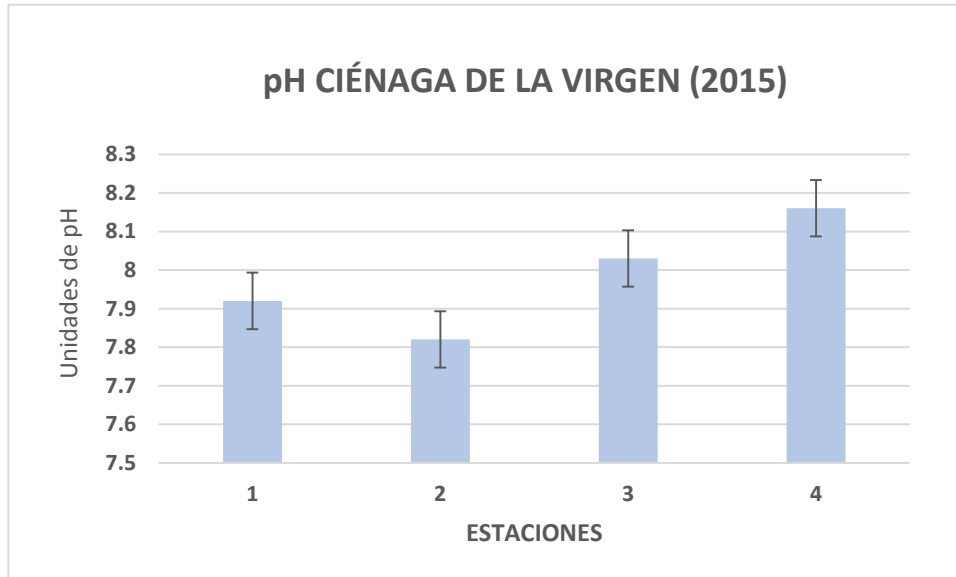


Figura 16. pH Ciénaga de La Virgen (2015).

Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno es uno de los gases esenciales para la vida en los sistemas acuáticos, el cual se incorpora ya sea por difusión de la atmósfera o por fotosíntesis. En la Ciénaga de La Virgen se identificaron rangos de Oxígeno Disuelto entre 7.1 y 16.8 mg/l. (Álvarez-León & Blanco-Racedo, 1985).

En el caso de la Ciénaga de La Virgen se entiende que los niveles de saturación del oxígeno están al límite inferior si se tiene en cuenta que lo ideal es que un sistema acuático tenga niveles cercanos al 100% de saturación. La ciénaga alcanza su punto más alto de oxigenación en la estación CV2 (occidente) donde se alcanza casi 5 mg/litro, posiblemente debido a la presencia de la Bocana (Figura 17) por el contrario la estación CV1 (sur) tiene los niveles más bajos de oxígeno disuelto (4,27 mg/l), el cual puede disminuir, según INVEMAR (2007) al ser consumido en la respiración de microorganismos, por la descomposición microbiana de los detritos orgánicos y por el fenómeno de absorción debido al fuerte impacto que genera el vertimiento de aguas sin tratamiento de los barrios localizados sobre la vía perimetral al límite sur de la ciénaga.

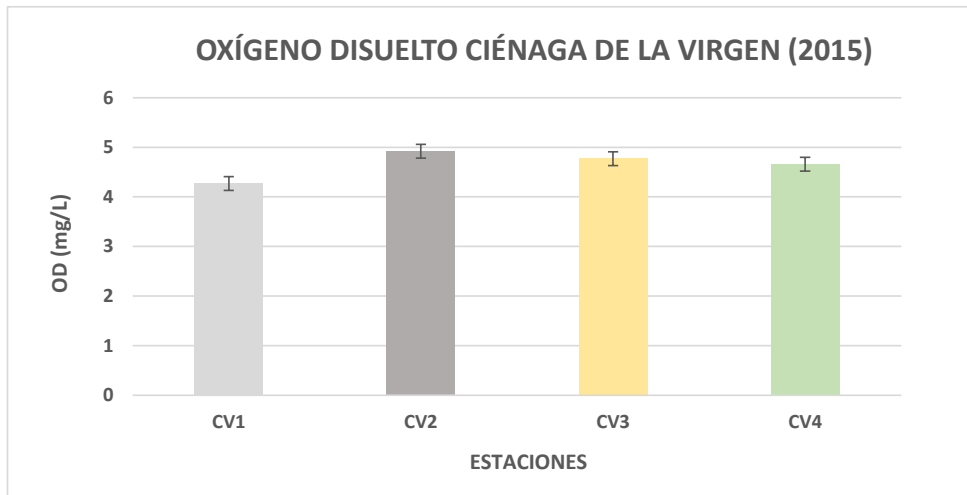


Figura 17. Oxígeno Disuelto Ciénaga de La Virgen (2015).

Nitritos (NO₂)

El nitrógeno es uno de los elementos más importantes para la producción dentro de los ecosistemas acuáticos (Pinilla y Duarte, 1996). Existen formas solubles como los nitritos que se incorporan al medio y que permiten solventar varios procesos ecológicos mediante los aportes de materia orgánica producida por su transformación.

Los valores registrados en las estaciones en la Ciénaga de La Virgen, durante el año 2015 se encuentran entre el rango (0.02 y 0,11 mg/l a 011 mg/l), Figura 18, reflejando que estos son compuestos que se encuentran en bajas concentraciones respecto a otros compuestos nitrogenados (Atencio, *et al.*, 2005).

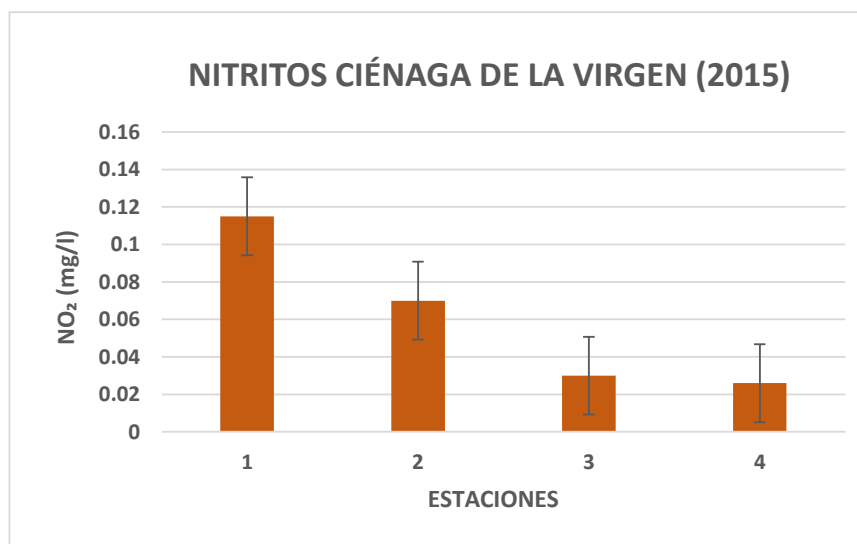


Figura 18. Nitritos Ciénaga de La Virgen (2015).

Nitratos (NO₃)

Es la forma más abundante de nitrógeno en el agua de sistemas acuáticos, pues se consideran fuente de sustento para diversos organismos. Se considera que este nutriente está relacionado directamente con los ciclos de “llenado y vaciado” en los cuerpos cenagosos y que provienen de dos fuentes: una directas como es el pulso de inundación y el otro son las descargas provenientes o vertimientos provenientes de actividades antrópicas.

Las concentraciones de este compuesto para la Ciénaga de La Virgen se encuentran entre 2,5 y 4,5 mg/l. Atencio, *et al.*, (2006) reporta para un complejo cenagoso en el departamento de Atlántico, “Malambo” e indica que con un promedio de 2,6 mg/l de nitratos este sistema se puede considerar eutrofizado, algo muy similar a lo que ocurre actualmente en la Ciénaga de La Virgen, pues todas sus estaciones mantienen una concentración cercana a los 2,6 mg/l (Figura 19).

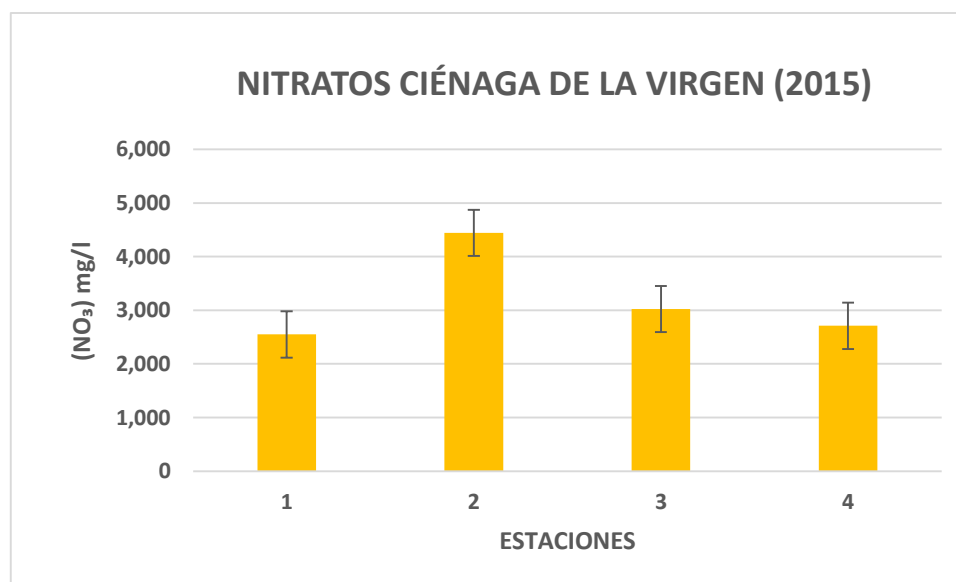


Figura 19. Nitratos Ciénaga de La Virgen (2015).

Fosforo Total

El fosforo es un nutriente esencial para la productividad de un sistema acuático (INVEMAR, 2007), también es un compuesto esencial para la vida ya que hace parte de un gran número de moléculas como el ADN (Roldan, 1992 en: Pinilla & Duarte, 2006). En los sistemas ubicados en los márgenes de cuerpos de agua, como la ciénaga y el manglar este material está presente en forma particulada principalmente, el cual se precipita posterior a los cambios químicos del agua, quedando así una pequeña fracción para ser utilizada por los organismos.

Para la Ciénaga de La Virgen se observa que las mayores concentraciones de fosforo (Figura 20) están hacia la parte Oriental (CV3), indicando que esta zona es en donde más vertimientos de aguas que contienen compuestos fosforados se realizan, como pesticidas, los cuales todavía no se encuentran en rangos detectables, según los análisis realizados en las cuatro estaciones monitoreadas. De igual forma que la estación CV1 la estación ubicada en el costado oriental son los de mayor influencia antrópica.

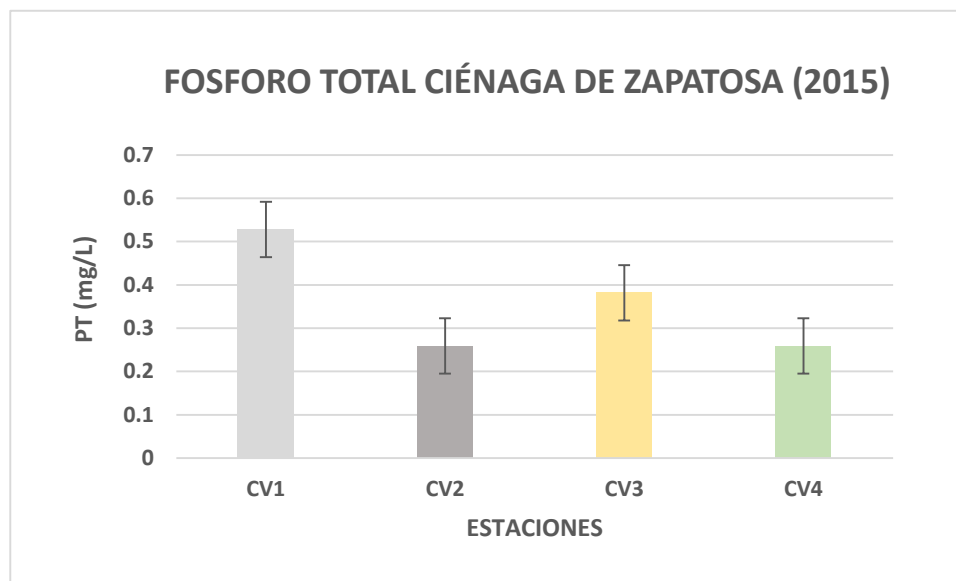


Figura 20. Fosforo Total Ciénaga de La Virgen (2015).

La estación ubicada al sur de la Ciénaga de La Virgen es la que presenta los niveles más altos de fosforo total con un valor de (0,52 mg/l), la presión impuesta en la ciénaga por los vertimientos de aguas residuales de uso doméstico y de uso industrial han sido las fuentes principales de acumulación de este en la ciénaga.

Temperatura

La Ciénaga de La Virgen por pertenecer a la Zona Caribe Colombiana, tiene establecidos rangos de temperatura entre 27 y 34° C de temperatura (INVEMAR, 2007; Álvarez-León & Blanco-Racedo, 1985).

Las temperaturas registradas en las cuatro estaciones ubicadas en la Ciénaga de La Virgen presentan muy poca variabilidad, solo 1,5 ° C, entre 27,4 y 28,9 ° C, entre estaciones (Figura 21). La estación donde se registraron las temperaturas más altas fue la CV1 (sur).

