

INFORME FINAL
**“REVISIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DE LOS SISTEMAS
ACUÁTICOS DE LA REGIÓN DE LA MOJANA”**

**ESTE DOCUMENTO HACE PARTE DE LA
ACTIVIDAD B:**

**ESTUDIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE UN CANALA PARALELO A LA VÍA
EXISTENTE ENTRE SAN MARCOS - MAJAGUAL - ACHÍ
OCTUBRE DE 2011**

John Fredy Torres¹ y Gabriel A. Pinilla²

**FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ**

¹ Estudiante Maestría en Ciencias Biología, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia

² Profesor Asociado, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN
2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO
 - Geología de La Mojana
 - Clima
3. TIPOS DE ECOSISTEMAS E HIDROGRAFÍA DE LA MOJANA
 - Tipos de Ecosistemas
 - Red Hidrográfica
 - Río Magdalena
 - Río Cauca
 - Río San Jorge
 - Caño Mojana
 - Caño Rabón
 - Caño San Matías (Viloria)
4. COMPLEJOS CENAGOSOS DE LA MOJANA
 - Complejo bajo San Jorge -Brazo de Loba – Bajo Cauca - Caño Pancegüita
 - Complejo caño Pancegüita - caño Mojana
 - Complejo caño Mojana
 - Complejo de Ayapel
5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DE LA REGIÓN DE LA MOJANA
 - Traspacidad
 - Temperatura del agua
 - pH
 - Oxígeno Disuelto
 - Porcentaje de saturación de oxígeno (%)
 - Dureza Total
 - Dióxido de Carbono (CO₂)
 - Nitrógeno Amoniacal (NH₃)
 - Cloruros
6. EVALUACIÓN DE ALGUNAS VARIABLES REGISTRADAS DURANTE EL PRESENTE ESTUDIO
 - Parámetros físico químicos
 - Temperatura
 - Conductividad
 - pH
 - Nitrógeno total y Fosforo total
 - Oxígeno disuelto
 - Clorofila
7. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE ALGUNOS COMPLEJOS CENAGOSOS
 - Curvas de capacidad profundidad – área – volumen de las

Ciénagas

8. COMUNIDADES PLANCTÓNICAS
9. COMUNIDADES PERIFÍTICAS
10. MACRÓFITAS ACUÁTICAS
11. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS
12. PECES Y PESQUERÍAS
 - Composición y abundancia de las capturas
 - Captura total y captura por unidad de esfuerzo pesquero (CUEP)
13. INDICE DE ESTADO LIMNOLÓGICO
 - Variables para la determinación del estado actual de las ciénagas
 - Resultados de la aplicación del IELP
14. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LOS CUERPOS DE AGUA
 - Metales pesados (Mercurio principalmente)
15. CARENCIAS DE INFORMACIÓN
16. CONCLUSIONES
17. BIBLIOGRAFÍA
18. ANEXOS

1. INTRODUCCIÓN

Los humedales son sistemas complejos que poseen características físicas, químicas y biológicas asociadas con un régimen hídrico ya sea de forma temporal o permanente, (Bravo y Windevoxhel 1997). En la región Caribe se encuentran dos de los complejos de humedales más importantes del país, la Depresión Momposina y la Cuenca del río Sinú. Tales planicies de inundación se consideran zonas estratégicas para el país, pues funcionan como reguladoras del caudal de los ríos Cauca, Magdalena, Cesar, San Jorge y Sinú, y son generadores de una alta productividad de recursos hidrobiológicos de gran importancia para la economía regional (Carvalho *et al.* 2001). La Mojana es una subregión de la Depresión Momposina que actúa específicamente como reguladora de tres grandes ríos: el Magdalena, el Cauca y el San Jorge. Los humedales ubicados en La Mojana son fundamentales en la amortiguación de inundaciones, pues facilitan la decantación y la acumulación de sedimentos, que son funciones indispensables en la regulación ambiental y en el equilibrio ecológico para la Costa Caribe y para el país (Aguilera 2004). Además, varias comunidades locales hacen uso de sus aguas en acueductos y distritos de riego.

Estos ecosistemas acuáticos se encuentran afectados por diversos tipos de deterioro ambiental, entre los cuales se pueden mencionar la contaminación de las aguas y la eutrofización, la alteración de la dinámica hídrica por prácticas de manejo inadecuadas, el fraccionamiento del hábitat, y el desconocimiento de su biodiversidad y de sus valores histórico-culturales, entre otros (MINAMBIENTE 2002).

El presente documento constituye una recopilación de la información existente sobre las características limnológicas de las ciénagas que hacen parte del complejo hidrológico de La Mojana. Se incluye información nueva registrada *in situ* y en laboratorio durante el desarrollo del estudio, así como un análisis de estado limnológico de algunas ciénagas de la región. El objetivo es establecer el estado actual del conocimiento sobre los sistemas lénticos de dicha región, con base en la información secundaria disponible y en la información adquirida en campo. Dicha información es importante para la toma de decisiones sobre la construcción del canal paralelo y la adecuación de otros caños y ciénagas de la región.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La Mojana comprende once municipios en cuatro departamentos: Antioquia (Nechí); Bolívar (Magangué, Achí y San Jacinto del Cauca); Córdoba (Ayapel) y Sucre (San Marcos, Guaranda, Majagual, Sucre, Caimito y San Benito Abad), que suman una extensión aproximada de 513,464 Has. Está delimitada geográficamente al oriente por el río Cauca, al occidente por el río San Jorge y la ciénaga de Ayapel, al nororiente por el Brazo de Loba del río Magdalena, y al sur por las tierras altas de Cauca y de la serranía de

Ayapel. Se encuentra entre los 8° 00' y los 9° 30' de latitud norte y entre los 75° 15' y los 73° 45' de longitud oeste (Aguilera 2004) (Figura 1).

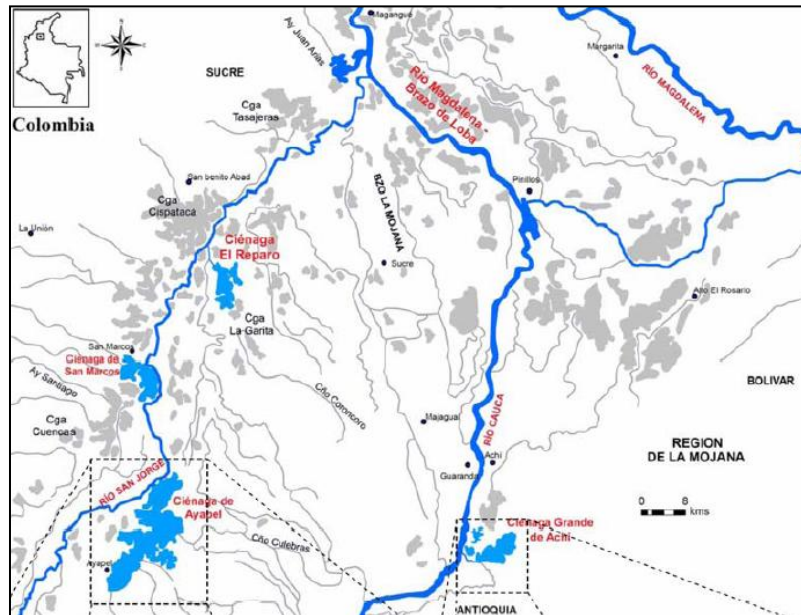


Figura 1. Localización de la región de La Mojana (Tomado de Marrugo 2007)

La zona más baja (norte) se caracteriza por permanecer inundada durante un promedio de seis meses al año, mientras que en la región intermedia las inundaciones tienen una duración entre cuatro y tres meses. En la zona más alta (sur) las inundaciones son inferiores a tres meses (INVIAS-MINTRANSPORTE 2002).

Geología de La Mojana

La topografía de La Mojana es plana, con una cota superior hacia el sur, de cerca de 36 metros sobre el nivel del mar (msnm) y una inferior hacia el norte, de cerca de 16 msnm, formando una pendiente imperceptible en una distancia cercana a 115 kilómetros. Debido a su topografía el paisaje está dominado por la presencia de ciénagas interconectadas por medio de caños con zonas cuya inundación es fluctuante, que son denominadas playones si están alrededor de una ciénaga, u orillares y vegas si se ubican en las inmediaciones de los caños (Aguilera 2004). A nivel geológico regional, la zona está rodeada por el cinturón de San Jacinto (norte y occidente) y la serranía de San Lucas (al oriente). Al sur se encuentran terrazas de origen fluvial y al norte depósitos más recientes del río Magdalena (Brazo de Loba) (Forero *et al.* 1997, Ballesteros 1983, INVIAS-MINTRANSPORTE 2002).

La región de La Mojana es una gran planicie de inundación reciente, bordeada por colinas pertenecientes a las cuencas de los ríos San Jorge, Cauca, Nechí y Caribona, donde se conjugan una gran variedad de geoformas (diques, zapales, ciénagas, madre viejas) y procesos (avulsión, sedimentación, abandonos de cauce, formación de barras e islas, formación de efluentes, ruptura de diques naturales y artificiales, etc.) típicos de un paisaje fluvial activo. A pesar del fuerte control estructural y litológico del río Cauca, su movilidad en las últimas décadas es bastante alta. Procesos como la formación y migración de islas, cambios y abandonos de su curso, rompimientos e inundaciones frecuentes, evidencian la gran actividad de la fuente principal de agua y sedimentos de este paisaje (INVIAS-MINTRANSPORTE 2002).

Los suelos de La Mojana y de la parte baja del río San Jorge están compuestos por arenas profundas que alternan con lentes de arcilla y limo que afloran a la superficie. Predominan las texturas moderadamente finas a medias, aunque por sectores se presentan texturas gruesas. La zona pantanosa o de humedales corresponde a la llanura de inundación del cono-delta de los ríos Magdalena y Cauca desarrollado a partir de sedimentación posglacial holocénica con un nivel de mar en ascenso (ver informe “Geología, Geomorfología y Dinámica Fluvial de La Mojana”, del profesor Kim Robertson). No hay evidencias de la subsidencia de la Depresión Momposina propuesta por Martínez (1981), sino al parecer un relleno aluvio-lacustre reciente de solo 50 metros, según en los datos de sedimentología y C¹⁴ (informe del profesor Robertson).

Clima

La zona tiene un clima tropical cálido y húmedo con temperaturas constantes cercanas a los 28°C, El régimen de lluvias tiene una temporada seca anual que va de diciembre a abril y los meses más lluviosos van de agosto a octubre. La precipitación anual varía entre 1.000 mm en Magangué y 4.500 mm, en Nechí y Achi. La humedad relativa promedio anual es del 82% con variaciones entre 78% en la zona nororiental y 88,9% al centro. El brillo solar en el área es del orden de 2.300 horas en el año. Este valor equivale a una insolación media del 60%. Los valores más altos se observan en enero, julio y diciembre y los más bajos se registran en mayo y octubre (Aguilera y Neira 1999).

3. TIPOS DE ECOSISTEMAS E HIDROGRAFÍA DE LA MOJANA

Tipos de Ecosistemas

La dinámica de la llanura de inundación está regida por el intercambio anual del agua tanto del río a las ciénagas como de las ciénagas hacia el río. Dicha inundación actúa periódicamente y se considera la responsable de toda la riqueza y diversidad del sistema. Las crecientes anuales obedecen al régimen de las precipitaciones en las partes alta y media de la cuenca, donde este es predominantemente bimodal, con un primer período entre mediados de abril y principios de junio, y un segundo período de mayor intensidad entre

mediados de agosto y diciembre (MINAMBIENTE 2002). Es así como la inundación de la subregión de la Depresión Momposina presenta una primera creciente entre mayo y julio y una segunda entre octubre y diciembre, lo que refleja un retraso en la llegada de las crecientes a la zona depresional. En este sentido, los primeros meses de cada año el río recarga las ciénagas, mientras que al final de cada año las ciénagas drenan hacia el río (MINAMBIENTE 2002).