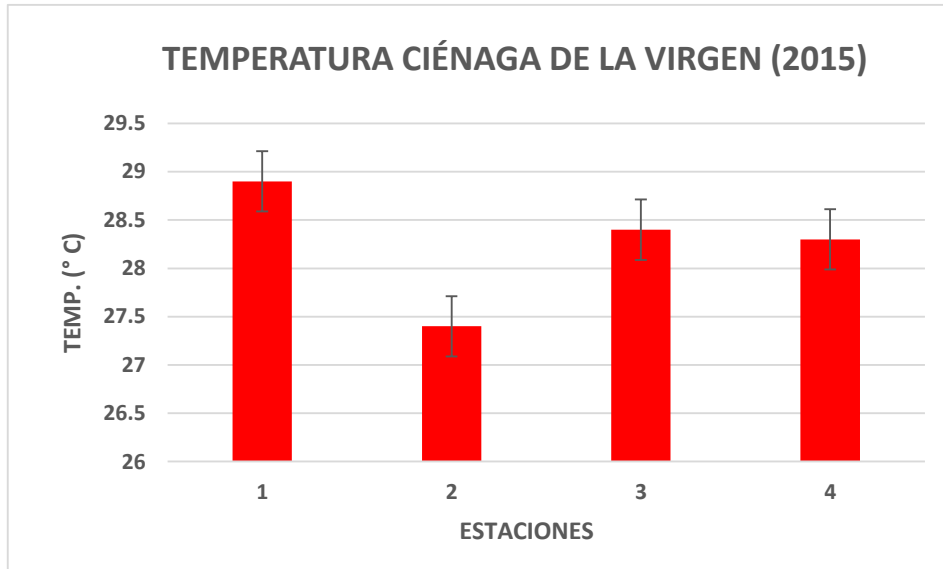


Figura 21. Temperatura Ciénaga de La Virgen (2015).

Relación Profundidad – Transparencia

La Ciénaga de La Virgen presenta para el mes de enero de 2015 una profundidad máxima de 96 cm (Figura 22), y un promedio de 79,5 cm. Si se considera que el mayor nivel de profundidad se alcanza en la temporada de lluvias (invierno), permite inferir que en promedio para las cuatro estaciones muestreadas el promedio es superior al reportado por Álvarez-León & blanco-Racedo en 1985 que es de 0.6 m. Así mismo, se puede establecer una relación en la estación (CV2), donde es menor la profundidad y mayor la transparencia, lo que permite pensar que es el punto donde hay menos afectación por disposición de sólidos suspendidos en el agua, ya que entran por esta zona las aguas nuevas provenientes de la Bocana Estabilizada.

El promedio de transparencia para las cuatro estaciones es de 36 cm ó 0.6 m. En la estación (CV4) es donde se encuentra un mayor fondo (zona Norte), donde, a su vez, la transparencia es menor, lo que indica algún aporte de sólidos en esta área de la ciénaga, probablemente por aguas provenientes de los caños que desaguan en esta zona (nororiental).

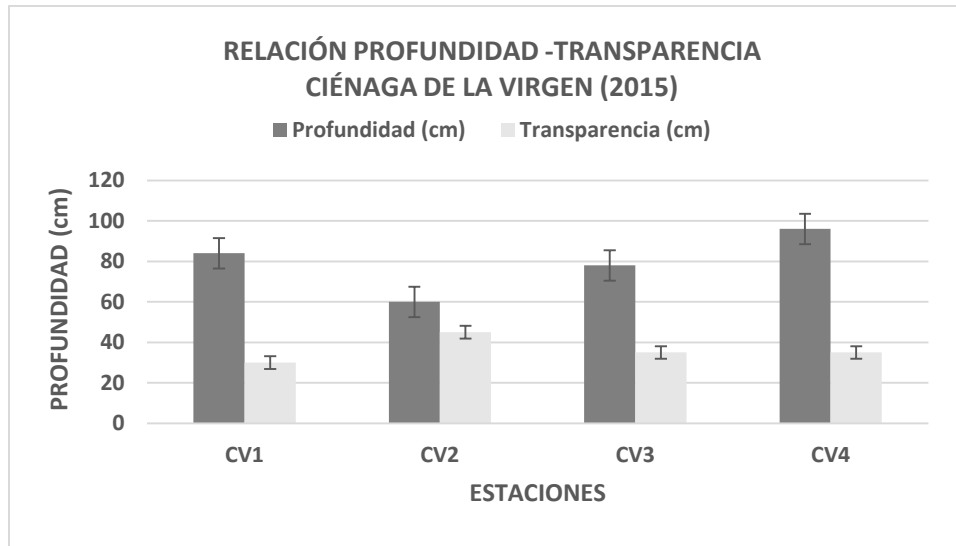


Figura 22. Relación Profundidad – Transparencia en la Ciénaga de La Virgen en enero de 2015.

En los registros de la estación CV1 (zona Sur), se encuentran los menores valores de transparencia, y se presenta una situación contrastante, pues aquí a diferencia de la estación CV4 es el área de mayor influencia antrópica y de zonas de vertimientos de aguas negras, por lo que la fuente de aporte de sólidos disueltos que disminuyen la transparencia es bien conocida. En la estación CV2 (zona Occidental) se observa algo que coincide con registros de otros parámetros (fosfatos y amonio), lo cual hace establecer una menor carga de materiales contaminantes, lo que se refleja en una mayor transparencia en este sector de la Ciénaga de La Virgen, efecto atribuible a la entrada de aguas nuevas a través de la Bocana Estabilizada, ubicada en este sector.

Conductividad y Salinidad

“Conductividad se define como la capacidad que tiene una sustancia de transportar electrones (conducir la electricidad); en el agua, esta capacidad se ve influenciada por la cantidad de sales disueltas y la temperatura” (INVEMAR, 2007). Al emplear esta propiedad para medir el contenido de sales para la ciénaga de La Virgen, se observa que ésta tiene una distribución equivalente con lo mencionado, pues el comportamiento de la conductividad, se ve claramente reflejado en el caso de compararla con la salinidad, de esta forma se puede establecer una relación directa de a mayor salinidad - mayor conductividad (Figura 23).

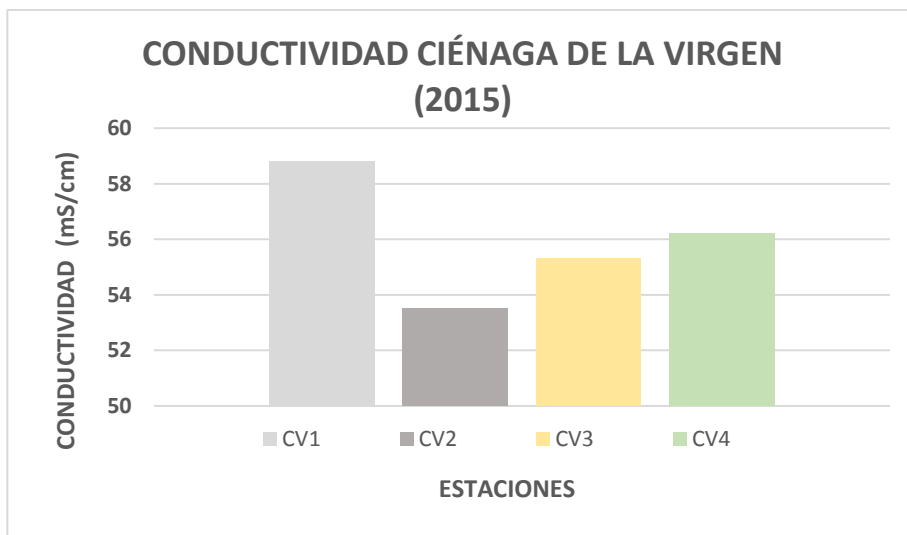


Figura 23. Conductividad Ciénaga de La Virgen (2015).

La salinidad se encuentra entre un rango de 35,5 a 38,8 ‰. En el caso de la Ciénaga de La Virgen se observa que el área de mayor influencia marina, por su contenido de sales de (38,8‰) es la estación CV1 ubicada al Sur, valor situado dentro de los rangos de salinidad establecidos para ambientes con características lito-estuarinas, como la Ciénaga de La Virgen, aquí se debe tener en cuenta una particularidad que se establece desde la construcción de La Bocana Estabilizada, como son los momentos de entrante (agua marina) en la mañana y vaciante en la tarde, lo que indica que la influencia de la entrante sobre la zona CV1 en horas de la mañana (09:40 a.m.) se ve reflejado en una mayor salinidad (Figura 24).

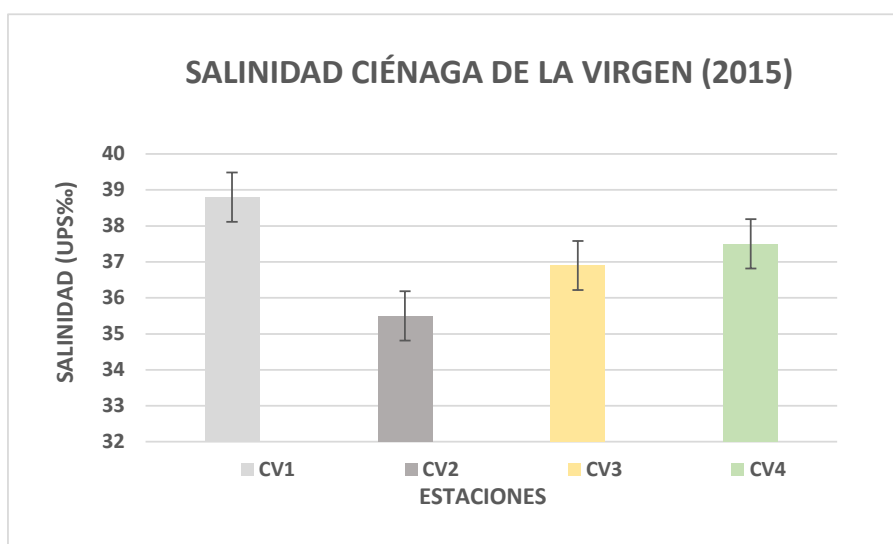


Figura 24. Salinidad Ciénaga de La Virgen (2015)

Amonio

El conocimiento del contenido del amonio en agua es de valor considerable para el ciclo del nitrógeno. El amonio proviene principalmente de las excreciones de animales y la descomposición de compuestos orgánicos nitrogenados y como el fósforo se presenta en combinación en la materia orgánica (INVEMAR, 2007).

El comportamiento de las concentraciones de amonio en la Ciénaga de La Virgen, se mantiene en un rango normal para las estaciones 2,3 y 4 (Figura 25). Se debe poner atención en las concentraciones de amonio sobre la estación CV1 (costado Sur) pues los análisis realizados en el laboratorio reportan a esta con el carácter de *No Cumplimiento* con la norma.

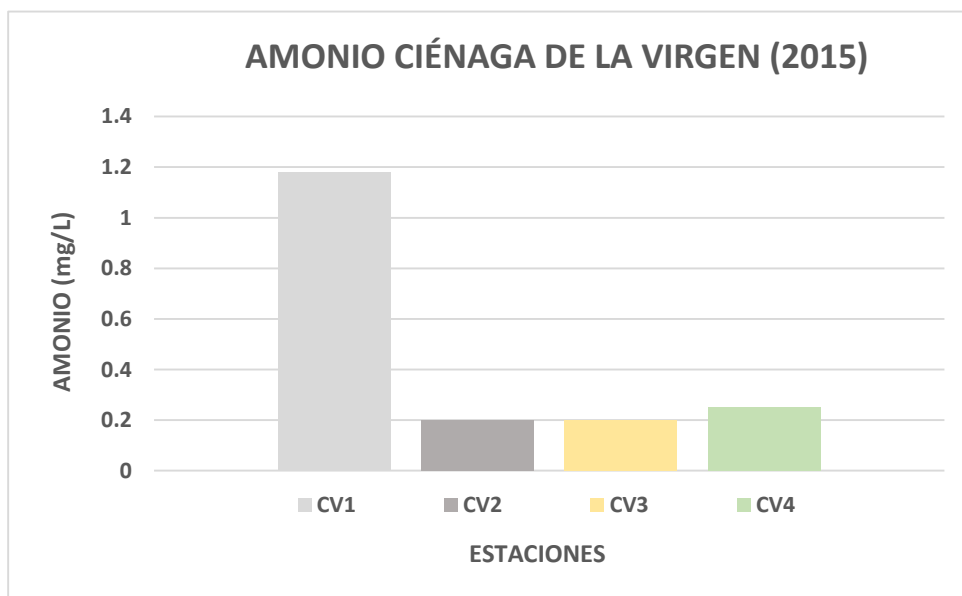


Figura 25. Amonio Ciénaga de La Virgen (2015).

Comparando entre estaciones y concentraciones de fósforo y de amonio, compuestos indicadores de la cantidad de materia orgánica presente, se observa que en la estación CV1 hay las más grandes concentraciones de estos compuestos, Figura 26.

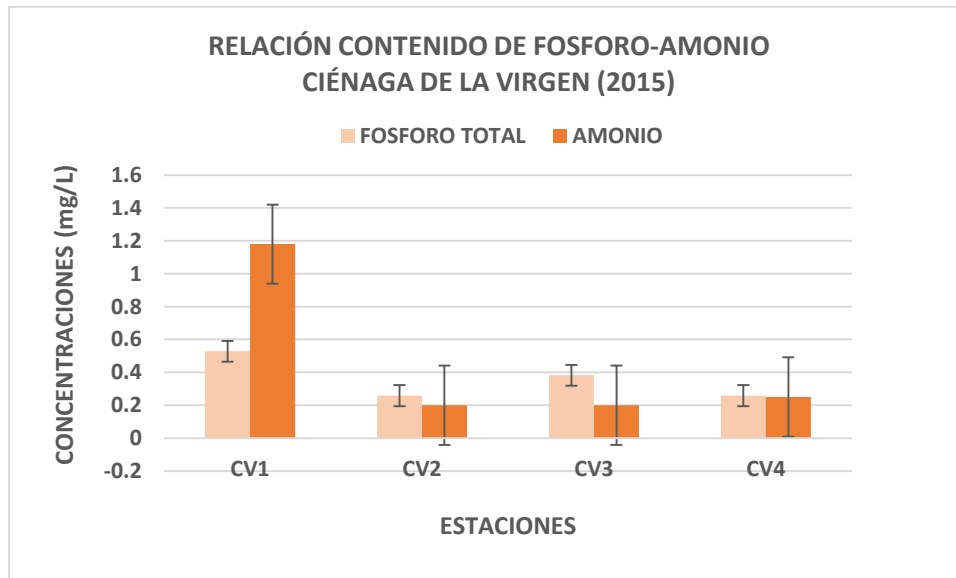


Figura 26. Relación Contenido de Fosforo-Amonio en la Ciénaga de La Virgen (2015).

Otros Compuestos

En relación a otros parámetros medidos para el estudio se encontró que los Sólidos Suspendedos Totales (SST) alcanzan un 89,60 mg/l., los Sólidos Disueltos Totales 38964 mg/l. Las Grasas y Aceites (<11,0 mg/l). Nitrógeno Amoniacal (1,18 mg/l). Así como los Metales Pesados, Cadmio (<0,01mg/l) y Plomo (<0,029 mg/l). Todos contaminantes que se acumulan principalmente en la estación CV1 (sur de la ciénaga) y que limita directamente con la ciudad de Cartagena de Indias.

Identificación y Caracterización parámetros hidrobiológicos I (fitoplancton, zooplancton y perifiton)

Álvaro Andrés Moreno Munar

El término plancton hace referencia a aquellas poblaciones de algas (fitoplancton), entre 2 y 200 milimicras que generalmente se desarrolla en la columna de agua de un ambiente acuático, el fitoplancton aparece como el principal responsable de la productividad primaria y por tanto es la base de las cadenas tróficas. (Pinilla & Duarte, 2006), aunque sobresalen estas ciénagas por su constante renovación de las aguas que permiten que la transferencia energética se realice entre niveles primario y los siguientes.

El zooplancton (protozoarios, rotíferos y microcrustáceos) es considerado un eslabón básico en la cadena trófica de los sistemas acuáticos naturales por constituirse en alimento para especies del segundo nivel trófico (peces en estado de postlarva y alevinos). Los rotíferos, copépodos y cladóceros tienen un valor

potencial como indicadores del trofismo del ecosistema, ya que responden rápidamente a las variaciones ambientales (Atencio, *et al.*, 2005).

Fitoplancton Ciénaga de La Virgen

En el componente biótico se encontraron un total de 11 géneros de fitoplancton de muestras tomadas en la zona limnética. En términos de composición las bacilariofíceas (7 géneros) pertenecientes al phylum conocido como diatomeas son las de mayor riqueza. Dentro de la composición de grupos se encuentran las euglenofíceas con un total de 2 morfoespecies del género *Trachelomonas*, (Figura 27) enfatizando que dentro de este grupo la morfoespecie 2, con el 67 % de abundancia es la que presenta mayor presencia en las cuatro estaciones muestreadas, aunque estas morfoespecies solo se encontraron en la estación CV1 donde se registraron (67.433 ind./l) de la muestra analizada.

Las morfoespecies pertenecientes a la clase Coscinodiscophyceae (bacilariofíceas) se presentaron con mayor abundancia en la estación CV2 *Coscinodiscus sp.* (3.467 ind/L) y en la CV3 *Cyclotella sp.* (1,867 ind./l). En esta estación CV3 también se identificó un morfotipo de *Surirella* el cuales únicamente se presentó en esta estación con abundancias de (1.167 ind./l).

Dentro del mismo grupo (diatomeas) pero pertenecientes al orden naviculales la morfoespecie *Gyrosigma sp.* se encontró en las estaciones CV1 y CV3, con abundancias de 1,867 % en total para las cuatro estaciones. Del mismo orden se registró la morfoespecie *Navicula sp1.* en la estación CV1 (0,233 ind./l). Las diatomeas que componen el fitoplancton de la ciénaga y en general se identifican por la presencia de valvas silíceas que forman a partir de minerales que acumulan en sus conchas y que sirven para su identificación taxonómica.

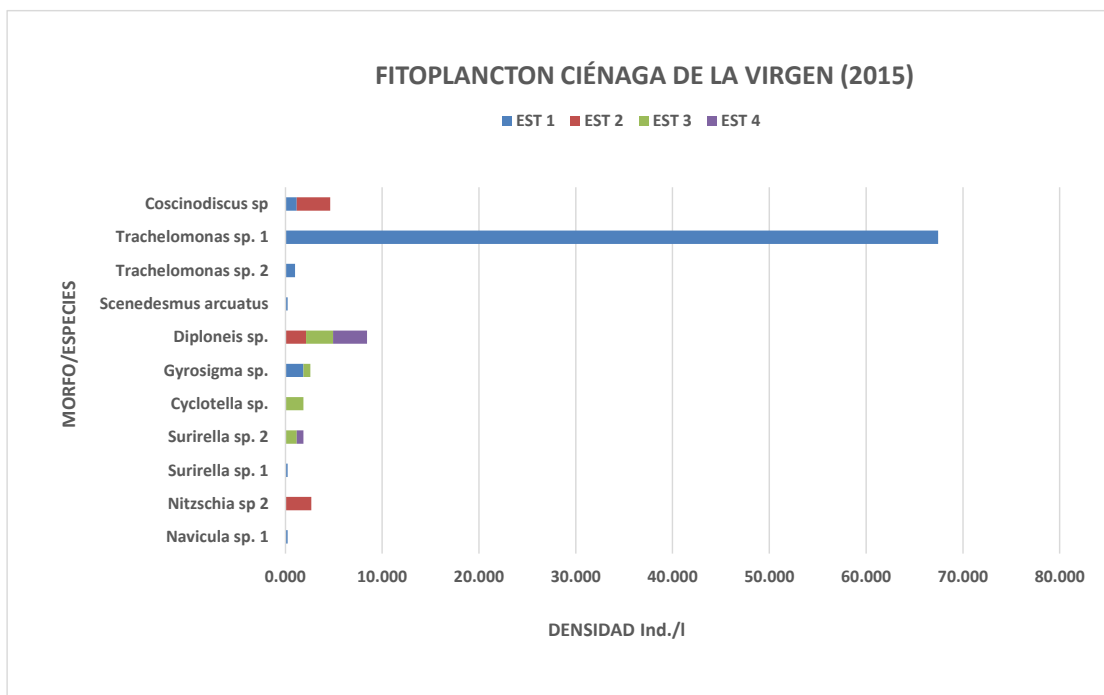


Figura 27. Fitoplancton registrado en la Ciénaga de La Virgen, durante el año 2015.

Otros grupos que hacen presencia en los muestreos realizados en la Ciénaga de La Virgen son las clorofíceas con la especie *Scenedesmus arcuatus* en la estación CV1 con 0,233 ind./l.

El primer estudio sobre fitoplancton del área de influencia de la Ciénaga de La Virgen es el realizado por Arias y Durán (1984) en la Bahía de Cartagena permite reconocer cuatro géneros de algas coincidentes en ambos estudios (*Gyrosigma*, *Navicula*, *Nitzschia* y *Coscinodiscus*) la última de estas morfoespecies pertenecientes a las diatomeas céntricas.

Las euglenofíceas (algunas saprófagas o consumidoras de materia orgánica) al tener la mayor representatividad en la estación CV1 (Sur) principalmente, confirma el grado de eutrofización en el sector, probablemente el de mayor influencia antrópica sobre la Ciénaga de La Virgen.

Zooplancton Ciénaga de La Virgen

La composición predominante de formas larvales de copépodos (nauplios) fueron los grupos predominantes en las muestras pues alcanzaban hasta un 50% de abundancia total, pues fue el único grupo que se encontró en las cuatro estaciones muestreadas, resaltando que en la CV3 se obtuvo una abundancia de 5,76 ind./l. Un grupo como el de los poliquetos (larvas polychaeta) se identificaron en todas las estaciones (Figura 28).

Los morfotipos pertenecientes al grupo de los ciliados (ciliophora) se presentaron únicamente en la estación CV3. Se observa una fuerte diferencia en la abundancia entre *Favella* (5,2 ind./ml) en la estación CV3 (costado oriental) y *Tintinnopsis* (0,08 ind/ml) en la estación CV1 (costado sur). Estos protozoos ciliados planctónicos juegan un papel destacado al ser alimento de especies mayores, siendo un eslabón entre productores y consumidores, ubicándose en estuarios y océanos. Esta área de la Ciénaga de La Virgen es donde más prácticas de pesca artesanal se llevan a cabo.

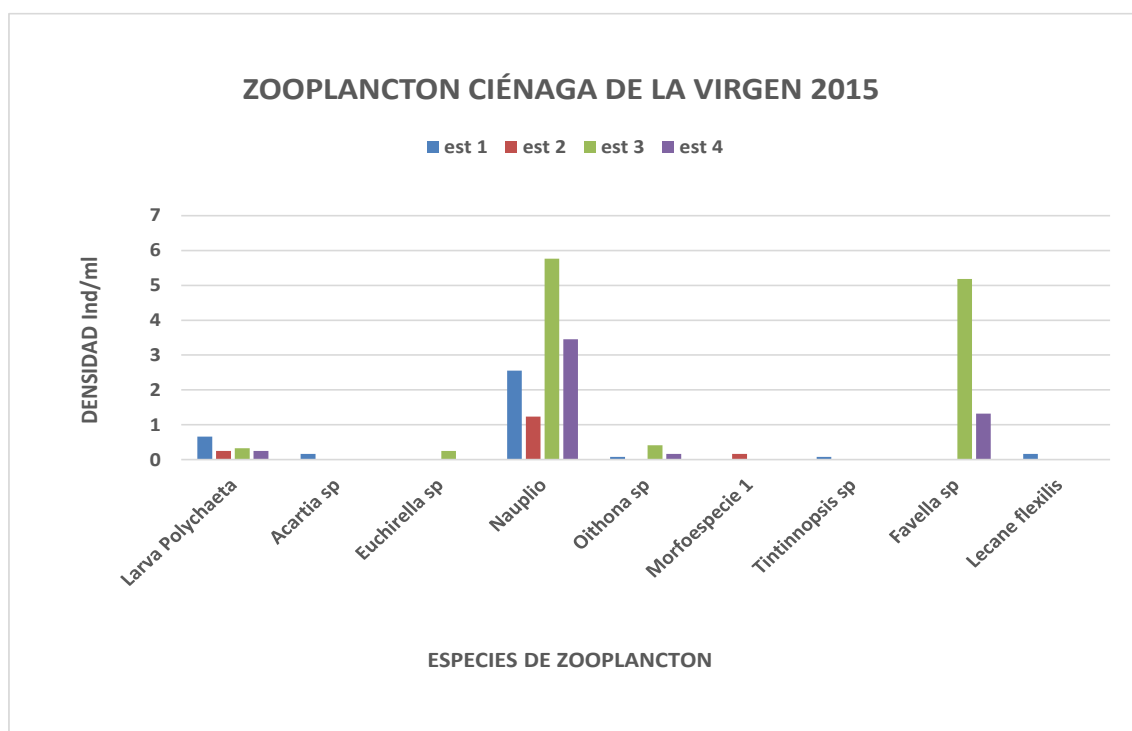


Figura 28. Zooplankton presente en la Ciénaga de La Virgen, durante el 2015.

Perifiton Ciénaga de La Virgen

El perifiton es un compuesto de las comunidades bióticas acuáticas y es desde luego importante conocerlo desde el punto de vista ecológico para comprender el funcionamiento de los sistemas acuáticos, desde el punto de vista ambiental puesto que estas comunidades funcionan como indicadores de la calidad del agua y de los procesos de contaminación que se puedan dar en los sistemas (Moreno y Aguirre, 2013).

Lyngbya sp. un alga clorofita con la morfoespecie más abundante, presente principalmente CV2 (estación occidental), donde también se encuentra una

importante carga de vertimientos provenientes de las comunidades residentes en zonas aledañas. Estas son indicadores evidentes de la carga de materia orgánica que está recibiendo la Ciénaga de La Virgen.

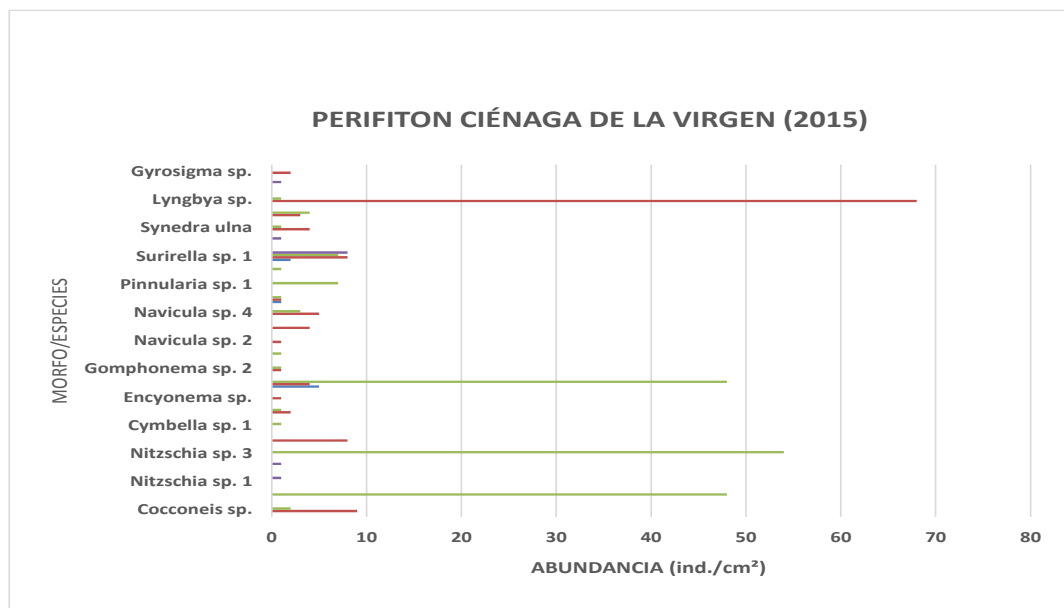


Figura 29. Principales morfoespecies de perifiton en la Ciénaga de La Virgen (2015).

También se describieron algas diatomeas en el sector CV3 (oriental) este sector es donde se encuentran la mayoría de los caños que entregan sus aguas a la ciénaga. Se identifican claramente que los vertimientos de aguas residuales son la principal fuente de contaminación de las aguas de la Ciénaga de La Virgen, Figura 29; pues son claros y evidentes todos los problemas de eutrofización que enfrenta actualmente la Ciénaga de La Virgen, como estrategia de control y vigilancia se recomienda hacer seguimientos a las personas y empresas que están vertiendo aguas contaminadas a la ciénaga, responsabilidad de la Corporación Autónoma del Canal del Dique (CARDIQUE), quien tiene jurisdicción.

Bioindicación para la caracterización de humedales

Los estudios relacionados con el uso e identificación de bioindicadores en el país están agrupados en la compilación bibliográfica sobre “Indicadores Biológicos en Ecosistemas Acuáticos Continentales de Colombia” de Pinilla, G. (2000), el cual se puede considerar el documento base para múltiples investigaciones relacionadas con especies que son bioindicadores de la salud de los ecosistemas y de alta

capacidad de adaptación de estos a los cambios fisicoquímicos del agua ante cambios ambientales producidos por actividades antrópicas.