La temporalidad de las inundaciones y el drenaje define tres tipos de ecosistemas así:

- a. Ecosistemas predominantemente hídricos (EPH): se ubican en el área que permanece con agua por más de seis meses al año (incluyendo las ciénagas). Su función es contribuir a la regulación de los excesos de agua que llegan a la zona y mantener una alta producción de recursos hidrobiológicos. Esta zona no es apta para la agricultura y el uso pecuario se restringe a la época de menor precipitación. Presenta buenas condiciones biofísicas para la pesca, la caza y el desarrollo del ecoturismo.
- b. Ecosistemas transicionales (ET): son los que permanecen inundados de tres a seis meses al año. En estos ecosistemas las unidades de tierra se entrelazan con funciones de control de flujos de agua y producción biológica. Son aptos para cultivos de corto plazo y actividades forestales con especies resistentes a las inundaciones.
- c. Ecosistemas predominantemente terrestres (EPT): son aquellos que está sujeto a las inundaciones o encharcamientos por períodos inferiores a los tres meses por año. Estos ecosistemas puede conjugar especies agrícolas, forestales y pecuarias.

A continuación, en la Tabla 1, se presenta el área promedio de los tipos de ecosistemas señalados atrás para La Mojana (Aguilera y Neira 1999), para lo cual se hace uso de las definiciones de los ecosistemas en relación con la temporalidad y las inundaciones.

Tabla 1. La Mojana. Área de los ecosistemas, su ubicación y sistemas de producción (Tomado de Aguilera y Neira 1999)

Ecosistemas	Area (Hectáreas)	%	Ubicación	Sistemas de producción
Hídrico	170.211	32,9	Zona norte	Pesca, caza y ganadería trashumante.
Transicional	91.486	17,7		Agrícola, pecuaria, pesca y caza.
	44.237		Parte oriental	
	12.236		Sobre el río Cauca	
	32.036		Sobre el río San Jorge	
Terrestre	255.186	49,4	Centro-sur	Agrícola, pecuario, mixtos.
Total	516.883	100,0		

El subsistema norte (donde están los EPH) está conformado por el caño Pancegüita y el caño Gallego - Mangue, los cuales descargan sus aguas al río Magdalena (Brazo de Loba) siguiendo aproximadamente una dirección S – N.

El subsistema central (ET) está conformado por los caños San Matías, Rabón, La Sangre, Gramalote-Ventanillas y La Mojana, que toman direcciones N-W y descargan sus aguas al sistema de ciénagas asociado al río San Jorge o directamente al mismo río. El caño La Mojana es el más importante de este subsistema; nace en el rompedero Cachimbero, toma una dirección N-S y desemboca directamente al río San Jorge.

El complejo de ecosistemas “terrestres” de la zona sur (EPT) está conformado principalmente por los caños Barro, Pescado, Gil y Muñoz, cuyo origen se localiza entre las poblaciones de Colorado y San Jacinto. Toman una dirección aproximadamente E-W y descargan sus aguas hacia las partes bajas en el sistema cenagoso de Ayapel (Aguilera y Neira 1999).

El curso del caño Barro bordea la base de las colinas del Terciario ubicadas en la parte sur de La Mojana. Aproximadamente a tres kilómetros de su nacimiento recibe las aguas en exceso del río Cauca a través de un complejo de orillares levemente inclinado hacia el caño, donde realmente se inicia el delta interior del Cauca. A diferencia del Barro, el origen de los caños Pescado, Gil y Muñoz se da como producto de los desbordamientos del río (Aguilera y Neira 1999).

Red Hidrográfica

La red hidrográfica de La Mojana está alimentada por tres sistemas fluviales responsables de las inundaciones anuales de la zona, a saber: el río Magdalena (Brazo de Loba), el río Cauca y el río San Jorge. Además existe una red compleja de caños, arroyos y ciénagas que se comunican entre sí (80% del área), con forma cóncava y con profundidades entre 4 y 6 m. La distribución longitudinal de esta red hidrográfica la convierte en el mayor depósito y trampa de sedimentos de la planicie inundable (Aguilera y Neira 1999).

Río Magdalena

La cuenca del río Magdalena comprende territorios de 19 departamentos y 728 municipios, Este río constituye la arteria fluvial más importante del país, Geofísicamente cubre la mayoría del complejo Sistema Andino Colombiano, incluidos los valles interandinos Magdalena y Cauca y sus afluentes. El río Magdalena en el área de estudio se abre en dos brazos principales llamados el Brazo de Loba y el Brazo de Mompós. La bifurcación ocurre en el municipio del Banco (aproximadamente 150 km aguas arriba de Magangué). Los brazos descritos se unen aguas abajo en la boca del sector Tacalao.

El Brazo de Loba conduce un caudal volumétrico promedio de 5410 m³/s (IDEA-CORANTIOQUIA 2000, citado en MINAMBIENTE 2002). Este brazo se considera actualmente como la principal arteria de irrigación de esta sección del Magdalena. En el

Brazo de Loba existe navegación permanente, tanto menor como mayor. Además es el más grande receptor de sedimentos de las aguas de los ríos Cauca y San Jorge (MINAMBIENTE 2002).

Río Cauca

El sistema fluvial del río Cauca tiene 187 km en la región de La Mojana (CORMAGDALENA 2002, citado en MINAMBIENTE 2002). Su llanura o planicie inundable se extiende desde Puerto Valdivia hasta su desembocadura en el Brazo de Loba (Bolívar). Los principales afluentes son los Pescado, Valdivia, Rayo y Tarazá en Tarazá, Man en Caucasia, y Caceres y Nechí en los municipios de Nechí, Bagre y Zaragosa. Los procesos degradativos de la cuenca están dados por el sistema de producción minero y su elevado aporte de sedimentos (MINAMBIENTE 2002).

Río San Jorge

El río San Jorge nace en el nudo de Paramillo y surca los Departamentos de Antioquia, Córdoba, Sucre y Bolívar, Confluye con el río Magdalena en el Brazo de Loba (Bolívar) y su cuenca tiene un área de 9901 km². El sistema hidrológico del río San Jorge está estructura por un plano inundable y por una cuenca aportante, compuesto el primero por caños y ciénagas y el segundo por el río principal y un sinnúmero de ríos secundarios y quebradas. El San Jorge tiene una longitud próxima a los 368 km. El sistema San Jorge se encuentra integrado por más de 155 cuerpos de agua, ciénagas y complejos; existen más de 34 caños entre los que se encuentran en la margen izquierda los caños Carate, Santiago, Mabobo, y para la margen derecha los caños Los Ángeles, San Matías, Misalo, Viloría y Rabón (MINAMBIENTE-CORPOMOJANA 2001).

Los caños de la región poseen dimensiones variadas, con anchos entre 5,0 m y 60 m, profundidades entre uno y cuatro metros y pendientes medias de 0,1%. En muchos casos, la presencia de taruya (*Eichornia* spp.) y lechuga de agua (*Pistia* sp.) (indicadoras de aguas quietas y con alto contenido de materia orgánica) y la sedimentación impiden el drenaje de los caños, ocasionando la disminución de la capacidad hidráulica y acelerando los procesos de colmatación. Esto provoca que las inundaciones producidas por el río Cauca y por las lluvias fuertes y prolongadas produzcan encharcamientos grandes que pueden durar entre uno y seis meses, ayudados por el remanso de las aguas en la confluencia entre el Brazo de Loba del río Magdalena y el río San Jorge.

Caño Mojana

Constituye el canal medio del área de La Mojana y pertenece a uno de los sistemas fluviales del complejo deltaico de esta región. Está conformado por los tributarios caño Largo y caño Gramalote, los cuales confluyen en Tierra Santa y continúan paralelos al río Cauca. A partir de Guaranda, al occidente, el caño se bifurca en los ramales Mojana y Ciego-Ventanillas, que se unen aguas abajo de Majagual, Antes de Majagual el caño se bifurca en el caño Los Deseos y el caño Guanduzar para luego conformar el caño Pancegüita junto con otros tributarios. El caño Mojana transcurre en dirección al noroccidente por la parte media de las llanuras fluviodeltaicas, generando brazos trenzados, limitados por diques naturales y

artificiales donde se han desarrollado asentamientos como Piza, Palmaritos, Sucre y El Congreso. Finalmente, discurre hacia el norte paralelo al caño Misalo y llega al río San Jorge en San Antonio (Díaz-Granados *et al.* 1998).

Caño Rabón

Pertenece a uno de los sistemas fluviales del complejo deltaico de La Mojana. Está conformado de la siguiente manera: desde San Jacinto hasta Caracolí, por los caños Isaías y el Manglar; hacia el occidente (La Palestina) el caño se bifurca en el San Matías y la red de tributarios del caño Rabón. El caño Rabón continúa hacia el norte a través de la quebrada La Sangre y los caños Bejuco, Rastrojos, del Medio, Galápagos y Malambo, que siguen hacia el norte y a la altura de las ciénagas de los Patos, Grande, Los Tiestos y Malambo confluyen con el caño Misalo, para continuar como un solo caño principal hasta el río San Jorge (Manga – San Antonio).

En el sector por el cual discurre el caño Rabón se presentan cambios morfodinámicos relacionados con una llanura aluvial, asociados con procesos de sedimentación y erosión. El sistema fluvial definido para el caño Rabón representa actualmente un cauce unicanal meándrico; hace parte de un sistema deltaico de brazos en un delta de explayamiento (Díaz-Granados *et al.* 1998).

Caño San Matías (Viloria)

Nace a partir del antiguo cauce del río Cauca en dirección noroccidente – norte. El sistema del caño San Matías está conformado por diversos tributarios. Desde San Jacinto hasta Caracolí, lo forman los caños San Isaías y el Manglar, sitio donde se abre en dos ramales principales: el caño Largo (al oriente) que drena hacia La Mojana, y La Palestina (al occidente). Allí nuevamente se bifurca en San Matías propiamente dicho y en los tributarios del caño Rabón. El San Matías continúa hacia el occidente, como caño Guayabal hasta El Tiesto, donde se vuelve a dividir en dos ramales: el San Matías y el Totumo, que confluyen a la altura de Cecilia. De allí continua hacia el norte como caño Viloria (paralelo al río S, Jorge) (Díaz Granados *et al.* 1998). En esta dirección confluye con otros caños en Cuiva, donde se bifurca y sigue a la derecha como caño Cuiva y a la izquierda como caño Viejo, el cual confluye al caño los Angeles en Pueblo Bujo. En este punto se encuentra con los caños Los Humanos y El Socorrilla. Este caño Viejo anteriormente desembocaba en la Hacienda Carpetá; actualmente es navegable sólo por pequeñas embarcaciones.

En su recorrido el caño Cuiva interconecta las ciénagas de El Nievero, La Trampa, Playa Grande, La Aguá, Trementino, La Ahoyana, Las Macetas, Marusa, Barrancuda, Paracá, Candelillas y La Hormiga, todas ellas parte del Complejo de la Ciénaga La Hormiga. En su curso hacia el norte, el caño va cambiando de nombre, de manera que después de caño Cuiva se llama Los Muñecos, Trementino y El Guamo. Finalmente se confunde en la ciénaga Grande donde se une con el caño Los Ángeles (San Matías), para formar el caño Misalo, el cual entrega sus aguas al río San Jorge, muy cerca de las desembocadura del caño Mojana (entre Doña Ana y San Antonio).

En época de lluvias el caño Viloría se desborda inundando toda la zona, la cual en el periodo seco se convierte en playones. El caño disecciona sobre la planicie aluvial inundada, con un límite litológico, los niveles de terraza. Recorre la llanura aluvial de desborde y recibe corrientes con alta carga de sedimentos en suspensión y de carga del lecho en menor proporción, e inunda periódicamente la planicie por desborde lateral hasta conformar el actual sistema de planicie aluvial inundable.

El sistema fluvial del caño San Matías - Viloría - Misalo representa un cauce unicanal meándrico; el mismo hace parte de un sistema de brazos. Actualmente la difluencia del San Jacinto está cerrada y por tanto los caños San Matías y Rabón no reciben agua del río Cauca de forma permanente, sino exclusivamente en época de aguas altas (lluvias) y cuando ocurren desbordes. En la temporada seca los aportes provienen de aguas de escorrentía, aguas de la ciénaga de Ayapel, del desagüe de toda la zona cenagosa y de los subsidios que hace el río San Jorge a partir del sitio de Sehebe – Cecilia hacia el caño Viloría (Díaz-Granados *et al.* 1998).