Teniendo en cuenta las recomendaciones de Pinilla (2000) sobre el uso y las características que deben tener los bioindicadores. Se realizó primero una evaluación comparativa entre las especies (identificadas hasta el nivel más bajo) con las registradas en la bibliografía y en segundo lugar, teniendo en cuenta la riqueza de morfoespecies de los géneros que tienen mayor representación. Se reúnen estas características en grupos, (Fitoplancton, Zooplancton) y Perifiton, principalmente por la característica de un buen indicador biológico que no debe tener mucha variabilidad natural, es decir, debe ser de condiciones esteno (estrecho rango de adaptación).

Se describen a continuación (Tabla 11) las principales especies registradas en el estudio realizado durante el año 2015 en las ciénagas de La Virgen, uno de los principales sistemas acuíferos de la región Norte del país.

Tabla 11. Principales Bioindicadores (Hidrobiológicos) presentes en la Ciénaga de La Virgen durante 2015.

FITOPLANCTON		
TAXA	PROCESO BIONDICADOR	LUGAR
<i>Scenedesmus arcuatus</i>	Sedimentos y Conductividad altos	C. Virgen
<i>Trachelomonas</i> sp.	Eutrofia	
	Eutrofia aloctona	
	Sedimentos y Conductividad altos	
	Meso a Eutrofia	
<i>Gyrosigma</i> sp.	Turbulencia	
ZOOPLANCTON		
<i>Lecane flexilis</i> (Rotífero)	Eutrofia	C. Virgen
	Estratificación	
Larva Polychaeta	Contaminación	
Nauplio (Copepodo)	Tendencia a la Eutrofia	
	pH con tendencia a la alcalinidad	
	Tolerancia a la Hipoxia	
	Estratificación	
PERIFITON		
<i>Fragillaria cf. crotoneis</i>	Mesotrofia	C. Virgen
	Aguas litorales	
<i>Lyngbya</i> sp.	Estratificación	
<i>Gomphonema</i> sp.	Sedimentos y Conductividad altos	

Fitoplancton Ciénaga De La Virgen (2015)

“Los organismos fitoplanctónicos son usados como indicadores de la calidad del agua” (Pinilla, 2000). Por ejemplo las Clorofíceas son indicadores de ambientes mesotróficos y eutróficos, ya que pueden estar en ambientes con presencia de materia orgánica e incluso metales pesados. *Scenedesmus arcuatus* con 0,233 ind/l se registró en la estación CV1 únicamente.

Respecto a las Bacilarofíceas que son indicadores de: pH neutro y/o ácido, mezcla, eutrofia, sucesión planctónica y aguas litorales (Pinilla, 2000). Este grupo está presente en la estación CV1 con la morfoespecie *Gyrosigma* sp. La cual se presentó en una concentración de 1,867 ind/l. De igual forma se encontró en la estación CV3 una densidad de 0,700 ind/l, esta estación ubicada al costado oriental de la ciénaga de La Virgen, también presenta una importante influencia antrópica (vía perimetral, emisario submarino, infraestructura turística).

La caracterización del fitoplancton de la Estación CV1, confirma lo descrito anteriormente, ya que la morfoespecie con mayor dominancia fue *Trachelomonas* sp1. (67.433 ind/l), la cual se presentó en la estación (CV1); debido a que este género es indicador de diferentes procesos de contaminación.

Al entender la información fisicoquímica también se observa que en la estación CV1 es donde se registró el valor de conductividad más alto (58.800 $\mu\text{S}/\text{cm}$) entre las cuatro estaciones ubicadas en la Ciénaga de La Virgen.

Relacionando los grupos taxonómicos encontrados y los morfotipos identificados, se puede establecer que la Ciénaga de La Virgen se enfrenta a un avanzado proceso de eutrofización debido a la descarga constante de aguas residuales de uso doméstico e industrial sobre el cuerpo de agua. También se puede observar que el área de mayor contaminación se encuentra hacia la estación CV1, ubicada al costado sur de la ciénaga (barrios periféricos de la ciudad de Cartagena).

Zooplancton Ciénaga De La Virgen (2015)

En la mayoría de los ambientes acuáticos, el zooplancton está conformado por protozoos, rotíferos y crustáceos. Se ha estimado que existen alrededor de 2.000 especies de agua dulce, y aproximadamente 50 especies marinas.

Los rotíferos están distribuidos principalmente en las aguas dulces. Casi las tres cuartas partes de los rotíferos son sésiles y están asociados a sustratos litorales Portilla (2012). En los muestreos realizados (Anexo B) se registró la especie *Lecane flexilis* (0.164 ind/l) en la estación 1, nuevamente se relacionan los altos grados de eutrofización y estratificación (Tabla 5) por la presencia de esta especie. También se ratifica que hay las mismas concentraciones de cladoceros y de rotíferos en la estación 1. Lo que sugiere que en las aguas se están dando procesos de oxigenación de las aguas, principalmente por los géneros *Acartia* sp. Estación (CV1) y *Euchirella* sp. (CV3) con densidades de (0.164 ind/l) y (0.246 ind/l), respectivamente.

Los copepodos se presentaron en mayor proporción (2.551 ind/l) de igual forma que todos los otros grupos y morfoespecies anteriores en la estación 1, lo que indica que este sector tiene tendencia a la eutrofización.

Perifiton Ciénaga De La Virgen (2015)

Fragillaria cf. crotonensis, se identifica por ser la especie con mayor abundancia (48 ind/cm²) en la estación 3 ubicada en el sector oriental, esta es indicador de mesotrofia y de aguas litorales. *Nitzschia* sp3. y *Gomphonema* Sp1. han sido morfotipos identificados en la misma estación. Cada uno de estos géneros (54 ind/cm²) y (48 ind/cm²).

Respecto al morfotipo *Lyngbya* sp. (cianofita) se obtuvo el mayor número de individuos por cm² (68 ind/cm²) para los géneros presentes en el perifiton de las estaciones ubicadas en la Ciénaga de La Virgen. según Pinilla (2000) *Lyngbya* es indicador de estratificación.

Identificación y Caracterización parámetros hidrobiológicos II (macroinvertebrados)

Diana L. Pérez

Para el área de estudio se registró un total de 171 individuos, pertenecientes a 14 taxones distribuidos en 12 familias y 11 ordenes (Tabla 12), de estos ordenes Mytiloidea estuvo representada por dos morfoespecies *Mytella charruana* y *Perna* sp., ambas colectadas en la estación CV4S, así mismo el orden Hemiptera con *Tenagobia* sp. y *Brachymetra* sp., ambas especies nadadoras activas del neuston. La clase Malacostraca presentó la mayor diversidad de especies con cuatro géneros, contrario a las clase Arachnida y Oligochaeta que tuvieron un solo género cada una. Así mismo, la clase Malacostraca tuvo la mayor abundancia con el registro de 78 individuos, de los cuales su mayoría (75 ind) correspondían a cf. *Balanus* sp.

Tabla 12. Registro de macroinvertebrados para la Ciénaga De La Virgen.

Clase	Orden	Familia	Genero	CV 20	CV3 0	CV 4S	CV S	CV H/P	TOTAL	ES T
Arachnida	Arachnoidea	Lycosidae	<i>Hogna</i> sp.				No se registra	1	1	1
Bivalvia	Mytiloidea	Mytilidae	<i>Mytella charruana</i>			20	organism		20	1
			<i>Perna</i> sp.			4		4	1	
Insecta	Diptera	Chironomidae	Sub. Chironominae sp. 1	1					1	1

Clase	Orden	Familia	Genero	CV 20	CV30	CV 4S	CV S	CV H/P	TOTAL	EST
	Hemiptera	Corixidae	<i>Tenagobia</i> sp.	1			os		1	1
		Gerridae	<i>Brachymetra</i> sp.	6					6	1
Malacostraca	Amphipoda	?	Amphipodo sp.1	3	1				4	2
	Decapoda	Penaeidae	<i>Penaeus</i> sp.		2			3	5	2
	Isopoda	Sphaeromatidae	cf. <i>Dynamenella</i> sp.		3			4	7	2
	Sessilia	Balanidae	cf. <i>Balanus</i> sp.	75					75	1
Oligochaeta	Haplotaxida	Naididae	N.D.	3					3	1
Polychaeta	Aciculata	Nereidae	Morfoespecie 1	10	9			3	22	3
	Canalipalata	Protodriliidae	cf. <i>Protodrilus</i> sp. 1	5	5			2	12	3
			cf. <i>Protodrilus</i> sp. 2	6	4				10	2
Totales			Individuos	110	24	24	NA	13	Promedios	42,75
			Riqueza	9	6	2	NA	5		5,5
			Índice de Riqueza	1,70	1,57	0,31	NA	1,56		1,28
			Simpson_1-D	0,5172	0,7639	0,29	NA	0,76		0,58
			Shannon_H	1,219	1,593	0,45	NA	1,525		1,197

Para la distribución, ninguno de los macroinvertebrados registrados para el área se presentó en todas las estaciones, sin embargo, las morfoespecies correspondientes a Nereidae Morfo 1 y cf. *Protodrilus* sp. 1 se encontraron en tres estaciones CV20, CV30 y CVH/P, obteniendo así los mayores valores de distribución con relación a los demás registros, también los Amphipodo sp.1, *Penaeus* sp. y cf. *Dynamenella* sp. tuvieron una buena distribución registrándose en dos estaciones CV30 y CVH/P lo que corresponde a las claras preferencias de estos por ambientes asociados a vegetación y material orgánico.

Para los parámetros de diversidad se puede observar en la Tabla 12, donde el promedio de riqueza fue de 5,5 con un índice de 1,28. Las estaciones CV30 y CVH/P, obtuvieron el mayor índice de diversidad con 1,593 y 1,525 respectivamente, contrario a la estación CV4S en donde se obtuvo el menor índice de diversidad con 0,45 bits/individuo con el registro solamente de dos especies una de ellas con una clara dominancia en la estación. Estos resultados afirman la relación obtenida para el índice de dominancia ya que consecuentemente las estaciones CV30 y CVH/P tuvieron la menor dominancia y la estación CV4S tuvo el mayor valor. En la relación de abundancias, la estación CV20 registró el mayor número de individuos dada la presencia de formaciones de comunidades de crustáceos cirripedos de cf. *Balanus* sp.

Con relación a la calidad de agua, el índice de diversidad biológica de Shannon-Weiner (H') presentó un promedio de 1,197 bits/individuo, lo que según Roldán & Ramírez (2008), indicaría aguas muy contaminadas.

Para la distribución ecológica de los macroinvertebrados se pudo apreciar que la dinámica hídrica de la ciénaga y en especial la entrada de aguas dulce a través de los caños en la zona oriental modifican la distribución, riqueza y abundancia de especies, dividiendo la comunidad de macroinvertebrados en tres grupos principales: Acuáticos, Semiacuáticos y Terrestres. Durante el estudio, para las estaciones monitoreadas, solamente se registraron macroinvertebrados de hábitos acuáticos, sin embargo, teniendo en cuenta los bioconteos realizados por parte de la Fundación Ecoprogreso (2014), es posible ampliar la distribución a componentes semiacuáticos y terrestres (Figura 29 a la 32).

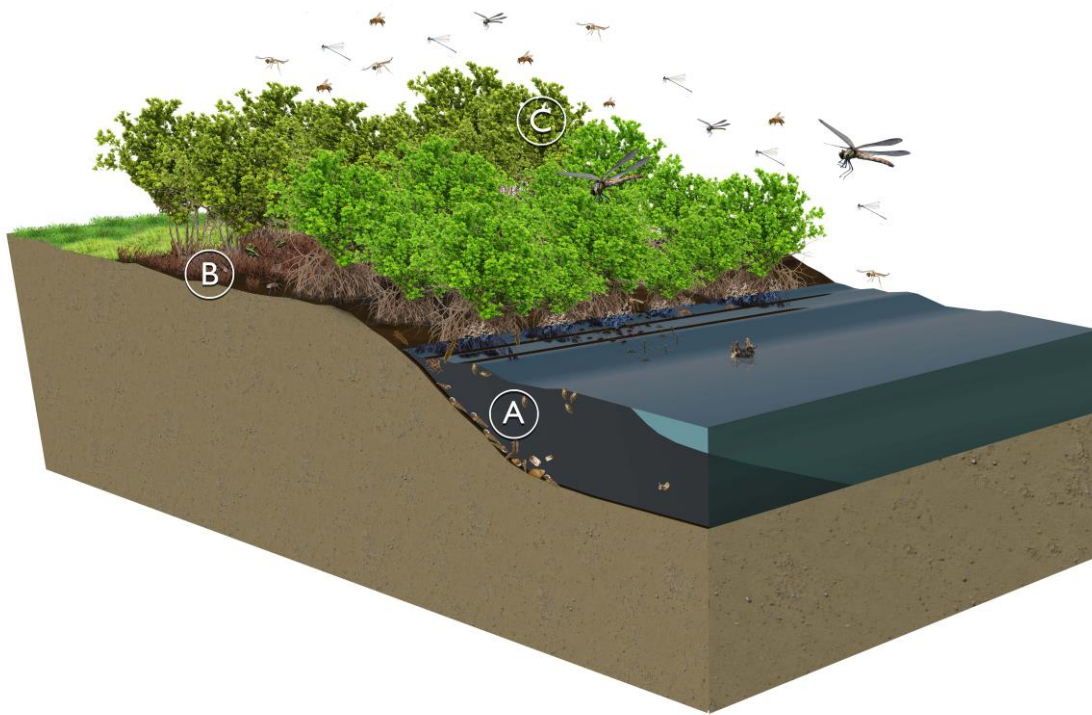


Figura 30. Distribución de macroinvertebrados en tres ambientes: (A) Acuático, (B) Semi acuático y (C) Terrestre asociado a Manglar

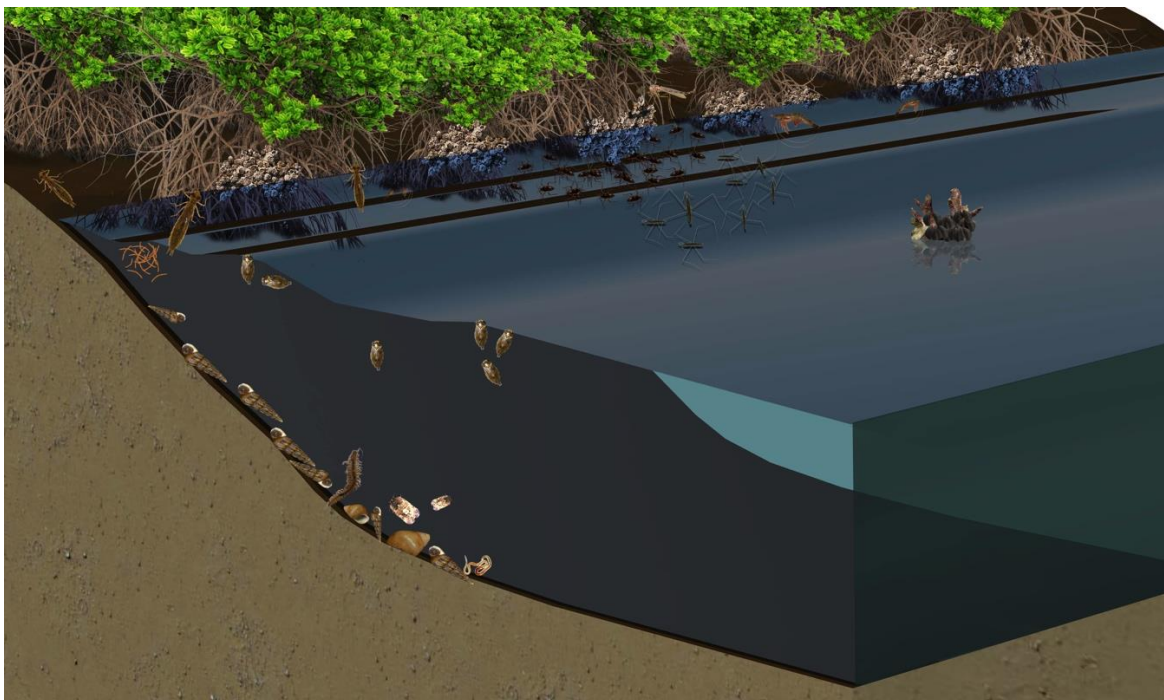


Figura 31. Distribución de macroinvertebrados en ambiente acuático, perfil Ciénaga de la Virgen. Organismos con adaptaciones como respiración cutánea, cámaras de reserva de aire.



Figura 32. Distribución de macroinvertebrados en ambiente semiacuático, perfil Ciénaga de La Virgen.



Figura 33. Distribución de macroinvertebrados en ambiente terrestre asociado a vegetación, perfil Ciénaga de La Virgen.

Identificación y Caracterización Vegetación acuática y terrestre

Daniel Sánchez y Paola Ortiz

Teniendo en cuenta los objetivos de esta contribución, se han agrupado los resultados obtenidos de los levantamientos para la densidad de bosque de manglar en las dos zonas de estudio, de forma que se aprecie su estructura a través del gradiente agua-tierra. Dada la homogeneidad de este tipo de bosque, solo se definieron tres ambientes del gradiente en los cuales se reportan las densidades absolutas de las especies (Tabla 13).

Tabla 13. Caracterización de la vegetación acuática y terrestre de la Ciénaga de La Virgen según gradiente agua-tierra.

Sector	Profundidad (mts)	Distancia al agua (mts)	Especies	Densidad del mangle en el Gradiente agua - tierra		
				Orilla al agua del bosque	Interior del bosque	Orilla a tierra firme del bosque
Norte	0.5	-3 a 5	<i>Rhizophora mangle</i>	100%	70%	20%
	0	5.0 - 20	<i>Avicennia germinans</i>	0	30%	70%
	-	-	<i>Conocarpus erecta</i>	-	-	-
	-	-	<i>Laguncularia racemosa</i>	-	-	-
	0	10 a 20	<i>Batis maritima</i>	0%	0%	5%
Oriental	0.5	-5 a 10	<i>Rhizophora mangle</i>	100%	0%	0%
	0	10 a 50	<i>Avicennia germinans</i>	0%	97%	90%
	0	10 a 50	<i>Conocarpus erecta</i>	0%	2%	0%
	0	10 a 50	<i>Laguncularia racemosa</i>	0%	1%	0%
	0	600	<i>Batis maritima</i>	-	-	-

Sector Norte

Área caracterizada por su cercanía a la conexión natural entre el mar y la ciénaga, la cual para la época de estiaje se presenta cerrada o desconectada. Limita al costado occidental con la zona urbana de La Boquilla y es usada para recorridos ecoturísticos. Respecto a las especies de mangle solo se registra *Rhizophora mangle* (mangle rojo) y *Avicennia germinans* (mangle prieto), presentando el mangle rojo la mayor dominancia con una densidad relativa del 64%. En cuanto a su presencia en el gradiente, siempre se presentó en las orillas de la ciénaga, con sus raíces sumergidas en la cubeta de agua anclándose muy bien al sustrato inestable (Fotografía 3), se observó además conformando el denominado interior de bosque en aquellas zonas muy reducidas del bosque donde fue monoespecífica. *Avicennia germinans* (mangle prieto), se presentó en esta zona poco dominante con una densidad relativa del 33% ubicándose en aquellas franjas del bosque que fueran más anchas desde la orilla hacia la tierra firme, por lo cual fueron mucho más abundantes en la parte de tierra firme del gradiente (Fotografía 4).

Además de estas especies forestales, se registraron herbazales de *Batis marítima*, siendo esta una planta halófila que para el periodo de estiaje de este estudio, fue exclusiva del ambiente de tierra firme, creciendo sobre arenales justo en las inmediaciones de las especies de mangle (Fotografía 5).

Sector Oriental

Área caracterizada por presentar bosques extensos de mangle y amplias zonas dedicadas a la ganadería y a cultivos transitorios, donde se presentan además diversos caños de agua dulce que drenan a la ciénaga. Dichos bosques de mangle se presentaron compuestos por cuatro de las cinco especies de mangle registradas para el Caribe colombiano (Álvarez, 2003), de las cuales *Avicennia germinans* (mangle prieto) presentó los mayores valores de densidad (65%), seguida por *Rhizophora mangle* (mangle rojo) con el 33%, *Conocarpus erecta* (zaragosa) con el 0,6% y *Laguncularia racemosa* (mangle bobo) con el 0.3%.

En cuanto a su distribución en el gradiente agua-tierra, *Rhizophora mangle* fue la única especie registrada en las orillas de la ciénaga, con sus raíces sumergidas en la cubeta de agua en profundidades para la época del estudio de hasta 0,5 metros (Fotografía 6). Para el interior del bosque, donde no se presentaba inundación permanente, *Avicennia germinans* domino con un 97% de la densidad, por lo que *Conocarpus erecta* y *Laguncularia racemosa* se presentaron poco frecuentes e intercalados entre los abundantes individuos de *Avicennia germinans* (Fotografía 7 y Fotografía 8). En el borde seco u orillas de tierra firme solo se observaron individuos de *Avicennia germinans*, los cuales llegaban a colindar con pastizales y cultivos en un límite artificial generado por dichas actividades antrópicas. En algunos pocos casos *Rhizophora mangle* podía extenderse más allá de dicho límite artificial, bordeando los caños que drenan a la ciénaga hasta posiblemente secciones del caño donde disminuya la salinidad (Roldán, 2008), pero incluso estos se encuentran en procesos de encausamiento y no se consideran como límites para el humedal.

En este sector no se observaron áreas cubiertas por especies rastreras o herbáceas, como posible efecto de las ya mencionadas actividades antrópicas, sin embargo no se descarta su presencia en esta área.



Fotografía 3. *Rhizophora mangle* (mangle rojo) en su distribución típica de orilla al agua.



Fotografía 4. *Avicennia germinans* (mangle prieto) en interior de bosque en el sector norte.



Fotografía 5. *Batis marítima* sobre suelos arenosos

Fotografía 6. Bosque de mangle del sector oriental, en primer plano y margen izquierda *Rhizophora mangle* seguido por *Avicennia germinans* al fondo.



Fotografía 7. Interior del bosque del sector norte con dominancia de *Avicennia germinans*.

Fotografía 8. Interior del bosque del sector norte con presencia de individuos de *Laguncularia racemosa*.

Perfiles de vegetación

El perfil de vegetación construido esquematiza la homogeneidad de este tipo de bosque en el área de estudio (Figura 34), en la cual a partir de las orillas de la ciénaga *Rhizophora mangle* inicia la serie, haciendo uso de sus raíces zanconas para soportar la marea y la inestabilidad del terreno, presentándose hasta máximo alrededor de diez metros desde la orilla al interior del bosque. Le continúa *Avicennia germinans* siendo la especie más abundante al desarrollar amplios bosques monoespecíficos, los cuales no presentaron inundación para la época de estudio; en esta zona se presentan también las especies de *Conocarpus erecta* y *Laguncularia racemosa* intercaladas en medio de *Avicennia germinans* pero en unas abundancias muy bajas. En algunos sectores continuos al bosque de mangle se presenta *Batis marítima*, creciendo sobre arenales no inundados para la época

de estudio y luego de este o incluso inmediatamente después del bosque, se presentan extensas zonas antropizadas (cultivos, pastizales, zonas urbanas, invasiones, carreteras, entre otros) iniciando así la zona de tierra firme.

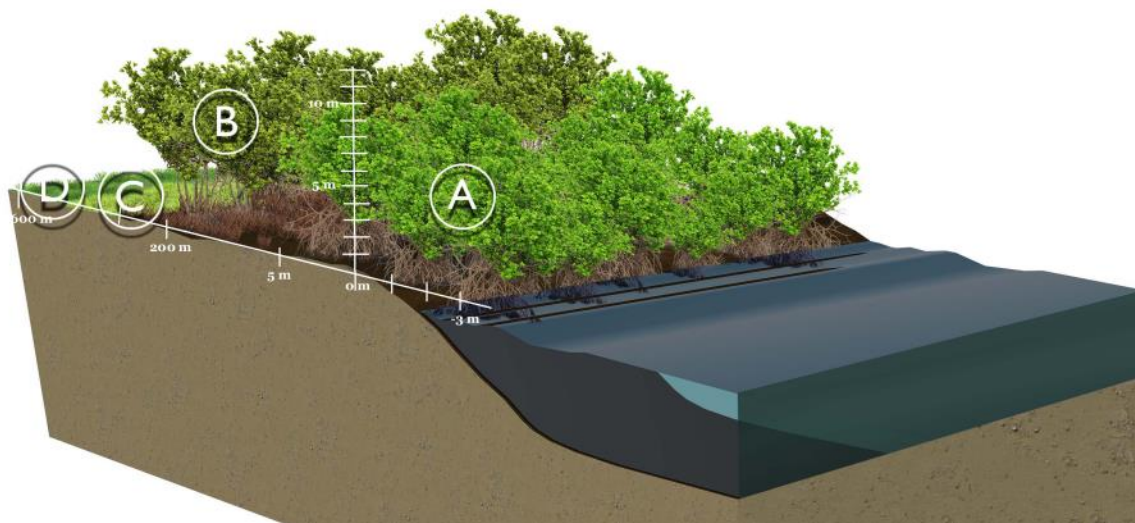


Figura 34. Perfil de vegetación para la época seca en la Ciénaga de La Virgen.
A: *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Conocarpus erecta* y *Laguncularia racemosa* C: *Batis marítima* y D: pastizales y cultivos.

Usos e importancia de los recursos florísticos

En los ecosistemas estuarios, los bosques de mangle asociados se consideran como los de mayor productividad biológica neta en el mundo, por lo que una de sus principales funciones está relacionada con la producción de biomasa que es utilizada por diversos organismos como alimento. Son además hábitat para numerosas especies del cuerpo de agua, entre las cuales pueden citarse ostras, celenterados, anélidos, moluscos, crustáceos y peces, así como otras especies de la fauna terrestre, principalmente aves (Roldán, 2008). Muchas de estas especies asociadas forman parte importantes de la dieta y la economía de las poblaciones locales, de cuya productividad depende una poblaciones aproximada de 200.000 personas (Sánchez-Páez, *et al.*, 2000).

Respecto al aprovechamiento forestal del mangle, dada la veda impuesta en 1978, en la actualidad solo se realiza aprovechamiento artesanal para la obtención de madera, que es utilizada en fabricación de carbón, leña y para la industria de la construcción (varas, vigones, horcones, pilotes) y postes para redes eléctricas (Álvares-León, 2003).

A pesar de constituirse como uno de los ecosistemas más productivos del mundo, la subsistencia de los mismos se considera en peligro, dadas las innumerables

actividades de sobreexplotación, contaminación, construcción y destrucción, entre otras que se generan a sus alrededores, frente a lo cual se han generado instrumentos de zonificación y diseño de estrategias y lineamientos para su manejo sostenible y conservación (Sánchez-Páez, *et al.*, 1997; Sánchez-Páez, *et al.*, 2000).

Especies en categorías de amenaza

Como se mencionó previamente, ninguna de la especies de mangle se encuentra en alguna categoría de amenaza nacional (Resolución 192 de 2014) o internacional (UICN), sin embargo su tendencia al decrecimiento poblacional es evidente, efecto de las actividades antrópicas.

Hábitats para la fauna y áreas de especial interés para la conservación de la diversidad observadas en campo

Daniel Sánchez

Respecto a las áreas de especial interés, se destaca el bosque denso del sector oriental, donde se presentan las cuatro especies de mangle en amplias fajas de bosque, correspondiendo lo anterior con lo presentado por Martínez, *et al.*, (2004) para esta misma zona, dada su importancia como soporte para la mayoría de los requerimientos del hábitat de la fauna asociada, como zonas de refugio, reproducción, alimentación, además de su función en las redes tróficas, entre otras. Se resalta el hecho de presentarse en este lugar, para la zona de tierra firme, constantes conflictos por el uso del suelo por parte de terratenientes, los cuales aprovechan los estiajes para cultivar en los márgenes de la ciénaga o para encausar y empozar algunos de los caños que drenan a la ciénaga, con fines de almacenamiento de agua para el ganado y los cultivos.