4. COMPLEJOS CENAGOSOS DE LA MOJANA

El conjunto de ciénagas es un elemento constitutivo vital de la región de La Mojana. Son grandes reservorios de poca profundidad y extensión variable y en su capacidad de embalse radica la dinámica de amortiguamiento que poseen las cuencas de la zona para autorregularse y controlar los crecimientos cíclicos de los niveles de inundación (CORMAGDALENA 2002). Por esta razón, el término **complejo cenagoso** es el más adecuado para entender de manera integrada los diversos factores que interactúan en los procesos hidrológicos que se dan actualmente en las subregiones de La Mojana.

La connotación de complejo cenagoso incluye a las comunidades que están asentadas en los sistemas cenagosos. El término también se acoge a la denominación del IIBAVH-MINAMBIENTE (1999), que define un complejo cenagoso como un conjunto de humedales o ciénagas que pueden ser de diferente tipo pero que se encuentran en un espacio geográfico dado, de tal suerte que comparten sus características biogeográficas generales y están integradas entre sí funcionalmente.

A continuación se presenta un resumen de los complejos cenagosos en el área de interés:

Complejo bajo San Jorge -Brazo de Loba – Bajo Cauca - Caño Pancegüita (Sector Norte de La Mojana)

Como ciénagas representativas del sistema se encuentran las ciénagas Murciélago, El Roble, La Ceibita, La Cocinera, De Los Monos, Boca Grande, Retamocera, Terneros, Grande de Barbosa, Cincahecha, Chiquegua, El Agalla, La Fangua, Los Albertos, Los Manatías, El Guamo, El Yuyá, Los Paticos, Los Caimanes, Las Llaves, Carbonera y Los Animes. El caño Covao es un drenaje artificial que deseca las ciénagas. Se presenta acumulación de macrófitas por taponamiento de caños naturales, tanto permanentes como

de desborde, principalmente por jarillones o terraplenes paralelos al río y a los caños. Este es el caso del sistema Pancegüita- Playa Afuera y Orejero- San Mateo (MINAMBIENTE 2002).

Complejo caño Pancegüita - caño Mojana (Sector Oriental de La Mojana)

Conformado por el río San Jorge (aferente) y caños Pancegüita y Mojana principalmente, funcionan como aferentes-eferentes. Además están los caños Quitasueño, Portaca, Guateas, Tomala, Aguacate, Mojanita, Chaparral y Mchetón. Como ciénagas representativas se pueden mencionar La Pelúa, Las Leguas, Los Mangos, Portaca, La Esperanza, El Totumo, El Pedral, Aguas Turbias, Los Mimbres y La Gusanera. Se presenta una alta cobertura de macrófitas en todas las ciénagas y caños de acceso, como en el caso de las ciénagas Las Leguas y Potreros. Se desarrollan grandes **firmales** (tapones o islotes formados por sedimentación y colmatación alrededor de macrófitas flotantes), los cuales se utilizan para la agricultura y el pastoreo. Estos firmales se mueven con el viento y afectan la dinámica de las ciénagas. La alteración de los flujos naturales por la construcción de terraplenes probablemente generará una más rápida desecación de las ciénagas. Prueba de ello es la presencia de grandes zapales (ciénaga Negritos) o pantanos con abundancia de juncales (Juncaceae), platanillo (*Thalia geniculata*) y pastos (*Paspalum fasciculatum*). El proceso de secamiento de estos humedales es creciente desde la parte norte (aguas abajo) hacia la parte sur (aguas arriba). Las ciénagas del extremo norte son alimentadas por las crecientes del río San Jorge, mientras que las de la parte media y alta están muy retiradas y no tienen fuentes de alimentación complementarias, excepto cuando entran de agua del río Cauca y del Medio San Jorge como consecuencia de la rotura de los terraplenes (MINAMBIENTE 2002).

Complejo caño Mojana (Sector Central de La Mojana)

Caños Principales: Mojana y Misalo; Corredor y Ventanillas; caño Balina (ciénaga de San Cayetano), El Chorro y Tortuga (ciénaga de Zapata). Los caños Rabón y El Humo en Guaranda están perdidos (secos y llenos de vegetación). Ciénagas representativas: Galindo, Iguana, Balanta, San Cayetano, Zapata, Mojanita, Chuirá, del Medio y La Sierpe. Las ciénagas de la parte norte poseen un espejo de agua considerable, la cobertura de macrófitas es también alta y sus orillas conservan solo algunos cinturones de mangle. A orillas del caño Mojana se han establecido comunidades humanas que construyen terraplenes y obstruyen el paso natural del agua entre el caño y las ciénagas. Algunas ciénagas de este sector como Careperro, han sido secadas y utilizadas para ganadería. Estas comunidades también vierten sus desechos al caño y a las ciénagas. Además se deforesta para la obtención de leña. El caño Corredor presenta zonas con vegetación natural que protege la ronda, sobre todo en las cercanías al caño Mojana; se presenta un sector completamente taponado con macrófitas antes de Camaján, La ciénaga de San Cayetano esta semiencerrada por un terraplén que no tiene pasos suficientemente grandes y la cobertura de macrófitas llega al 99%. Una situación similar presentan las ciénagas de Zapata, del Medio y Chuirá.

En el municipio de Guaranda las ciénagas no presentan agua y son zonas dedicadas a cultivos y urbanización (ciénaga Mojanitas) (MINAMBIENTE 2002).

Complejo de Ayapel (Sector Occidental de La Mojana)

Caños aferentes y eferentes: río San Jorge, caño Muñoz, caño Barro, caño Grande, caño Marralú. Hidrológicamente, la ciénaga de Ayapel se ubica en la porción media inferior de la cuenca del río San Jorge. Las ciénagas vinculadas hidrológicamente a ella, cubren un área máxima en condiciones extremas de aguas altas de 140 km². En el periodo histórico de máxima sequía esta área se redujo a 20 km² (Wills 2005, citado en Montoya 2011). Sus sub-ciénagas están separadas principalmente por amplios rodales de macrófitas. Existen importantes tramos con vegetación riparia en las orillas; otras áreas litorales están totalmente deforestadas. El sector de Los Paticos recibe las aguas del sistema de tratamiento de aguas negras de la población de Ayapel (Aguilera y Neira 1999).

5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DE LA REGIÓN DE LA MOJANA

Caracterización general

Según un estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín e Invias (UNAL-INVIAS 2002), y teniendo en cuenta que las fases hidrológicas en las que se realizaron los muestreos de dicho estudio correspondieron al estiaje y al período de bajanza de las aguas, existen en la región de La Mojana dos grupos de ciénagas bien definidos desde el punto de vista fisicoquímico (Figura 2). Uno corresponde a las ciénagas y caños con aguas de color blanco (mayor cantidad de sedimentos suspendidos), y el otro a los cuerpos de aguas prietas (término en lengua portuguesa que designa aguas de color negro, aplicado especialmente a la región amazónica, UNAL-INVIAS 2002), en los que hay menos sólidos suspendidos pero más compuestos orgánicos disueltos como taninos y ácidos húmicos y fúlvicos que le dan dicho color. En este trabajo se denominarán aguas negras a dichas aguas prietas, dado que el término prieto es más referido a la Amazonía.

Los sistemas con aguas de color blanco se observan más cerca al río Cauca debido a la influencia que este ejerce. Los caños Muñoz, San Matías, Rabón y Viloría, al igual que las ciénagas Candelaria y San Francisco, también tienden a ser de aguas blancas, situación que denota totalmente la influencia que tiene el río Cauca en este sistema de humedales. En especial, en los periodos de aguas en ascenso, máximas y en descenso, el río Cauca entra en la región a través los canales de drenaje natural y de los boquetes que se abren en su margen izquierda. Las aguas del río Cauca le confieren a los caños y ciénagas bajo su influencia unas características físicas y químicas específicas. Además de las diferencias de color, ocurren cambios en la cantidad de sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables que aumentan su concentración, así como en los valores de pH, alcalinidad y conductividad

eléctrica. Todos estos parámetros tienden a ser más elevados en las aguas blancas, indicando un mayor grado de mineralización.

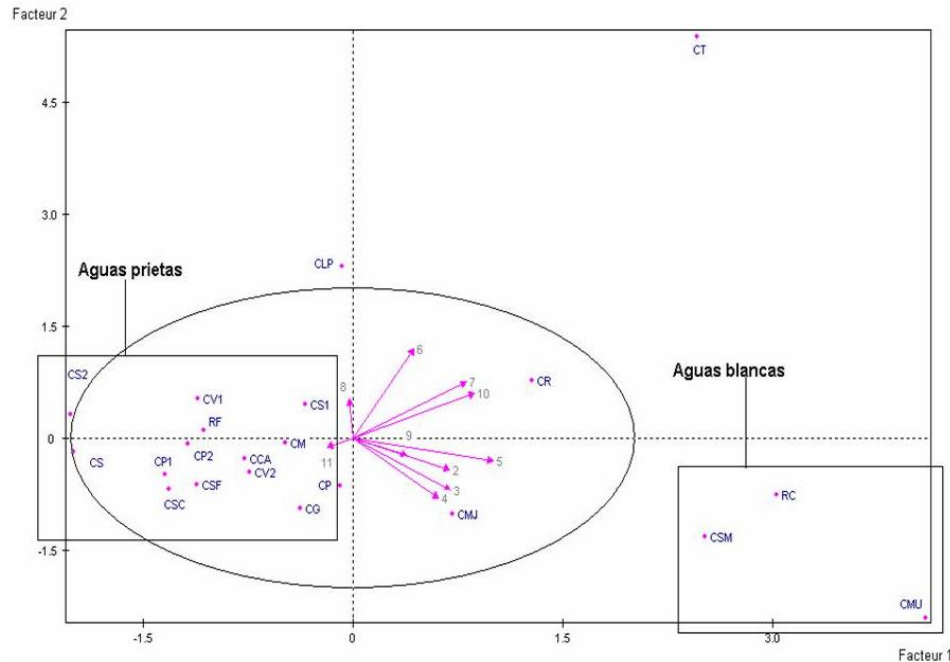


Figura 2. Clasificación de los cuerpos de agua en la región de La Mojana de acuerdo a las características de mineralización de sus aguas (Tomado de UNAL-INVIAS 2002)

Las aguas de color negro, por su parte, tiene mayores concentraciones de nitrógeno total, el pH que tiende a ser ácido, muestran bajas concentraciones de fósforo y de sólidos en general y presentan una alta transparencia. Los sistemas que tienen estas condiciones son los caños Pescado, Barro, Gil, Ventanillas, Los Patos, Río Frío, y las ciénagas Tomala, San Cayetano y Los Suanes (UNAL-INVIAS 2002).

Este comportamiento tan diferente en la constitución de las aguas de los sistemas acuáticos de La Mojana es producto de la influencia que ha ejercido el dique marginal sobre el río Cauca. Se espera que en el momento que el río eleve su caudal en la época de lluvias, una parte de este pase a los humedales adyacentes, bien sea por los caños naturales de drenaje o inundando directamente los planos de inundación donde la conformación geomorfológica así lo permita. De acuerdo con esto, durante la fase de aguas altas los sistemas acuáticos inundados por el río Cauca presentan características muy similares a las del río principal, hecho manifiesto en los caños Muñoz, Rabón y Viloría y en las ciénagas San Francisco y Candelaria.

Los restantes sistemas acuáticos exhiben aguas de color negro, bien sea por la desconexión del río mediante el dique o porque el período climático corresponda al momento en que las aguas estaban drenando al sistema hacia el río San Jorge y mucha parte de los sólidos ya se

hayán depositado en los cauces de los caños o cubetas de las ciénagas. Precisamente en aquellas áreas donde el río Cauca no influye sobre los humedales, los sistemas adquieren una dinámica diferente, la cual coincide con los procesos normales de aguas bajas. En ella los procesos y reacciones fisicoquímicas del agua pasan de ser de tipo mineral a un comportamiento dominado por reacciones de tipo orgánico. Debe resaltarse que los cuerpos de agua desconectados del río por el dique permanecen con estas características orgánicas por largos períodos de tiempo, lo cual no es normal. El principal abastecimiento de estos cuerpos de agua desconectados del río son las lluvias locales o la escorrentía lateral; la materia orgánica es aportada directamente por la vegetación o es llevada por la escorrentía (UNAL-INVIAS 2002).

En la Tabla 2 se presentan los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos registrados en los diferentes complejos de ciénagas en la zona de interés, abarcando 2 épocas: febrero a marzo (aguas bajas) y junio a agosto (período de transición cuando se observa la salida de las aguas de las ciénagas hacia caños y ríos). Los datos son puntuales, por lo que no es posible detectar tendencias (MINAMBIENTE 2002).