Además de este, en el sector norte en cercanías al puerto de La Boquilla donde se presenta la Vía al Mar, que conecta a la ciudad de Cartagena con Barranquilla, se presenta un sector de aguas bajas denominado por los pobladores como “El playón de las aves”. Dicha área se presenta como de especial interés al servir como fuente de alimentación para un gran número de especies de aves, por lo cual funciona como sitio de especial interés para recorridos ecoturísticos. Dada la importancia para el establecimiento de las poblaciones de aves, la Asociación para el estudio y conservación de las aves acuáticas en Colombia – Calidris, realiza anualmente inventarios de aves con especial interés en especies migratorias tanto boreales como australes. Así mismo, la Fundación Ecoprogreso destaca su preocupación por la posible ampliación a la doble calzada de la mencionada Vía al Mar, cuyos posibles trazados pueden estar sobre esta zona de especial interés.

Análisis ecológicos (redes tróficas)

Daniel Sánchez y Diana Pérez

Roldán (2008), resume las principales características de la red trófica de los ecosistemas estuarinos, describiendo la vía detrítica como la base más importante para activar los procesos de transferencia de energía en el ecosistema. Esta vía inicia con la transformación en detritus de la hojarasca que cae al agua, al ser fragmentada por anfípodos y cangrejos, llegando a convertirse en partículas de alrededor de 2 mm. Este detritus entra en suspensión en el agua en forma de proteína, que es consumida por ostras, crustáceos, camarones y peces entre otros, los cuales son a su vez, presas de carnívoros inferiores. Todos estos productores secundarios son finalmente consumidos por peces, reptiles, aves y mamíferos de tercer y cuarto orden.

La funcionalidad de esta vía a través de la cual se transfiere la energía en el ecosistema, se basa en la alta productividad del mangle, al ser tal vez el sistema más productivo conocido, por encima de los arrecifes coralinos y la selva tropical (Roldán, 2008).

DISCUSIÓN

Establecimiento de límites del humedal Ciénaga de La Virgen

Límites físicos

Omar Mercado

En la Figura 13, se hace una aproximación de los límites físicos del humedal ciénaga La Virgen, como se puede observar dentro de estos límites se incluyen zonas urbanizadas, playas y llanuras inundables, pero no parece incluir las cuencas del drenaje colindantes a la ciénaga y que vierten sus aguas directamente en ella, la razón es que estas cuencas ya por sí solas constituyen sistemas independientes, pero lo que debe asegurarse es que el aporte de estos hacia la ciénaga por los cauces y desembocaduras se mantengan. El desarrollo urbanístico de Cartagena, parece ir en contra de los límites físicos propuestos para el humedal ciénaga La Virgen, y se constituye en el factor de mayor influencia en la dinámica y morfología de la ciénaga.

Limites biológicos I (macroinvertebrados)

Diana L. Pérez

Las adaptaciones que poseen los macroinvertebrados al medio ambiente son fundamentales para la distribución de estos dentro de un ecosistema, es así como se pueden encontrar macroinvertebrados como los hidrozoos, los turbelarios, los anélidos y los moluscos, entre otros que pasan toda su vida siendo acuáticos (Roldán & Ramírez, 2008), otros por el contrario, se desarrollan totalmente en tierra o pueden tener ciclos de vida transicionales en donde las primeras etapas de su desarrollo la realizan en el agua para posteriormente emerger como adultos y terminar su etapa reproductiva en aire o tierra.

Estos condicionamientos ambientales obligan de alguna manera a los organismos a desarrollar adaptaciones estructurales y funcionales que garanticen su subsistencia (Roldán & Ramírez, 2008). Generalmente, aquellos organismos que cumplen una parte de su desarrollo en el agua se mantienen cerca de esta sin importar su estadio, un ejemplo de esta dinámica se presenta en los Odonatos, quienes al emerger como adultos y tener la capacidad de tener largos periodos de vuelo y a su vez desplazarse grandes distancias (principalmente Anisopteras), pueden ser observados siempre en cercanías a cuerpos de agua ya sea para poner sus huevos o para adquirir alimento mediante la caza (Heckman, 2006; 2008).

Muchos humedales están sometidos a dinámicas de inundación y descarga, por lo que se presentan variaciones del espejo de agua, aumentando o disminuyendo su área; son estas variaciones las que generan cambios en las composiciones de la vegetación circundante y por ende la composición de la fauna acuática. Algunas de estas dinámicas implican aumentos en la composición de especies de macroinvertebrados acuáticos en épocas de lluvia y una disminución considerable de estos en temporada seca, así mismo ocurre con los estadios larvales para las especies semiacuáticas, aumentando considerablemente para épocas de lluvias y disminuyendo para la temporada seca contrastando con un mayor registro de adultos.

Para la Ciénaga de La Virgen se identificaron, según registros de campo e información secundaria proporcionada por la Fundación Ecoprogreso (2015), principalmente macroinvertebrados asociados a ambientes acuáticos y la presencia de una especie terrestre comúnmente observada en zonas de transición acuática-terrestre.

Para el ambiente acuático, se encontraron principalmente Moluscos de la clase bivalvia, lo cuales pueden desarrollarse en aguas de poca o mucha corriente por lo que es frecuente encontrarlos fijos al sustrato o a vegetación acuática y gastrópodos que cuentan con adaptaciones importantes como la capacidad de tolerar la desecación de ambientes dependiendo del tipo de respiración ya que este proceso de intercambio gaseoso lo hace a través de la epidermis, de tal manera que los pulmonados resisten de forma más efectiva la desecación que los Prosobranchios

por lo que se esperarían registros de pulmonados en ambientes temporales y en zonas de transición. Los Crustráceos también tienen una amplia presencia en la ciénaga

Otras adaptaciones encontradas en las comunidades registradas para el área de estudio fue la presencia de especies bentónicas sin grados de esclerotización o estructuras de sostén, por lo que dependen completamente de medios acuáticos para desarrollarse y desplazarse Fotografía 9, Fotografía 10.



Fotografía 9. Forma bentónica adaptada para vivir en ambientes acuáticos. cf. *Protodrilus* sp. 1



Fotografía 10. Formas bentónicas, Nereidae



Fotografía 11 cf. *Dynamenella* sp. con adaptaciones para desplazamiento en el sustrato

Otras formas acuáticas son aquellas que se encuentran armadas con un caparazón, como en los crustáceos, cf. *Dynamenella* sp., Fotografía 11, cuyas características fisiológicas le proporcionan cámaras de reserva de aire y flujo interno de corrientes que canalizan el agua hacia sus estructuras respiratorias.



Fotografía 12. *Brachymetra* sp. adaptaciones para desplazamientos en la superficie del agua.

También se observan organismos del neuston con adaptaciones para “patinar” sobre la superficie del agua, tal es el caso los Hemipteros registrados en el área de estudio que presentan adaptaciones como hojuelas subapicales en las patas medias que les ayudan en el desplazamiento sobre la superficie del agua y que claramente no serían apropiadas para desplazamientos terrestres **Fotografía 12.**



Fotografía 13. Odonata, forma semiacuática con ciclos de desarrollo acuático y terrestre.

Para las formas semiacuáticas, aun cuando los macroinvertebrados pueden presentar adaptaciones que les permiten colonizar diferentes ambientes y que son

útiles para determinar las condiciones ambientales predominantes, es importante tener en cuenta también los ciclos de desarrollo, ya que individuos adultos voladores que hayan cumplido sus primeras etapas de desarrollo en medios acuáticos, se mantienen vinculados a este para depositar sus huevos y comenzar un nuevo ciclo, Fotografía 13.

Para los macroinvertebrados terrestres se encontraron registros de Grillos (Orthoptera) y en menor medida arañas (Lycosidae) que pueden ser encontradas tanto en tierra firme como en ambientes acuáticos con vegetación, estas formas de vida claramente no poseen estructuras adaptadas para desarrollarse en medios acuáticos, sin embargo, pueden mantenerse en cercanías a estos dados los amplios y diversos recursos que estos medios ofrecen para alimentación.

Límites biológicos II (vegetación acuática y terrestre)

Daniel Sánchez y Paola Ortiz

La caracterización de la vegetación acuática y terrestre de la Ciénaga de La Virgen, evidenció un bosque de mangle muy homogéneo conformado básicamente por *Avicennia germinans* (mangle prieto) y *Rhizophora mangle* (mangle rojo), cuya zonación se muestra concordante con lo presentado por Cortés-Castillo & Rangel-Ch (2011), donde *Rhizophora mangle* se presenta hacia las zonas de litoral, donde hay una mayor influencia de las mareas, para lo cual se ha adaptado a anclarse a suelos inestables por medio de raíces zancoas. Después de esta se presenta *Avicennia germinans*, siempre en sectores con suelos más estables y donde no hay embates por parte de la marea, conformando grandes extensiones de bosque monoespecífico y llegando a penetrar sectores de tierra firme.

Para los objetivos de esta contribución, el establecimiento de límites del humedal con base en la vegetación, permite establecer el límite de la ciénaga en las áreas donde el bosque de mangle desaparece y es remplazado por otras coberturas vegetales. Este establecimiento de límites funcionales, sin embargo, se ve sesgado por un uso del suelo tradicional que ha llevado a la reducción de estos bosques y a transformarlos en zonas de cultivos y pastizales, con lo cual el límite de la ciénaga se presenta como artificial.

Lo anterior evidencia la urgencia en la retroalimentación de este trabajo, con base en nuevos estudios realizados en estuarios similares en mejores estados de conservación y con menores grados de antropización, pues para los sectores sur y occidente de la ciénaga, su límite a partir de la orilla corresponde con zonas totalmente transformadas (ciudad de Cartagena).

Sinergia de los aspectos físicos y bióticos para el establecimiento de límites del humedal Ciénaga de La Virgen

Daniel Sánchez

Las caracterizaciones presentadas en esta contribución para el humedal Ciénaga de La Virgen, han evidenciado desde las diferentes ópticas, sean estas físicas, limnológicas o bióticas, un grado de estrés muy alto para este cuerpo de agua, en el cual las actividades de urbanización, ganadería y cultivos se presentan como factores opuestos a los objetivos de establecer los límites funcionales, por lo que han establecido a lo largo del tiempo unos límites artificiales al ecosistema.

A pesar de lo anterior, para el sector norte y oriental de la ciénaga, se considera desde la sinergia entre los parámetros físicos y biológicos, que las playas y llanuras susceptibles a la inundación, en las cuales se establece los bosques de mangle hasta su reemplazamiento por coberturas de tierras firme, cultivos y pastizales en este caso, son el límite del humedal. Dado lo anterior, estos bosques presentan gracias a las geoformas, una inundación permanente de agua salada, sobre la cual se desarrollan importantes poblaciones de macroinvertebrados, siendo estos principalmente bentónicos o asociados a las raíces de los mangles.

La presencia de estos bosques para los ecosistemas estuarios, resulta en la base de la funcionalidad del ecosistema, al ser el soporte físico que sirve de base para el hábitat de una gran riqueza de especies, tanto acuáticas como semiacuáticas y terrestres, además de generar, gracias a su altísima productividad biológica, el desencadenamiento de la red trófica que soporta a dicha fauna asociada.

A pesar de su importancia, las actividades de urbanización, ganadería, cultivos y extracción de madera han reducido en muchas áreas al rededor de la ciénaga esta cobertura boscosa, haciendo uso incluso de las geoformas susceptibles a la inundación, razón por la cual el límite de la ciénaga propuesto se considera como artificial. Sin embargo, si se consideran las políticas de protección de ronda a partir de los límites de un cuerpo de agua, la inclusión del bosque de mangle al interior del límite de la ciénaga se aprecia como un esfuerzo para su protección y conservación.

Además de lo anterior, una ronda de protección a partir del final del bosque de mangle puede asegurar la presencia en las zonas de tierra firme de la especie herbácea *Batis marítima*, la cual en estudios para bosques de mangle en Riohacha, fue descrita como un factor muy importante al ejercer efectos positivos para la regeneración del bosque de manglar, al realizar modificación del hábitat como protección ante la radiación solar, protección ante la pérdida excesiva de humedad y protección de calentamiento excesivo de las plántulas y propágulos durante el proceso de establecimiento, con lo cual facilitan los estadios sucesionales de este bosque (Lowy & Polanía, 2004). Para esta propuesta no se incluye esta especie como parte del límite biológico del humedal, ya que fue observado en algunas pocas

partes del sector norte y aunque se esperaba registrarlo para el sector oriental, no fue posible posiblemente por la presencia de cultivos.

Propuesta del Plan de acción y uso sostenible del Humedal

Paola Ortiz

Amenazas presentes y potenciales

La ciénaga de la Virgen al igual que la mayoría de humedales, presenta un incremento anual en las amenazas de origen antrópico como son la deforestación, la pérdida del espejo de agua por la construcción de diques, canales, vías y proyectos urbanísticos al tratarse del área metropolitana de la ciudad de Cartagena, se encuentran aledaños grandes proyectos de vivienda, así como múltiples ocupaciones ilegales, el aeropuerto, la vía perimetral y demás adecuaciones urbanas que no han tenido en cuenta la dinámica del ecosistema. Adicionalmente el vertimiento de aguas servidas a la ciénaga, aumenta la generación de enfermedades infecciosas, enfermedades intestinales en los niños, así como una mayor desnutrición y mortalidad infantil. Sumado a ello la concentración de metales pesados, como el plomo, mercurio, son problemas que enfrentan las especies ícticas, pues quedan expuestas a estos contaminantes a través de los vertimientos de aguas residuales industriales, provenientes principalmente del área industrial de Mamonal, así como la exposición a los hidrocarburos aromáticos polinucleares (derivados de la utilización del petróleo y del carbón), incluso a pesticidas y fertilizantes provenientes de la industria agrícola, que se depositan en pequeños caños y zonas costeras.

La problemática de la disposición de los residuos sólidos es otro factor que genera contaminación en el ecosistema que aporta al avance de los proceso de eutrofización.

Para el año 2006 la contraloría distrital de Cartagena de Indias identifica 59 ocupaciones ilícitas que corresponde al mismo número de procesos de restitución por parte de las autoridades en los linderos de la localidad de la Boquilla sobre la margen derecha de la vía al mar entre de zonas de manglar por el norte, por el Este con la ciénaga de la Virgen a lo largo de 1700 metros y por Oeste con la vía al Mar en una distancia de 1900 metros, la forma general de la ocupación de predios esta entre 50 metros y 250 metros (CDCI, 2006).

Hawkins (1982) hacia inicios de los años ochenta alertaba sobre el rápido colmatamiento en la zona sur de la ciénaga de La Virgen y la creciente erosión continental, la tala de la franja del manglar y la contaminación urbana y agraria.