Tabla 2. Promedios de algunos parámetros fisicoquímicos para cada complejo de ciénagas de la región de La Mojana (MINAMBIENTE 2002)

Complejo	Transp,	T°	pH	Ox, Dis,	% Sat	Drza, Tot,	CO ₂	NH ₃	Cl
Complejo bajo San Jorge -Brazo de Loba – Bajo Cauca - Caño Pancegüita (NORTE)	0,5	31	7,3	5,5	75,16	85,8	18,8	0,58	16,7
Complejo caño Pancegüita - caño Mojana (ORIENTE)	0,65	32	7	5,1	70,33	52,6	16,5	0,59	15
Complejo Caño Mojana (CENTRO)	0,61	31	7,6	5,3	71,45	55,6	16,3	0,48	13,1
Complejo de Ayapel (OCCIDENTE)	0,7	32	6,6	4,3	60,11	31,8	16,1	0,79	23,9

En general los valores promedio de los resultados fisicoquímicos en la mayor parte de los complejos son cercanos, pero se observan algunas diferencias entre subregiones. La transparencia presenta un promedio de 0,7 m en el complejo de Ayapel, lo que podría indicar una tendencia a la eutroficación o una alta carga de sedimentos para la zona; en los otros complejos sucede algo similar. La temperatura superficial promedio del agua está entre 31 y 32°C, el pH muestra una media mínima de 6,6 en Ayapel y un máximo de 7,6 para el complejo del caño La Mojana. El aumento del pH hacia un carácter ligeramente básico podría relacionarse con una mayor productividad en el caño La Mojana. El oxígeno es un parámetro importante dentro de las características propias de los complejos cenagosos; el complejo de Ayapel tiene el menor valor promedio, lo que podría mostrar más claramente la tendencia a la eutroficación señalada anteriormente, mientras que el complejo del Brazo La Loba obtuvo un mayor valor. Aunque el momento de la medición y la temperatura del agua tienen una fuerte incidencia en la cantidad de oxígeno disuelto en el sistema, los datos indican que las aguas de la región son oxigenadas y adecuadas para el

desarrollo de las comunidades acuáticas. La dureza total es en términos globales moderada, pero muestra un mayor valor promedio para el complejo del Brazo La Loba, mientras que en el complejo Ayapel hay un menor valor promedio. El valor más alto de dióxido de carbono se presenta en el complejo La Loba, pero el resto de complejos tuvieron registros muy similares (en general las cantidades de CO₂ son moderadas). Aunque en general los promedios de nitrógeno amoniacal son relativamente bajos en todos los complejos cenagosos, son algo mayores en Ayapel, lo que podría confirma su tendencia a la eutrofia. En cuanto al cloro se observa un mayor valor promedio para el complejo de Ayapel indicando una posible influencia antrópica más fuerte (aguas residuales).

A continuación se presentan algunos valores de parámetros físicos y químicos de las ciénagas de las cuales se dispone de información.

Trasparencia

La transparencia del agua (medida como la profundidad en metros a la cual deja de verse el disco Secchi), permite conocer el grado de penetración de la luz e indirectamente la turbidez del sistema. El complejo del Brazo La Loba presenta gran heterogeneidad en los valores de transparencia de sus ciénagas. La ciénaga Las Llaves tiene la transparencia más alta dentro de los cuerpos lénticos de este complejo, al igual que la ciénaga Las Leguas en el complejo caño Pancegüita – Mojana. Los menor registros corresponden a la ciénaga de Los Monos y El Roble en el complejo del Brazo La Loba (Figura 4).

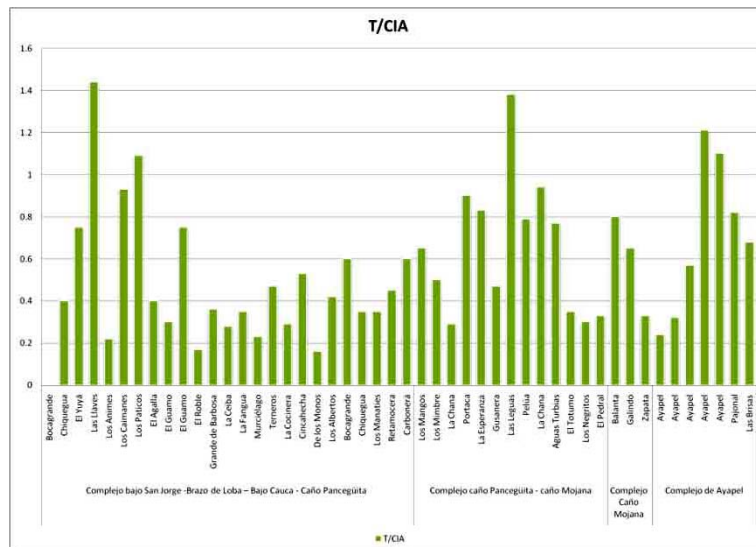


Figura 4. Transparencia en metros en las ciénagas de los diferentes complejos cenagosos de la región de La Mojana (MINAMBIENTE 2002)

Temperatura del agua

La temperatura es una variable que tiene una gran importancia en la cinética de las reacciones químicas y bioquímicas que se dan en el agua. Su incremento determina una menor solubilidad de los gases, así como el aumento en la velocidad de los fenómenos de descomposición que se dan en los ecosistemas acuáticos (Wetzel 1981). La temperatura tiene grandes variaciones entre ciénagas, especialmente en el complejo del Brazo La Loba, donde estuvo entre 26°C para la ciénaga Chiquegua y 35°C para la ciénaga Bocagrande. Para los demás complejos la temperatura osciló entre los 30 °C y 35°C. En todos los casos se puede decir que los cuerpos de agua de La Mojana son sistemas cálidos tropicales (Figura 5).

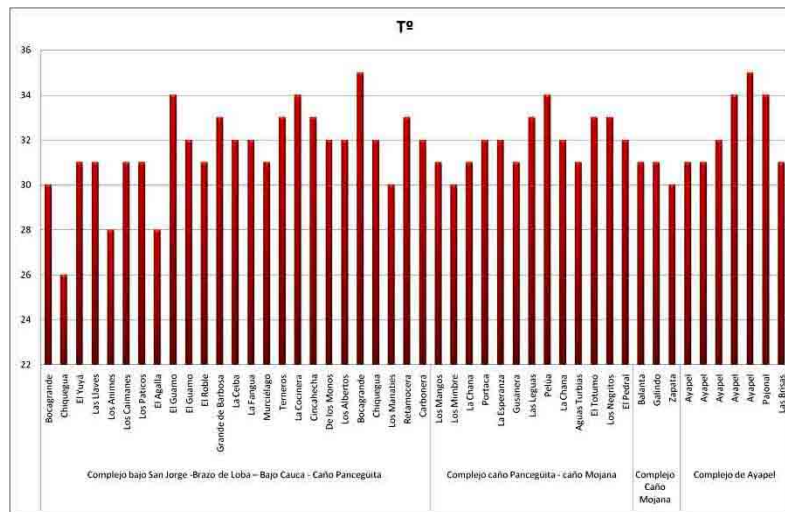


Figura 5. Temperatura en °C en las ciénagas de los diferentes complejos cenagosos de la región de La Mojana (MINAMBIENTE 2002)

pH

El pH es una medida de la naturaleza ácida o básica de una solución. Esta variable está asociada con el equilibrio entre las tres formas del carbono inorgánico disuelto en el agua: dióxido de carbono, bicarbonatos y carbonatos (Ramírez y Viña 1998), así como con los procesos de descomposición y fotosíntesis que pueden modificar dicho equilibrio (Wurts y Durborow 1992, citados en Álvarez 2010). El pH más ácido se presenta en la ciénaga Los Animes del complejo Brazo La Loba, con un valor de 6, mientras que la ciénaga Zapata del complejo Caño Mojana tiene un pH básico de 9,5 (muy posiblemente por una alta producción primaria que agota el CO₂ y hace predominar las formas de carbonatos y bicarbonatos en el agua). En general el pH es básico para las ciénagas Chicagua, Aguas Turbias y Zapata, mientras el resto de las ciénagas tiende a tener valores neutros (Figura 6).

En todos los casos, los rangos de pH en los sistemas cenagosos de la región son apropiados para el desarrollo de la vida acuática.

Oxígeno Disuelto

Se considera al oxígeno el más importante de los gases disueltos en el agua porque determina la existencia de condiciones aeróbicas y anaeróbicas que dirigen la dinámica del ecosistema acuático. La concentración de oxígeno en aguas naturales depende de la actividad fotosintética, la respiración, la interacción del agua con la atmósfera y los sedimentos, la temperatura, la salinidad y la turbulencia (Wetzel 1981). La medida del oxígeno disuelto puede usarse como indicador del grado de contaminación orgánica, de la tasa de degradación de sustancias orgánicas e inorgánicas y de la capacidad de autodepuración de las aguas (Romero 1996, citado en Alvarez 2010). El oxígeno muestra valores muy heterogéneos, entre 1 mg/L para las ciénagas de Ayapel y el Pedral y 13 mg/L para la ciénaga la Esperanza (Figura 7). En los ambientes con menor oxígeno puede existir una alta carga de materia orgánica que agota este gas por respiración bacteriana. Esto puede llevar a condiciones de hipoxia o anoxia, indeseables porque pueden generar metano y ácido sulfhídrico. El oxígeno alto indica a su vez una posible producción primaria muy elevada, ya que este es un producto secundario de la fotosíntesis.

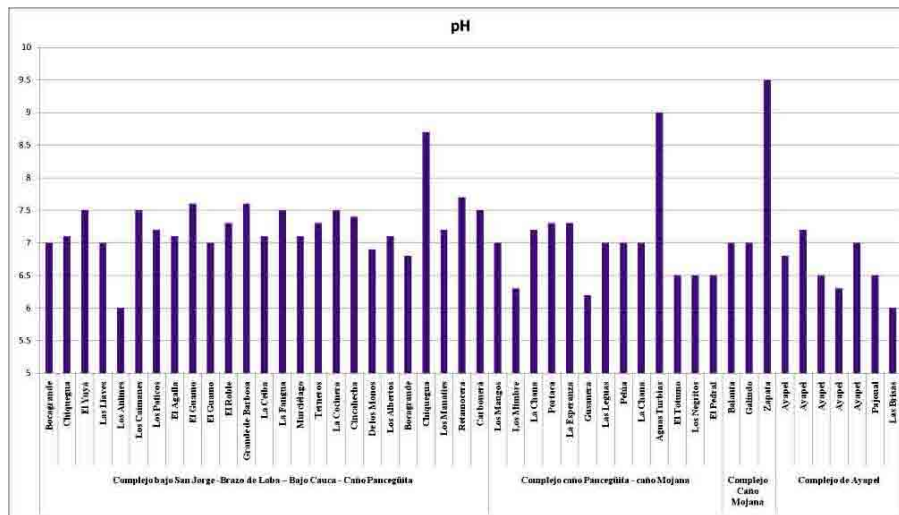


Figura 6. pH en las ciénagas de los diferentes complejos cenagosos de la región de La Mojana (MINAMBIENTE 2002)

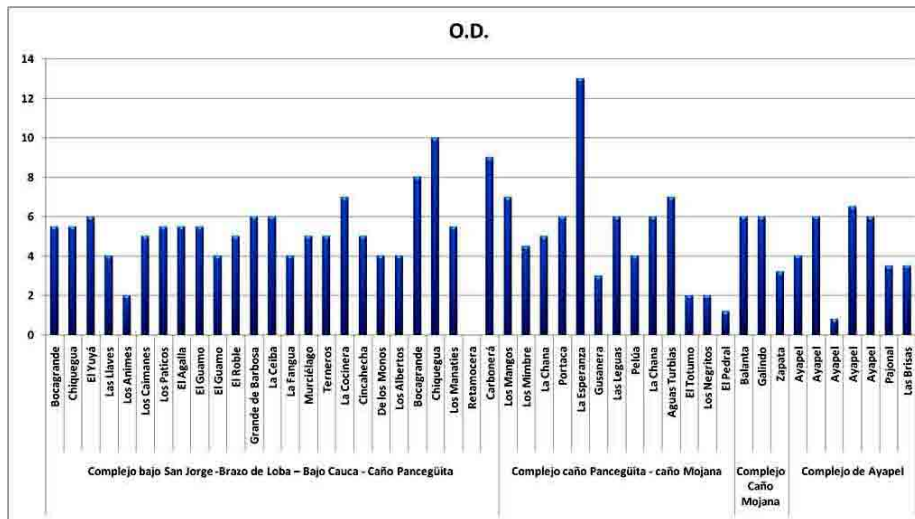


Figura 7. Oxígeno disuelto (mg/L) en las ciénagas de los diferentes complejos cenagosos de la región de La Mojana (MINAMBIENTE 2002)

Porcentaje de saturación de oxígeno (%)

Las ciénagas la Esperanza, Bocagrande, Chiquegua y Carbonera registran saturaciones por encima del 100% (sobreaturación), lo que podrían reflejar cierta tendencia a la eutroficación (exceso de fotosíntesis). Por el contrario, ciénagas como Ayapel y el Pedral presentan porcentajes inferiores al 20% indicando posiblemente ya un estado sapróbico (exceso de materia orgánica) o hipereutrófico (Figura 8).

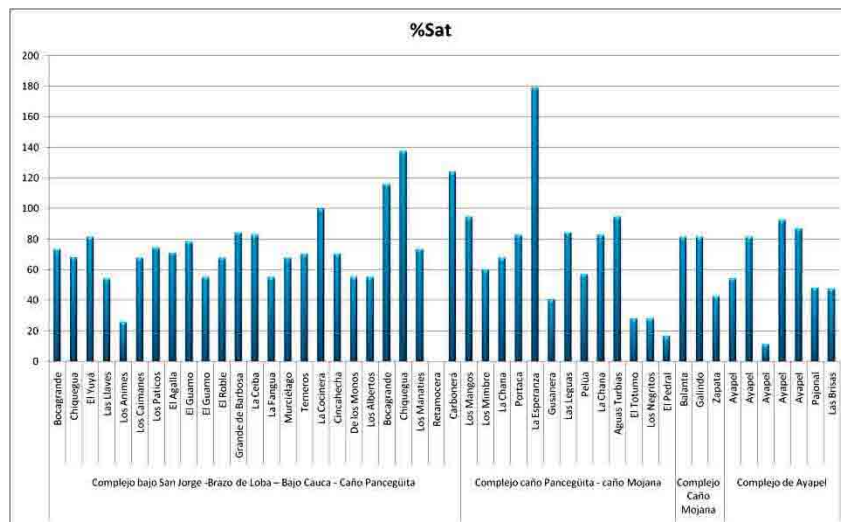


Figura 8. Porcentaje de saturación de oxígeno en las ciénagas de los diferentes complejos cenagosos de la región de La Mojana (MINAMBIENTE 2002)

Dureza Total

Los valores de dureza total varían desde 18 mg/L de CaCO₃ en las ciénagas de Ayapel y las Brisas, hasta 120 mg/L de CaCO₃ en la ciénaga La Fagua. En general se observan mayores valores de dureza total en los complejos del Brazo La Loba y del caño Pancegüita, mientras que los menores registros están en el complejo de Ayapel (Figura 9). Estos datos muestran la influencia de las aguas más mineralizadas del río Cauca sobre los complejos más cercanos a su cauce.

Dióxido de Carbono (CO₂)

El CO₂ varía entre 5mg/L (ciénaga la Esperanza) y 35 mg/L (ciénaga de Ayapel). En general el complejo del Brazo La Loba presenta los mayores valores de CO₂ entre todos los sistemas (Figura 10). Los registros altos pueden estar asociados a ambientes ricos en materia orgánica, en los que se puede presentar una respiración bacteriana muy activa.

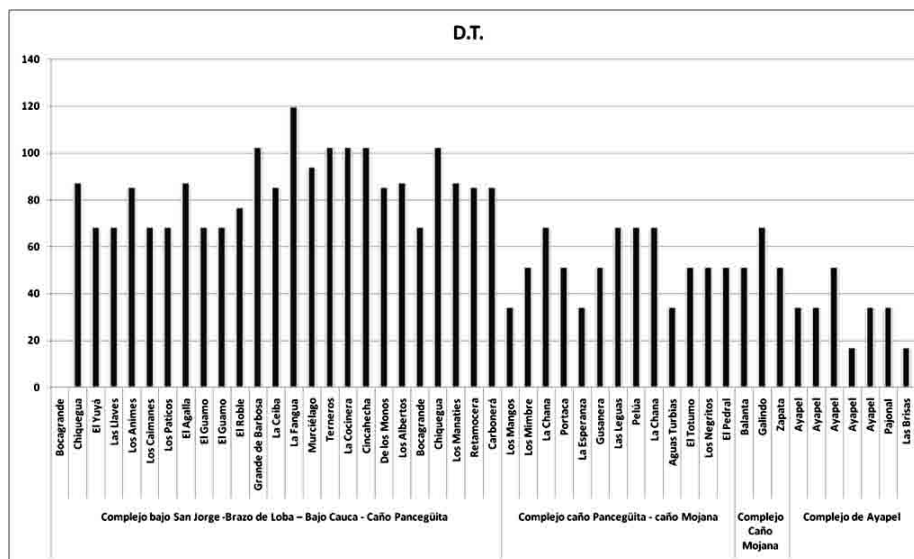


Figura 9. Dureza total (mg/L de CaCO₃) en las ciénagas de los diferentes complejos cenagosos de la región de La Mojana (MINAMBIENTE 2002)

Nitrógeno Amoniacal (NH₃)

La ciénaga El Totumo tiene concentraciones de NH₃ bajas (0,1 mg/L), mientras que la ciénaga Los Negritos arroja valores de 1,4 mg/L. En general el comportamiento de los valores de NH₃ en las ciénagas es muy heterogéneo. Aparentemente los valores más altos ocurren en el complejo de Ayapel (Figura 11). En ningún caso, sin embargo, los registros de amoniaco son preocupantes y tienden más bien a ser bajos.

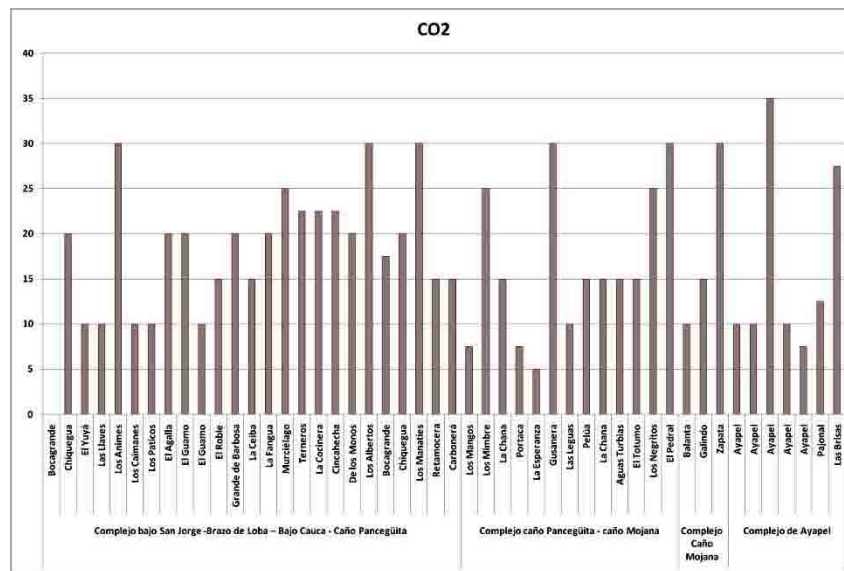


Figura 10. Dióxido de carbono (mg/L de CO₂) en las ciénagas de los diferentes complejos cenagosos de la región de La Mojana (MINAMBIENTE 2002)

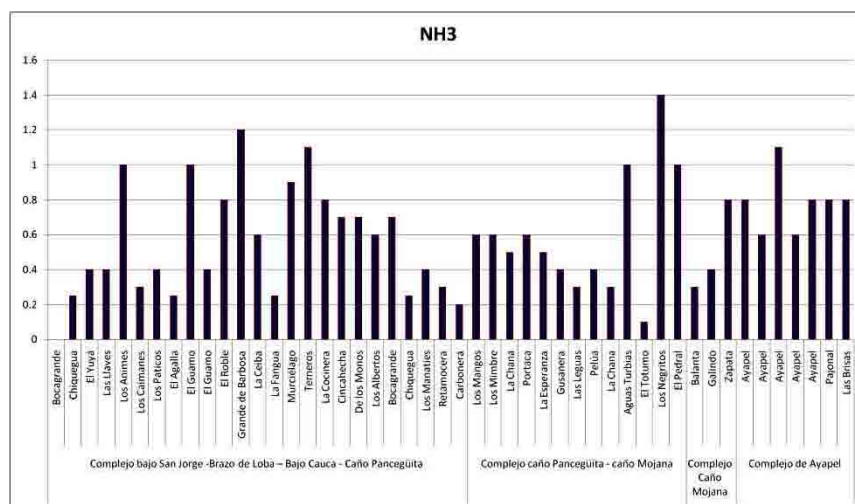


Figura 11. Nitrógeno amoniacal (mg/L de NH₃) en las ciénagas de los diferentes complejos cenagosos de la región de La Mojana (MINAMBIENTE 2002)

Cloruros

El rango de las concentraciones de cloruros para todos los complejos es muy similar, Sin embargo se observan datos altos para el complejo del Brazo La Loba y registros bajos para los complejos caño Mojana y Ayapel (Figura 12). Esto es opuesto a lo que muestra la Tabla 3, en la que Ayapel presenta los mayores valores de cloro. Será necesario realizar nuevos muestreos para aclarar esta situación.

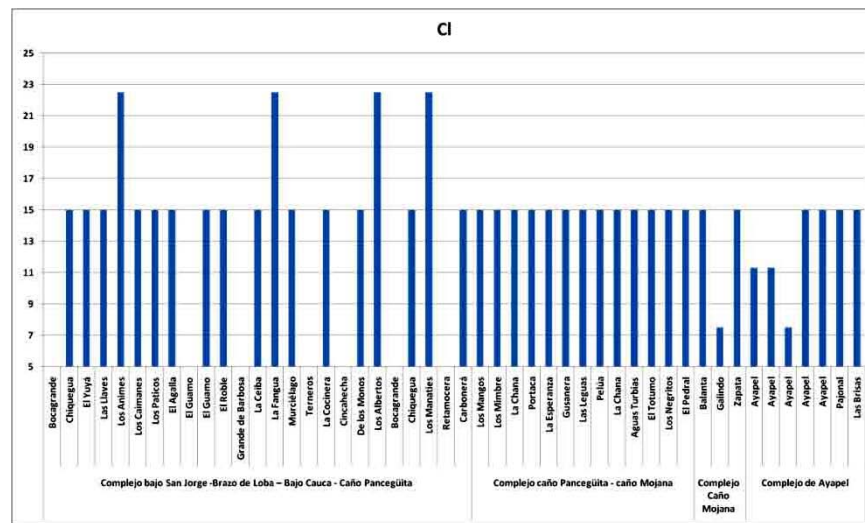


Figura 12. Cloruros (mg/L) en las ciénagas de los diferentes complejos cenagosos de la región de La Mojana (MINAMBIENTE 2002)

6. EVALUACIÓN DE ALGUNAS VARIABLES REGISTRADAS DURANTE EL PRESENTE ESTUDIO

Parámetros físicos y químicos del agua

Con el fin de completar la información necesaria para realizar la evaluación del estado limnológico de las ciénagas que componen el sistema hídrico de La Mojana (ver capítulo 13), se realizó una campaña de campo para complementar la información colectada. En la Figura 13 se indican los sitios muestreados. Dicha salida se llevó a cabo a finales de noviembre de 2011, en época de transición (lluvias a seca). Sin embargo la región aun enfrentaba el efecto de las fuertes precipitaciones de los meses anteriores, observándose grandes áreas inundadas y una elevada cantidad de damnificados (Figura 14).