Ya desde 1985 el sistema de comunicación entre la Ciénaga de La Virgen y la Bahía de Cartagena se había perdido, ya que estas dos se comunicaban mediante una

depresión de ciénagas y caños estabilizados por densos manglares, pero que con los procesos urbanísticos y la construcción del aeropuerto terminaron por interrumpir esta comunicación y aislarlos. (Álvarez-León & Blanco Racedo, 1985).

Originalmente la ciénaga evacuaba hacia el mar su exceso de agua en el período lluvioso por varias bocas que se cerraban en la época seca, provista de abundantes manglares y de fauna. La ciénaga fue tradicionalmente asiento de poblaciones de pescadores, pero en la actualidad, por sus atributos paisajísticos, es un lugar de recreo de los cartageneros, lo cual transforma al turismo en la principal actividad laboral de muchos habitantes.

Hay información que demuestra la demanda creciente que existe por el uso de recursos naturales y servicios ambientales en la ciudad de Cartagena. Por ejemplo, la población de Colombia en los últimos años creció un 42%, mientras la de Cartagena lo hizo en un 187%, es decir, 3 veces por encima del crecimiento del país, claro está teniendo en cuenta las cifras por desplazamiento de personas en la región. (GEO, 2009).

En 1978, el traslado del mercado público de Getsemaní a Bazurto, propició la urbanización de los terrenos próximos a la Ciénaga de la Virgen. Lo anterior dio origen al crecimiento de asentamientos subnormales que se establecieron a partir del relleno de este cuerpo de agua. Parte del déficit habitacional en Cartagena se concentra en los estratos 1 y 2, es decir, la población de bajos ingresos. Estos grupos habitan en zonas de riesgo y vulnerabilidad ambiental como la Ciénaga de La Virgen, donde sus viviendas no tienen las condiciones adecuadas de habitabilidad.

Los aportes de aguas del río Magdalena a través de los canales tienen un efecto fertilizante que contribuye a la eutrofización de la bahía y transportan sedimentos que afectan la calidad y salinidad de sus aguas. De igual forma, estos vertimientos contienen compuestos tóxicos provenientes de productos agrícolas, como fertilizantes y plaguicidas (organoclorados y organofosforados), los cuales se pueden integrar a las redes tróficas que componen la gran diversidad de especies de la Ciénaga de La Virgen. El transporte de sedimentos costeros puede ser afectado por la construcción de muelles y escolleras y por actividades de dragado, que acentúan la erosión de numerosas costas. La construcción de presas reduce a veces considerablemente la cantidad de sedimentos que se desplazan hacia la costa, produciendo así una grave erosión en los deltas. Por el contrario, la deforestación y la agricultura practicadas en el interior de las tierras pueden aumentar la cantidad de sedimentos transportados hasta la costa (CRA & Ecoforest 1997).

La ciénaga ha sido por muchos años el principal cuerpo receptor de las aguas servidas de la ciudad y de los residuos sólidos utilizados para consolidar las invasiones en sus márgenes ocasionando la disminución de su espejo de agua. Se ha establecido que los rellenos son auspiciados tanto por habitantes de bajos ingresos que buscan obtener espacios habitables, como por sectores influyentes

que aspiran a expandir las áreas de construcción en sitios que ofrecen servicios paisajísticos de alto valor económico.

Propuesta del Plan de manejo

La implementación de los programas de Protección, restauración y desarrollo sostenible se deben implementar áreas acordes al uso del ecosistema y de las actividades socioeconómicas circundantes, se propone la adopción de las siguientes categorías:

1. Áreas de preservación y protección ambiental

- Uso principal: Forestal protector (Se refiere al mantenimiento de cobertura vegetal en su estado actual. En los humedales existen zonas donde la vegetación original corresponde a comunidades de especies acuáticas no forestales)
 - ✓ Uso compatible:
 - ✓ Investigación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos
 - ✓ Procesos de educación ambiental.
 - ✓ Extracción de productos secundarios del bosque (frutos, látex, tintes, cogollos de palma estera)
 - ✓ Uso condicionado:
 - ✓ Recreación pasiva.
 - ✓ Mantenimiento de equipamientos preexistentes.
 - ✓ Pesca artesanal
- Uso prohibido: Los no contemplados dentro de los usos principales, compatibles y condicionados.

2. Áreas de recuperación ambiental

- Uso principal: Restauración de los ecosistemas originales o rehabilitación/recuperación de la estructura y la función de la cobertura vegetal.
- Uso compatible:
 - ✓ Investigación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos
 - ✓ Procesos de educación ambiental.
 - ✓ Extracción de productos secundarios del bosque (frutos, látex, tintes, cogollos de palma estera)

- Uso condicionado:
 - ✓ Aprovechamiento forestal de especies exóticas
 - ✓ Pesca artesanal ()
 - ✓ Recuperación hidrogeomorfológica para control y manejo de inundaciones
 - ✓ Infraestructura requerida para actividades de monitoreo hidrometeorológico, ambiental (calidad de agua, suelo, aire) y de amenazas y riesgos.
 - ✓ Infraestructura de servicios públicos domiciliarios, sujeto a la aprobación por parte de la autoridad ambiental.

- Uso prohibido: Los no contemplados dentro de los usos principales, compatibles y condicionados.

3. Áreas de producción sostenible bajo condicionamientos ambientales específicos

- Uso principal: Agrícola y pecuarios tradicionales (incluye sistemas agroforestales y silvopastoriles)

- Uso compatible:

- ✓ Forestal productor (bajo esquemas de producción sostenible de bajo impacto ambiental que contribuyan a la conectividad de los ecosistemas, al mantenimiento de los servicios ecosistémicos como la polinización y la regulación de plagas y pestes, a la regulación hídrica y a la conservación del suelo). Procesos de educación ambiental.
- ✓ Vivienda del propietario
- ✓ Ecoturismo, etnoturismo y agroturismo.
- ✓ Recuperación hidrogeomorfológica para control y manejo de inundaciones.

- Uso condicionado:

- ✓ Mantenimiento de equipamientos y de la red vial preexistentes.
- ✓ Instalaciones públicas rurales destinadas a brindar servicios de educación básica y puestos de salud a los pobladores rurales a escala local.
- ✓ Infraestructura requerida para actividades de monitoreo hidrometeorológico, ambiental (calidad de agua, suelo, aire) y de amenazas y riesgos.
- ✓ Infraestructura de servicios de telecomunicaciones
- ✓ Infraestructura de servicios de seguridad ciudadana
- ✓ Infraestructura de servicios públicos domiciliarios, a excepción de infraestructura para la disposición final de residuos sólidos, sujeto a la aprobación por parte de la autoridad ambiental.
- ✓ Captación de aguas o incorporación de vertimientos sujetos a la normatividad vigente y aprobación por parte de la autoridad ambiental.
- ✓ Construcción de infraestructura de apoyo para actividades de recreación, embarcaderos, puentes y obras de adecuación, desagües de instalaciones de acuicultura sujetos a la aprobación de la autoridad ambiental competente.

- ✓ Infraestructura de apoyo para los usos previstos como principales, y compatibles

La infraestructura debe asegurar una impermeabilización mínima del suelo de manera que no se afecten los procesos de infiltración y debe asegurar que no se generen contaminantes que puedan infiltrarse al agua subterránea o que contaminen el agua superficial.

Actualmente el Plan de Manejo de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de la Virgen se define acciones complementarias para asegurar la conservación estricta de un segmento de los manglares, que sirva con un carácter protector, para garantizar la oferta de bienes ambientales en el resto de la ciénaga, es decir para garantizar su uso racional y sostenible de la producción primaria bruta y para permitir a los habitantes del humedal, seguir alimentándose en el largo plazo. La ciénaga por el costado sur es el límite urbano de la Cartagena. En lo posible, no sería conveniente perpetuar y aceptar el crecimiento de la ciudad por el costado oriental del espejo del agua del humedal y de sus cinturones de manglar, ya que se condenaría a este importantísimo ecosistema a un deterioro significativamente mayor. Si bien es cierto que son muy limitadas las posibilidades de la ciudad de Cartagena para poder expandirse a otros frentes, la ciudad y las autoridades ambientales deben considerar también la fuertes limitaciones institucionales y financieras para poder hacer frente a todas y cada una de las acciones previstas por el Macroproyecto Ciénaga de la Virgen del Plan de Ordenamiento territorial del Distrito.

La aprobación del Plan Parcial y de la Zona de Expansión Urbana tendrá que revisarse con mucho cuidado al tenor de los requerimientos ambientales de un ecosistema que si bien está afectado en su condición y calidad actual, puede aún revertirse y definir más claramente si se quiere un ecosistema natural o un ecosistema artificializado enteramente. Una de las consideraciones más importantes en este plan tiene que ver con el propósito de mantener a toda costa el carácter de estuario de la ciénaga, antes que privilegiar el proceso ya iniciado de transformación de la misma como laguna marina costera. Es un hecho incontrovertible que como Estuario el ecosistema es mucho más productivo y biodiverso. Como Laguna Marina Costera, su productividad decae en una relación de 1 a 20 posiblemente (POMCH, 2004). Se sugiere un manejo integrado en el tema de la pesca y preferiblemente que ésta se haga solo con carácter de aprovechamiento comunitario y artesanal.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La propuesta para el establecimiento de límites del humedal Ciénaga de La Virgen bajo la sinergia de los criterios geomorfológicos, hidrológicos y biológicos, evidencio unas fuertes problemáticas ambientales, bajo las cuales los límites del humedal se presentan como artificiales en todo su perímetro. A pesar de lo anterior y en concordancia con las estrategias y lineamientos para el manejo sostenible y

conservación de los bosques de mangle, se incluye esta cobertura vegetal como el límite del humedal, de forma tal que las políticas de franja paralela de protección, permitan el establecimiento de zonas de amortiguación necesaria para su protección y regeneración.

AGRADECIMIENTOS

A las Fundación Ecoprogreso y su trabajo con las comunidades del área de influencia de la Ciénaga de la Virgen. A las autoridades regionales y Policía Nacional por facilitar el trabajo de campo con su constante apoyo y hospitalidad.

REFERENCIAS

Alcaldía mayor de Cartagena de Indias, Secretaría de Planeación Distrital. (2010). Valoración de los Niveles de Riesgos Ambientales en el Distrito de Cartagena. INFORME FINAL DIAGNÓSTICO, LÍNEA BASE AMBIENTAL CARTAGENA DE INDIAS. TOMO II; Diagnóstico Ambiental Cartagena.

Álvarez, J. P. 2013. Aspectos limnológicos (Físico-química, fitoplancton y zooplancton) de las ciénagas de Zapatos, Mata de Palma y la Pachita (Caribe Colombiano) y su relación con la fluctuación en el nivel hidrométrico. Talking Shop: The Language Of Craft In An Age Of Consumption&Nbsp. En: Colombia ISBN: 978-958-761-506-7 ed: Instituto De Ciencias Naturales Universidad Nacional De Colombia , v. , p.393 - 451 ,2013

Álvarez, R. L. 2003. Los manglares de Colombia y la recuperación de sus áreas degradadas: revisión bibliográfica y nuevas experiencias. Madera y Bosques, vol. 9, núm. 1, primavera, 2003, pp. 3-25, Instituto de Ecología, A.C. México.

Álvarez-León, R. & J. Blanco-Racedo. Composición de las Comunidades Ictiofaunísticas de los Complejos Lagunares Estuarinos de la Bahía de Cartagena, Ciénaga de Tesca y Ciénaga Grande de Santa Marta. En: A. Yañez-Arancibia (Ed) Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration, 1985. 654 p. Dr (R) UNAM Press México, ISBN 968-837-618-3.

Anderson. 1976, Lambin, E., Geist. H. (2006). *Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts*. Berlin, Alemania: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), WPCF (Water Environment Federation). 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater 20th ed. prepared and published jointly

by; joint editorial board, Lenore S. Clesceri, Arnold E. Greenberg, Andrew D. Eaton ; managing editor, Mary Ann H. Franson. Washington, D.C.

Arias, F. & J. Durán. Variación Anual del Fitoplancton en la Bahía de Cartagena. Boletín Científico. En: Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. 1984. CIOH (5): 61-116. Disponible en: <http://www.cioh.org.co/index.php/coleccion-boletin-cientifico>. [citado el 8 de diciembre de 2014].

Atencio, L., Gutierrez, L. & S. Gaviria. Copépodos Planctónicos del Complejo Cenagoso de Malambo (Atlántico, Colombia) y su Relación con algunos Factores Físicos y Químicos del Agua. Revista Dugandia, 2005. Vol. 1 (2): 17-38 pp. Disponible en: http://www.uniatlantico.edu.co/uatlantico/sites/default/files/publicaciones/pdf/arc_716.pdf. [citado el 8 de diciembre de 2014].

Beltrán, P. Bocana Estabilizada de Marea como Proceso Aeróbico de Autodepuración de la Ciénaga de la Virgen. Seminario Internacional sobre Métodos Naturales para el Tratamiento de Aguas Residuales. 2003. Universidad del Valle/Instituto Cinara 59-64pp. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/agua2003/depu.pdf>. [citado el 8 de diciembre de 2014].

Castro, L. A. 1997. Estudio de la contaminación por pesticidas en ecosistemas costeros en el área de Cartagena, Ciénaga de la Virgen y zona agrícola adyacente. Boletín Científico CIOH No 18. Pags 15-22. Diciembre 1997.

Castro, L.A., Piermattey, J., Torres, J., Tuchkovenko, Y. & M.V. Velez. Cinética de Procesos Químicos en la Ciénaga de Tesca. Boletín Científico. En: Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. 2002. CIOH (20): 68-78. Disponible en: <http://www.cioh.org.co/index.php/coleccion-boletin-cientifico>. [citado el 1 de diciembre de 2014].

Colombia. Ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), Corporación Autónoma Regional de Canal de Dique (CARDIQUE), “El Estudio De La Bocana Estabilizada En La Ciénaga De La Virgen Cartagena Colombia”, Cartagena de indias, 2001.

CIOH. Climatología de los principales puertos del Caribe colombiano. Bicentenario de la Independencia de Colombia 1810-2010. (2010). Cartagena de indias, D.T.y C. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. Escuela Naval “Almirante Padilla”. Dirección General Marítima, DIMAR. Disponible en: <http://www.cioh.org.co/meteorologia/Climatologia/Climatologia%20Cartagena.pdf>. [citado el 8 de diciembre de 2014].