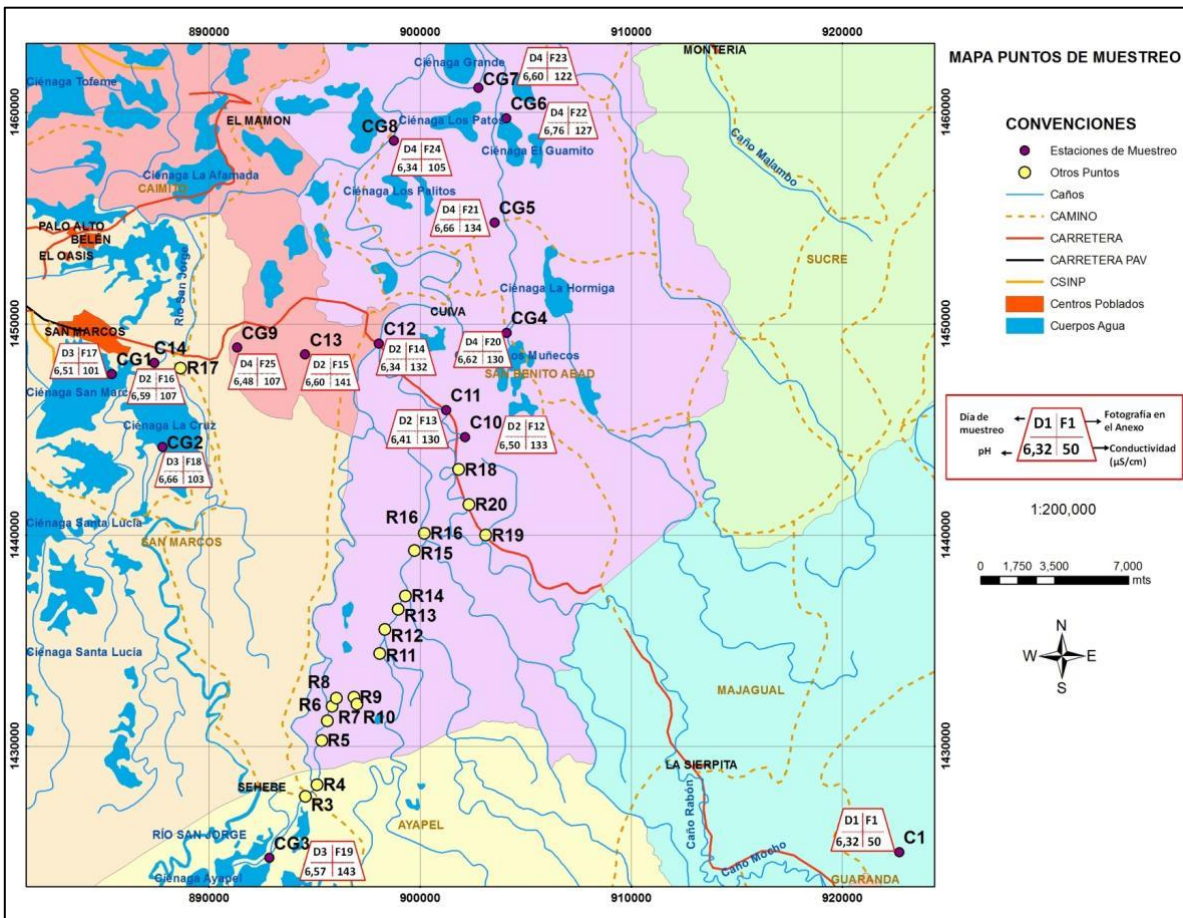


Figura 13. Mapa donde se señalan los puntos de muestreo visitados en noviembre de 2011 para el presente estudio (CG: Ciénaga, C: Caño, R: Otros puntos)



Figura 14. Afectación de la zona por las fuertes precipitaciones en gran parte de la región de La Mojana. Registro fotográfico realizado durante la visita de muestreo en noviembre de 2011

Debido a lo señalado atrás, el sistema de ciénagas de gran parte de La Mojana se encontraba interconectado. El efecto de las fuertes lluvias hizo que muchas ciénagas se extendieran conectándose entre sí, lo cual podría describirse como la formación de un solo complejo cenagoso.

Se registraron para las ciénagas visitadas la conductividad, el pH, la temperatura, el oxígeno disuelto, el nitrógeno total, el fósforo total y la clorofila *a*, cuyas concentraciones se relacionan a continuación (Tabla 3):

Tabla 3. Características físico y químicas y clorofila, de algunas ciénagas de la región de La Mojana (muestreo realizado en noviembre de 2011)

IDENTIFICACIÓN DE LAS CIÉNAGAS		CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y CLOROFILA						
PUNTO MAPA	NOMBRE	TEMP (°C)	COND (µS/cm)	pH	Nitrógeno total (mg/L-N)	Fósforo total (mg/L-P)	Clorofila <i>a</i>	OD (mg/l)
CG1	CIÉNAGA SAN MARCOS	30	101	6,51	2,2	0,47	ND*	3,54
CG2	CIÉNAGA LA CRUZ	29,53	103	6,66	2,5	0,36	ND*	4,53
CG3	CIÉNAGA AYAPEL	28,13	143	6,57	2,8	0,76	ND*	5,43
CG4	CIÉNAGA CUIVA	29	130	6,62	1,4	0,29	ND*	2,79
CG5	CIÉNAGA LOS PALITOS	29	134	6,66	1,2	0,20	27,59	0,8
CG6	CIÉNAGA SAN JUAN	29	127	6,76	0,6	0,58	ND*	2,37
CG7	CIÉNAGA GRANDE	28,78	122	6,6	1,2	2,34	ND*	3,12
CG8	CIÉNAGA NOMBRE DESCONOCIDO	28,87	105	6,34	0,8	1,01	ND*	0,89
CG9	CIÉNAGA EL ROBLAL	28,58	107	6,48	2,8	0,42	0,89	3,53

* ND: no detectable.

Temperatura

La temperatura registrada durante la visita de campo estuvo en un rango que fluctuó entre 28,1 °C y 30 °C, lo que muestra poca variación de este parámetro entre las ciénagas (Tabla 3).

Conductividad

La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar corriente eléctrica. La conductividad depende de la concentración de sustancias ionizadas disueltas en el agua (cationes y aniones), que a la vez se encuentra relacionada con el grado de mineralización de las aguas e indirectamente con su productividad (Álvarez 2010). En este caso la conductividad presentó un rango que varió entre 101 µS/cm en la ciénaga de

San Marcos y $143 \mu\text{S}/\text{cm}$ en la ciénaga de Ayapel, lo que indica una posible mayor mineralización en la ciénaga de Ayapel. Sin embargo los valores en las diferentes ciénagas trabajadas fueron muy similares debido a la conexión existente entre los diferentes complejos al momento del muestreo, resultado de las inundaciones y fuertes lluvias en la zona (Tabla 3).

pH

Los valores de pH para las ciénagas muestreadas estuvieron entre 6,34 y 6,76, lo que indica una ligera tendencia a la acidez. Al igual que las demás variables medidas durante la salida de campo, el pH mostró una gran homogeneidad en todos los sitios visitados.

Nitrógeno total y Fosforo total

El nitrógeno al igual que el fósforo son elementos fundamentales de los cuerpos de agua. Estos nutrientes intervienen en procesos de eutrofización, los cuales se presentan sobre una escala grande de tiempo. A medida que los sistemas acuáticos envejecen gradualmente, se vuelven más productivos y hay una acumulación progresiva de estos nutrientes (Wetzel 1981). Para el nitrógeno total, la ciénaga de San Juan obtuvo el valor más bajo con $0,6 \text{ mg/L-N}$ mientras que la ciénaga de Ayapel registró $2,8 \text{ mg/L-N}$. Por otro lado el fósforo total tuvo un menor valor para la ciénaga Los Palitos, con $0,20 \text{ mg/L-P}$, mientras que en la ciénaga Grande se midieron $2,34 \text{ mg/L-P}$. Estos datos de fósforo corresponden a ambientes meso y eutróficos. En general, el complejo cenagoso evaluado es bastante productivo ya que es alimentado por los ríos Cauca y San Jorge, los cuales al parecer aportan aguas ricas en nutrientes a la región de La Mojana. Los registros obtenidos son significativos si se tiene en cuenta que los muestreos se hicieron bajo los efectos de las inundaciones, las cuales tienden a disminuir la concentración de los nutrientes por efecto de dilución.

Oxígeno disuelto

El valor más alto de OD lo obtuvo la ciénaga de Ayapel con $5,43 \text{ mg} / \text{l}$, mientras que la ciénaga Los Palitos registro $0,8 \text{ mg} / \text{l}$. En general, las ciénagas muestreadas tuvieron aguas relativamente oxigenadas, lo cual hace suponer que las condiciones para los organismos aeróbicos son apropiadas.

Clorofila *a*

La clorofila *a* fue detectable solo en dos de las ciénagas evaluadas. Probablemente la fuerte dilución ocasionada por la inundación generalizada pudo afectar este resultado. No se pueden descartar posibles errores en el procesamiento de las muestras.

7. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE ALGUNOS COMPLEJOS CENAGOSOS

Curvas de capacidad profundidad – área – volumen de las Ciénagas

Para estimar el balance hídrico de algunas ciénagas seleccionadas, se hicieron cálculos basados en el área superficial y en el volumen de agua para diferentes niveles en épocas de aguas altas y aguas bajas. Se utilizó información suministrada por el IDEAM de imágenes satelitales de Landsat de los años 1984 a 2010, con excepción de los años 2001 y 2003. Además se tuvieron en cuenta datos de niveles para diferentes estaciones asociadas a las ciénagas de estudio. Para completar la serie de imágenes mencionadas anteriormente se utilizó el servidor ESDI (Earth Science Data Interface) de la página principal de la Universidad de Maryland. En procesamiento de las imágenes se empleó el software ERDAS. De esta manera se contó con toda la serie anual de fotos satelitales.

A partir de la información disponible, se calculó el área superficial y el volumen de agua de cada ciénaga mediante el uso de sistemas de información geográfica (software ArGis) y se ajustaron las mejores relaciones matemáticas para describir la relación nivel – área – volumen de la cada ciénaga. En el anexo 1 se describe el procedimiento realizado para el procesamiento de la serie de imágenes Landsat.

Los resultados obtenidos de las mejores relaciones potenciales ajustadas después de haber calculado el área superficial y el volumen de agua para cada ciénaga se presentan en la tabla 4 y de manera grafica en las figuras 15 a 22.

Tabla 4. Relaciones Cota - Área – Volumen para algunas ciénagas de la región de La Mojana

CIÉNAGA	Rango Validez cota	Relación Cota - Área	R ²	Relación Cota - Volumen	R ²
Ayapel	0<h<4,18	$A = 2 \cdot 10^7 h^{1,2789}$	0,999	$V = 810844h^{4,6503}$	0,981
San Marcos	0<h<5,72	$A = 2641,6h^{5,4276}$	0,993	$V = 35,171h^{8,4294}$	0,998
La Hormiga	0<h<4,20	$A = 963164h^{1,215}$	0,995	$V = 445884h^{2,8836}$	0,968
Los Palos	0<h<7,02	$A = 5 \cdot 10^6 h^{0,827}$	0,997	$V = 2 \cdot 10^6 h^{2,6643}$	0,964
Machado	0<h<6,63	$A = 3 \cdot 10^7 h^{0,4483}$	0,985	$V = 1 \cdot 10^7 h^{2,4519}$	0,954
Los Patos	0<h<6,60	$A = 3 \cdot 10^7 h^{1,0832}$	0,999	$V = 1 \cdot 10^7 h^{2,8589}$	0,972
Las Islas	0<h<4,24	$A = 4 \cdot 10^6 h^{2,3487}$	0,995	$V = 143812h^{5,6927}$	0,985
Los Murciélagos	0<h<4,25	$A = 2 \cdot 10^7 h^{0,4398}$	0,975	$V = 1 \cdot 10^7 h^{2,2309}$	0,945

h= cota; A= Area superficial de la ciénaga (m²); V=Volumen de agua ciénaga (m³).

Ciénaga Ayapel		
Área (m ²)	Nivel (m)	Volumen (m ³)
80287600	2,750	73596967
83611120	2,833	95061330
83845760	2,839	96609715
90836800	3,015	144721255
96424000	3,155	185945295
99079200	3,221	206400870
108678000	3,462	284959216
108921000	3,468	287042924
109890000	3,493	295398289
113445000	3,582	326684429
115009000	3,621	340764538
116909000	3,669	358128832
118769000	3,715	375403170
120375000	3,756	390537935
125258000	3,878	437800659
127995000	3,947	465115260
128184000	3,952	467023264
134094910	4,100	528111118
137100000	4,175	560225831
137288670	4,180	562265891

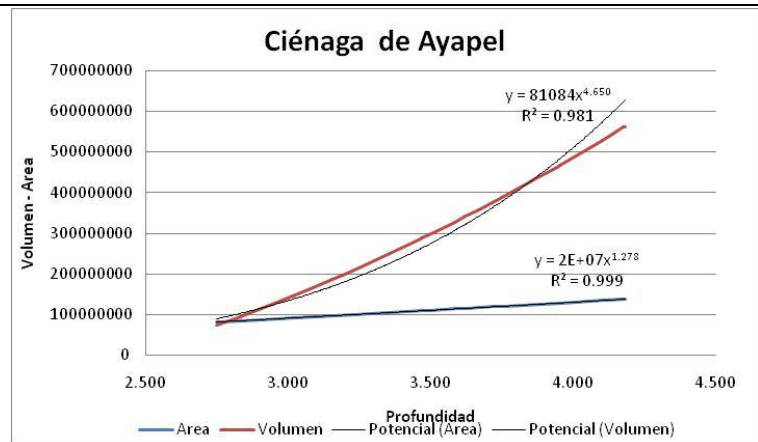
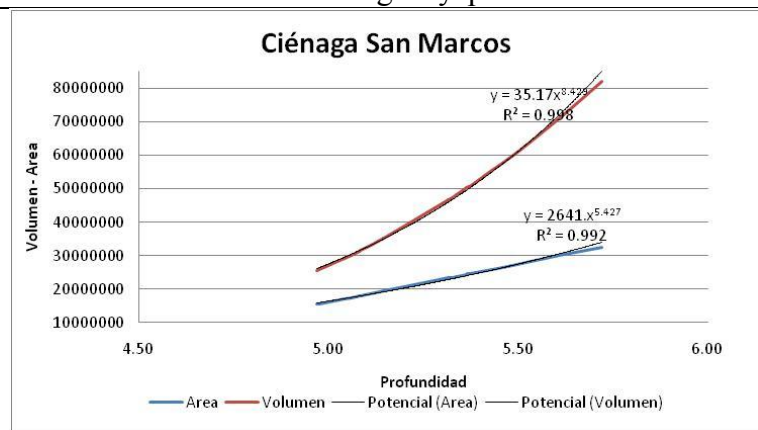


Figura 15. Relaciones potenciales cota - área - volumen Ciénaga Ayapel

Ciénaga San Marco		
Área (m ²)	Nivel (m)	Volumen (m ³)
15424526	4,97	25553298
15511200	4,974	25737478
17048600	5,041	29174644
17461900	5,059	30154358
17960300	5,081	31367000
18050000	5,085	31588877
19422300	5,145	35120348
23343600	5,316	46623340
23552400	5,325	47295942
23796500	5,336	48089848
24451000	5,365	50258873
24502400	5,367	50431711
24526600	5,368	50513211
24590700	5,371	50729476
25925000	5,429	55358855



27152336	5,483	59833177
28239300	5,530	63968647
30283914	5,620	72186237
32575500	5,72	82078681

Figura 16. Relaciones potenciales cota - área – volumen Ciénaga San Marcos

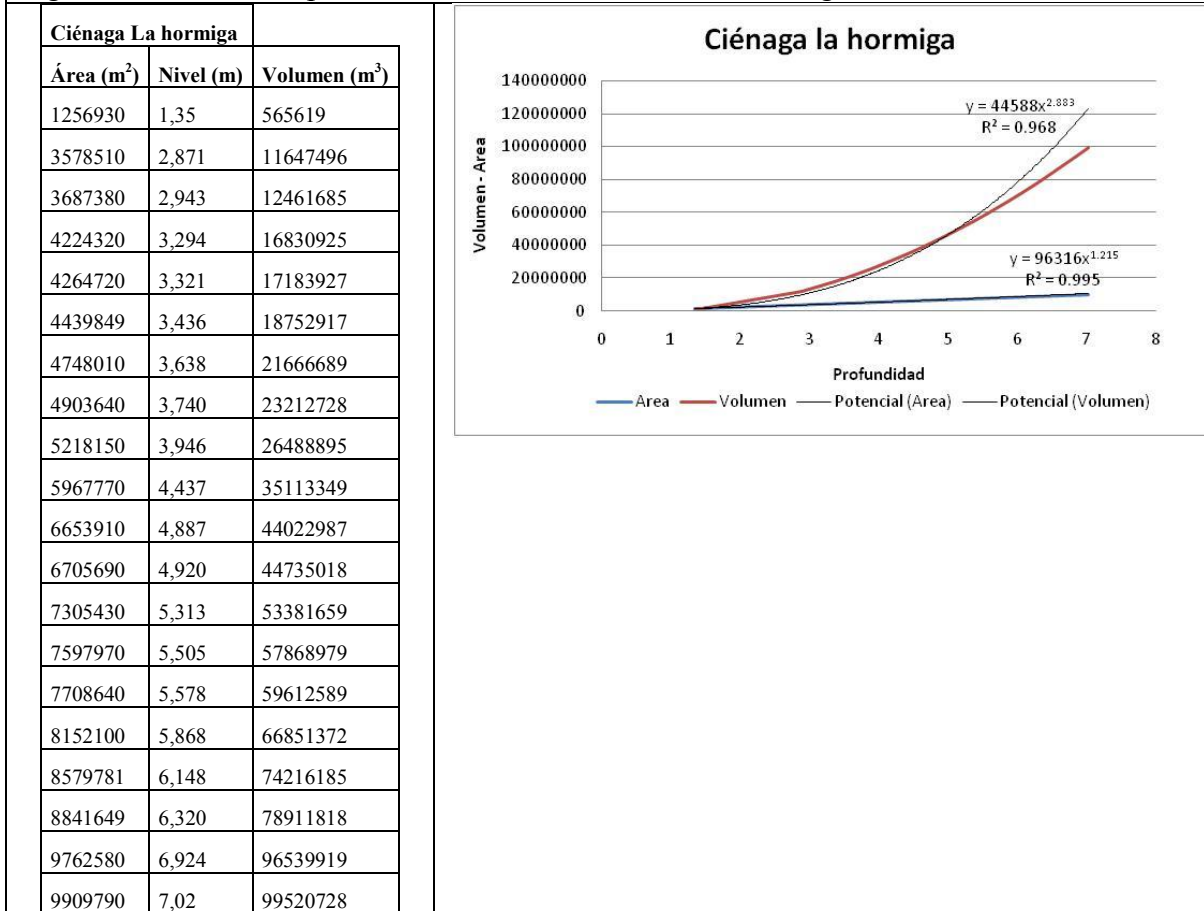
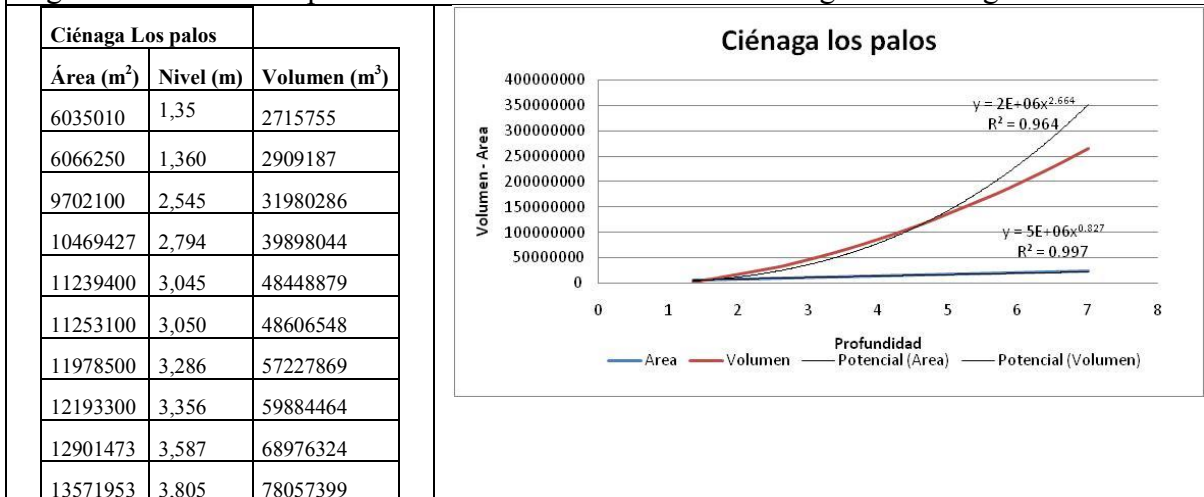


Figura 17. Relaciones potenciales cota - área – volumen Ciénaga La Hormiga



13587300	3,810	78270669
15085200	4,298	100236033
15641500	4,479	108981621
16430500	4,736	121927961
19425400	5,712	176809281
19620000	5,775	180697034
19756500	5,820	183447185
20029284	5,908	189000230
21874200	6,509	228543637
23441700	7,02	264881491