CONSERVACIÓN INTERNACIONAL - CARDIQUE. Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCH) de la Ciénaga de la Virgen. 2004. En: GEO. Cartagena: Perspectivas del Medio Ambiente Urbano. Publicado por el

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Alcaldía de Cartagena de Indias, el Establecimiento Público Ambiental de Cartagena-EPA Cartagena y el Observatorio del Caribe Colombiano. 2009. ISBN 978-958-98917-0-4. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/7096498/01-Plan-to-y-Manejo-Cuenca-Cienaga-de-La-Virgen>. [citado el 1 de diciembre de 2014].

Cortés-Castillo, D. Rangel-Ch. J. 2011. Los bosques de mangle en un gradiente de salinidad en la bahía De cispatá - boca tinajones, departamento de Córdoba-Colombia. *Caldasia*, Vol. 33, núm. 1 (2011).

CRA-UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO. Diagnóstico Ambiental y Estrategias de Rehabilitación de la Ciénaga de Luruaco, Atlántico. Corporación Autónoma Regional del Atlántico. Universidad del Atlántico. 2012. Facultad de Ciencias Básicas - Grupo de Investigación Biodiversidad del Caribe colombiano. Disponible en: <http://www.luruaco-atlantico.gov.co/apc-aa>. [citado el 23 de diciembre de 2014].

Estrada, A. 2007. Estructura y Algunos Apuntes Sobre La Fauna Asociada A Las Raíces De *Rhizophora mangle* (L., 1773) En La Ciénaga De Cholón, Isla Barú,

Fundación Ecoprogreso. 2014. Informe de Ejecución, Bioconteo Ciénaga de La Virgen. Julio 26 Día Mundial Por La Defenza Del Manglar. Cartagena de Indias.

Gentry, A. 1988. Patterns of plant community diversity on geographical and environmental gradients. *Ann. Missouri Bot. Gard.* **75**: 1-52.

GEO, 2009. Cartagena: Perspectivas del Medio Ambiente Urbano. Publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Alcaldía de Cartagena de Indias, el Establecimiento Público Ambiental de Cartagena - EPA - Cartagena y el Observatorio del Caribe Colombiano. ISBN 978-958-98917-0-4. Disponible en: <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/2009%20-%20GEO%20Cartagena.pdf>. [citado el 8 de diciembre de 2014].

Hall, L. Krausman, P. and Morriso, M. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin* 1997, 25(1):173-182

Hawkins, F. A. Estudio Preliminar de La Ciénaga de Tesca. Universidad Jorge Tadeo Lozano-COLCIENCIAS. 1982. Disponible en el catálogo en línea: <http://unicornio.utadeo.edu.co/uhtbin/cgiirsi/?ps=kyot9YvEYQ/GENERAL/158530008/9>. [citado el 8 de diciembre de 2014].

Heckman, C. W. 2006. *Encyclopedia of South American Aquatic Insects: Odonata - Anisoptera. Illustrated Keys to Known Families, Genera, and Species in South America.* Springer, Dordrecht, The Netherlands. 725 pp.

Heckman, C.W. 2008. Encyclopedia of South American aquatic insects: Odonata - Zygoptera: Illustrated Keys to Known Families, Genera, and Species in South America. Springer, 2008 - 687 p.

Herrera, M. Contribución al Diagnóstico Ambiental de la Ciénaga de la Virgen, Cartagena. 1998. Trabajo de Grado (Químico Farmacéutico). Universidad de Cartagena, Facultad de Ciencias, Químicas y Farmacéuticas. Programa de Química y Farmacia. En: GEO. Cartagena: Perspectivas del Medio Ambiente Urbano. Publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Alcaldía de Cartagena de Indias, el Establecimiento Público Ambiental de Cartagena-EPA Cartagena y el Observatorio del Caribe Colombiano. 2009. ISBN 978-958-98917-0-4. Disponible en: <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/2009%20-%20GEO%20Cartagena.pdf>. [citado el 8 de diciembre de 2014].

IDEAM. Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia. 2013. Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, noviembre de 2013, Bogotá, D. C., Colombia. ISSN. 2346-4720. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/022655/MEMORIASMAPAZONIFICACIONHIDROGR%C3%81FICA.pdf>. [citado el 8 de diciembre de 2014].

INVEMAR. Diagnóstico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y en el Pacífico Colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – REDCAM. 2007. Invemar. Santa Marta. Disponible en: <http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/7010manualTecnicasanaliticas..pdf>. [citado el 8 de diciembre de 2014].

IGAC - 1975. (2004). Estudio General de Suelo y Zonificación de Tierra, Departamento de Bolívar. Segunda Edición. Bogota, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

IGAC. 2008. Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena & Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Mapa de la Cobertura de la Tierra, Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000

INGEOMINAS. (2001). Planchas: 23 Cartagena, Memorias explicativas, Escala 1:100.000. Bogotá, Colombia.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. (2010). Sistemas Morfogénicos del Territorio Colombiano. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá, 252 pág., 2 anexos, 26 planchas.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. 2007. Circulación General De La Atmósfera. Informe Final Seguimiento De Las Condiciones Meteorológicas Y Oceanográficas En El Caribe Colombiano. Cartagena: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

LABORMAR. 2015. Informe de Resultados y Análisis de Muestras Ambientales. reporte de análisis 1009. Barranquilla.

Longo, M. Lasso, C. A. 2014. Macroinvertebrados acuáticos. En Informe Criterios biológicos y ecológicos: aportes para la identificación, caracterización y delimitación de los humedales interiores de Colombia. Lasso, C. A., Gutiérrez F. P. y Morales-B, D. Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Fondo Adaptación. Convenio 13-014 (FA 005 de 2013).

Lowis, P. D. Polania, J. 2004. Función de *Batis maritima* en la regeneración del manglar en Riohacha Guajira, Caribe Colombiano. Acta Biológica Colombiana, Vol 9 No. 2, 2004 75.

Maldonado, W., Baldiris, L. & J. Díaz. Evaluación de la Calidad del Agua en la Ciénaga de La Virgen (Cartagena-Colombia), durante el Periodo 2006-2010. Revista Científica Guillermo de Ockham. 2011. Vol. 9, No. 2. 79-87 pp. ISSN: 1794-192. Disponible en: http://investigaciones.usbcali.edu.co/ockham/images/volumenes/Volumen9N2/vol9n2_06.pdf. [citado el 8 de diciembre de 2014].

Martínez, J. Forero, R. Hidalgo, M. Ruiz, T. Arroyo, M. Calderón, G. Duque, G. 2004. Estado de los estuarios y manglares en Colombia. (125-146). En: INVEMAR. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2004. Santa Marta. 203 p.

Mendoza, C., Angulo, I & G, Paba. 2010. Mangles de Cartagena de Indias: “Patrimonio Biológico y Fuente de Diversidad”. Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco. Facultad de Ingenierías, Programa de tecnología e Ingeniería Ambiental. Cartagena, Colombia.

Montoya, Y. & N. Aguirre. Cambios Nictemerales de Variables Físicas y Químicas en la Ciénaga de Paticos, Complejo Cenagoso de Ayapel, Colombia. Revista Biología Tropical. 2009. Vol. 57 (3): 635-646 pp. ISSN-0034-7744. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442009000300014. [citado el 8 de diciembre de 2014].

Morales-B, D. Gutiérrez, F. Lasso, C. 2014. Humedales: Identificación y definiciones. En Informe Criterios biológicos y ecológicos: aportes para la identificación, caracterización y delimitación de los humedales interiores de Colombia. Lasso, C. A., Gutiérrez F. P. y Morales-B, D. Instituto de Recursos

Biológicos Alexander von Humboldt y Fondo Adaptación. Convenio 13-014 (FA 005 de 2013).

Municipio De Cartagena, Caribe Colombiano. Tesis de Grado, Universidad De Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Facultad De Ciencias Naturales. Bogotá - Santa Marta

Pagliardini, J. M. Gómez, H. Gutierrez, S. Zapata. A. Jurado, J. Garay & G. Vernet. Síntesis del Proyecto Bahía de Cartagena. Boletín Científico. 1982. CIOH (4): 49-110 pp. ISSN 0120-0542. Disponible en: <http://www.cioh.org.co/index.php/coleccion-boletin-cientifico>. [citado el 8 de diciembre de 2014].

Pérez, A., Rivera, M., Herrera, D., Navarrete, F & L, Camargo. 2002. Política Nacional para Humedales interiores de Colombia Estrategias para su conservación y uso sostenible. Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá D.C., julio de 2002.

Pinilla, G. & J. Duarte. La importancia de las Ciénagas del Canal del Dique y la Determinación de su Estado Limnológico. CORMAGDALENA-Universidad Nacional de Colombia. 2006. Informe cm. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/3489/>. [citado el 8 de diciembre de 2014].

Plata, J., Campos, N.H. & G. Ramírez. Flujo de Compuestos Organoclorados en las Cadenas Tróficas de la Ciénaga de Santa Marta. Caldasia. 1993. Vol. (17): 199-204. Disponible en: www.revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/download/.../18050::pdf. [citado el 8 de diciembre de 2014].

POMCH Ciénaga de la Virgen. (2004). Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica de la Ciénaga de la Virgen. Cartagena: Corporación Autónoma y Regional del Canal del Dique, CARDIQUE.

Ramos-Ortega, L. M., L. Vidal, Vilaridy, J. & L. Saavedra-Díaz. Análisis de la Contaminación Microbiológica (Coliformes Totales y Fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe colombiano. Acta Biológica Colombiana, 2008. Vol 13 No. 3. 87-89 pp. Disponible en: <http://www.virtual.unal.edu.co/revistas/actabiol/PDF's/v13n3/v13n3a7.pdf>. [citado el 8 de diciembre de 2014].

Rangel-Ch., J.O. & A. Velásquez. 1997. Métodos de estudios de la vegetación. En: J.O., Rangel-Ch. (ed). Colombia Diversidad Biótica II. Tipos de vegetación en Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. Pp 59- 87.

Rangel-Ch., J.O. 2012. La vegetación de la región Caribe de Colombia: Composición florística y aspectos de la estructura. En: J. O. Rangel-Ch. (ed.).

Colombia Diversidad Biótica XII. La Región Caribe de Colombia: 365-476. Universidad Nacional de Colombia- Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá D.C.

Rangel, O. Las Ciénagas del Departamento del Cesar: Zapatosa y Ciénagas del Sur, Biodiversidad y Conservación. J. Orlando Rangel Ch. (Editor). CORPOCESAR- Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. . 2012 Disponible en: http://www.academia.edu/5911075/Las_ci%C3%A9nagas_del_departamento_del_Cesar_Zapatosa_y_Ci%C3%A9nagas_del_SurBiodiversidad_y_Conservaci%C3%B3n. [citado el 8 de diciembre de 2014].

Rodríguez, E & Fernández, H. R (Eds.). 2009. Macroinvertebrados bentónicos suramericanos. Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. 656 pp.

Roldan, P. G. & J. J. Ramírez. 2008. Fundamentos de Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia, Medellín.

Sánchez-P., H., R. Álvarez-L., F. Pinto-N., A. Sánchez-A., J.C. Renjifo, I. García-H. & M.T. Acosta-P. 1997. Diagnóstico y zonificación preliminar de los manglares del Caribe Colombiano. Ministerio del Medio Ambiente, OIMT. 511 pp. Bogotá D.C.

Sánchez-P., H., G. Ulloa-D. & R. Álvarez-L. 2000. Lineamientos estratégicos para la conservación y uso sostenible de los manglares de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente, ACOFORE, OIMT. 290 pp. Bogotá. D.C.

Sánchez, R., G. Vargas, González, H. & D. Pabón. Los Fenómenos Cálido del Pacífico (El Niño) y Frio del Pacífico (La Niña) y su incidencia en la estabilidad de las laderas en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2011. III Simposio Panamericano de Deslizamientos. Cartagena. 9-12 pp. Disponible en: <http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/55628/55628.pdf>. [citado el 8 de diciembre de 2014].

Santos-Martínez, A., & S. Arboleda. Aspectos Biológicos y Ecológicos del Macabí *Elops saurus* Linnaeus (Pisces: Elopidae) en la Ciénaga Grande de Santa Marta y Costa Adyacente, Caribe colombiano. An. Invest. Mar. Punta Betín. 1993. Vol. (22): 77-96 pp. ISSN 0120-3959. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v22n1/v22n1a07.pdf>. [citado el 8 de diciembre de 2014].

Soldano, A. (2009). Inundaciones. ¿Qué es susceptibilidad? Síntesis temática, Foro virtual de la RIMD, Capacitación en teledetección aplicada a la reducción del riesgo por inundaciones. CONAE y Departamento de Desarrollo Sostenible de la Secretaria General de la OEA.

Tijaro, R., Rueda, M. & A. Santos-Martinez. Dinámica Poblacional del Chivo Mapale *Cathorops expixii* en la Ciénaga Grande de Santa Marta y Complejo de Pajarales, Caribe colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost. 1998. Vol (27): 87-102 pp. ISSN 0122-9761. Disponible en: http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/Vol24-27/BIMC_27_07A_TIJARO.pdf. [citado el 8 de diciembre de 2014].

Tuchkovenko, Y., Lonin, S. & C. A. Calero. Alternativas de Solución para el Problema de Eutroficación en la Ciénaga de Tesca. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas. 2001. CIOH (19): 23-37pp. Disponible en: <http://www.cioh.org.co/index.php/coleccion-boletin-cientifico>. [citado el 8 de diciembre de 2014].

Verstappen, H. & Van Zuidam. 1992. El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos, Una base para la evaluación de recursos y riesgos naturales. Revised ed. Enschede, ITC Publ. 10.

Vilardy, S., Jaramillo, Ú., Flórez, C., Cortés-Duque, J., Estupiñán, L., Rodríguez, J. Aponte, C. (2014). Principios y criterios para la delimitación de humedales continentales: una herramienta para fortalecer la resiliencia y la adaptación al cambio climático en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, 100 pág.

ANEXOS

ANEXO A. Catálogo fotográfico local de especies.

ANEXO B. Base de datos de los registros georreferenciados.

ANEXO C. Base de datos Darwin Core (SIB-Colombia).

ANEXO D. Copia de la Bibliografía.

ANEXO E. Cartografía.

ANEXO F. Resultados Laboratorio (Caracterización físico-química).