Figura 18. Relaciones potenciales cota - área – volumen Ciénaga Los Palos

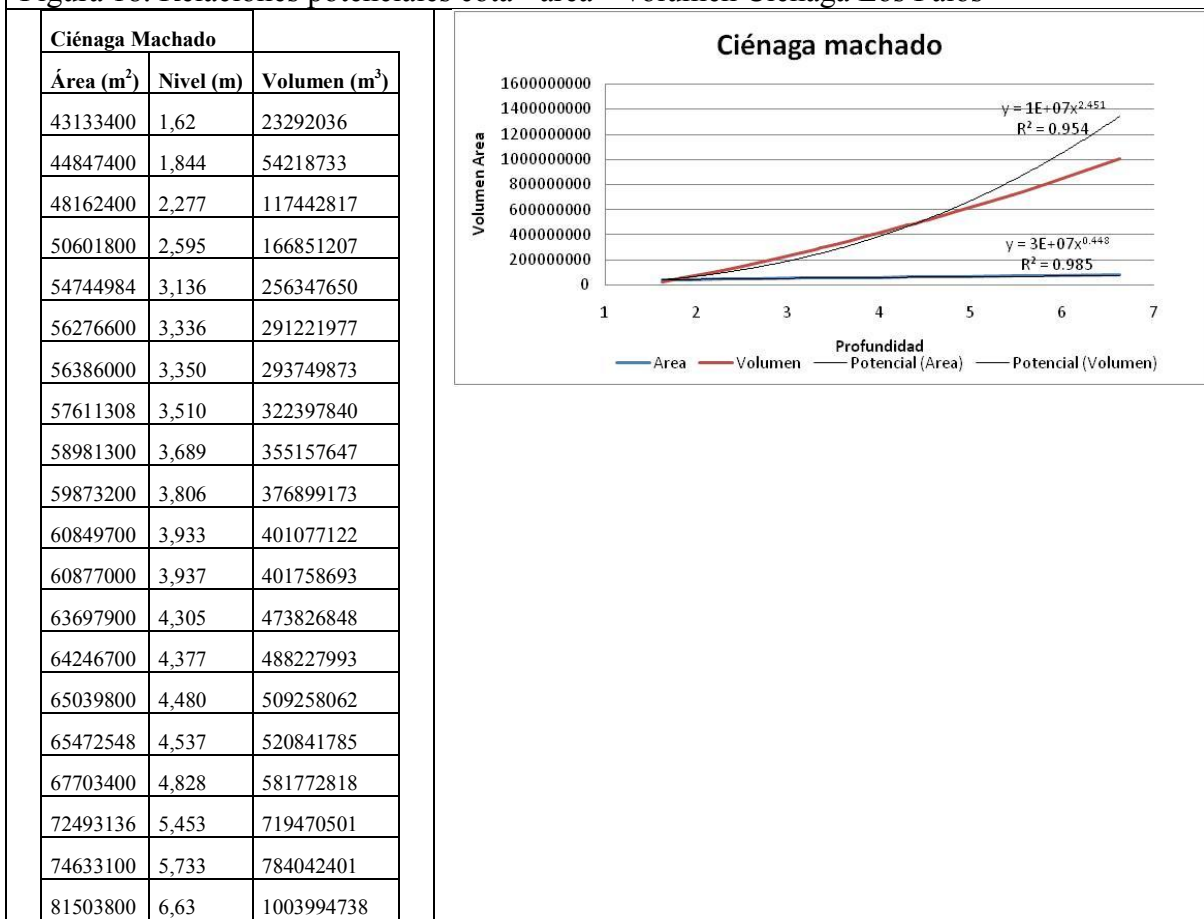


Figura 19. Relaciones potenciales cota - área – volumen Ciénaga Machado

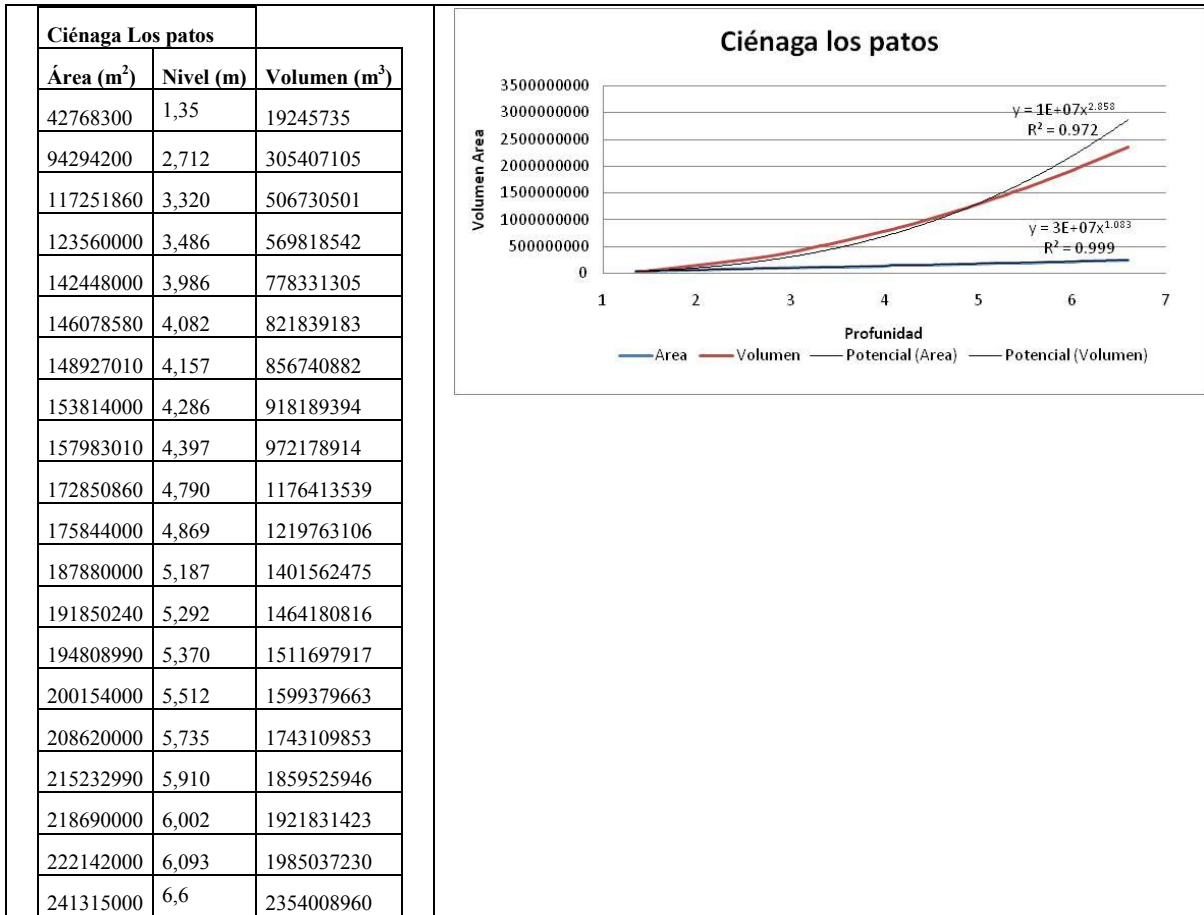
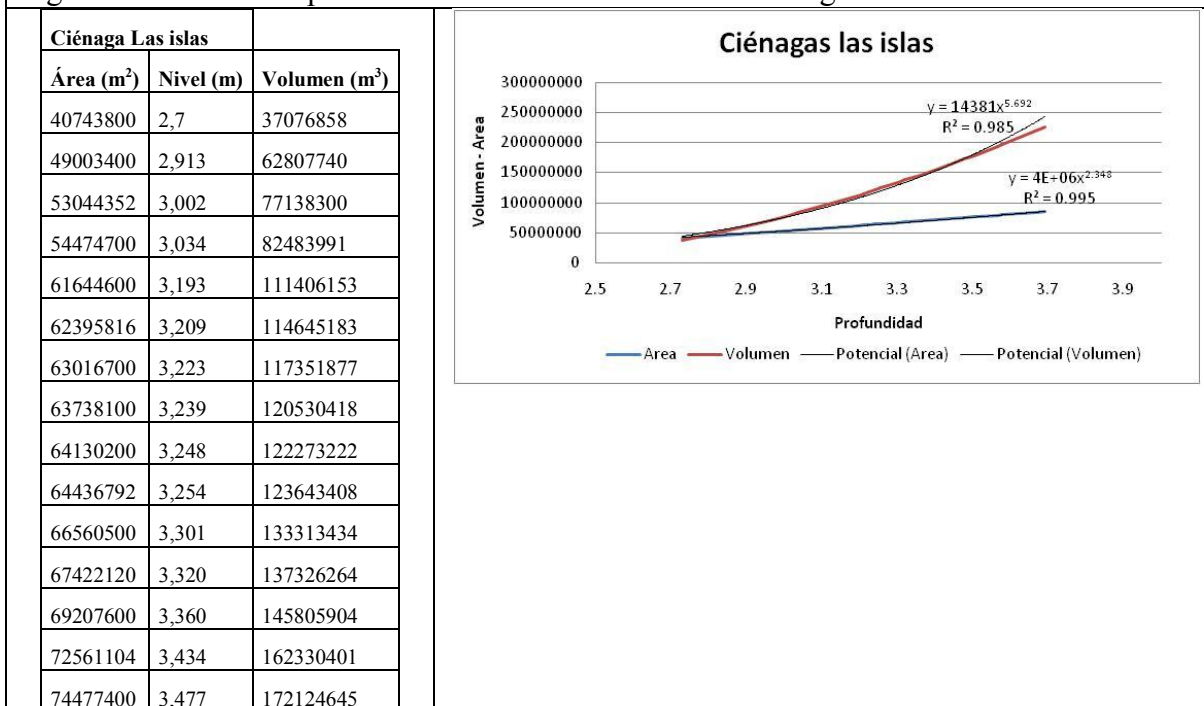


Figura 20. Relaciones potenciales cota - área - volumen Ciénaga Los Patos



75624500	3,502	178109764
78479696	3,565	193403554
79036700	3,577	196453363
82958700	3,664	218536329
84125100	3,7	225310683

Figura 21. Relaciones potenciales cota - área – volumen Ciénaga Las Islas

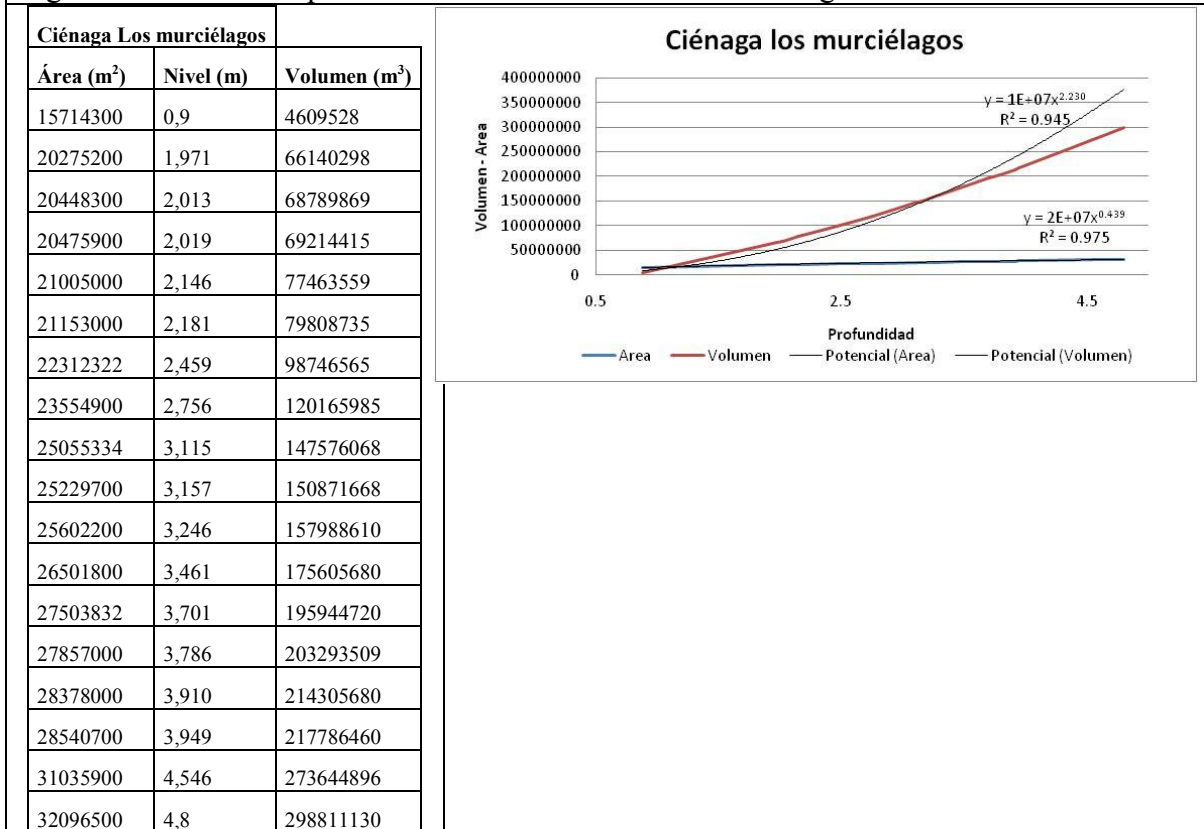


Figura 22.1 Relaciones potenciales cota - área – volumen Ciénaga Los Murciélagos

8. COMUNIDADES PLANCTÓNICAS

La producción primaria corresponde a la velocidad del proceso de fijación del carbono inorgánico en la fotosíntesis (Platt y Sathyendranath 1993, citados en Montoya 2011). Teóricamente se define la producción como bruta o neta según se tengan en cuenta o no las pérdidas por depredación, respiración, excreción y muerte en un intervalo de tiempo dado (Zapata 2001, citado en Montoya 2011). Por otra parte, la eficiencia de la producción puede expresarse como productividad (Margalef 1983, citado en Montoya 2011). A continuación se reseña la producción primaria del fitoplancton en la ciénaga de Ayapel, trabajado realizado por Montoya (2011) (Tabla 5). Para otras ciénagas de la región de La Mojana no se dispone de información sobre este tema.

Tabla 5. Variación de la producción primaria bruta ($\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$) a través del pulso de inundación en el sistema cenagoso de Ayapel (Tomado de Montoya 2011)

Ciénaga	PPB ($\text{mgC m}^{-2} \text{d}^{-1}$)						
	2006				2007		2008
Año	Mayo	Agosto	Septiembre	Diciembre	Marzo	Agosto	Enero
Escobillitas	150,00	156,30	124,97	341,57	0,00	190,00	137,00
Frente al pueblo	157,00	156,30	124,97	341,57	1003,50	190,00	128,70
Paticos	166,70	104,17	229,40	69,45	11,82	177,80	99,97
Playa blanca	170,00	244,53	37,47	69,33	92,67	207,00	76,83
Promedio muestral	160,93	165,33	129,20	205,48	277,00	191,20	110,63

Montoya (2011) encontró una relación inversa entre la transparencia y la concentración de oxígeno, ya que el decremento en la zona fótica debido a altas abundancias de fitoplancton inciden positivamente en el aumento de la tasa fotosintética y en la producción autotrófica de la ciénaga. Según Montoya (2011), en Ayapel se presenta variación de la producción primaria en relación con el pulso de inundación, ya que oscila entre $34,83 \text{ mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (aguas altas en ascenso 2007) y $191,6 \text{ mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (aguas altas en descenso 2007). La producción promedio en Ayapel es de $136,05 \text{ mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (Tabla 5). La mayor producción primaria bruta se encontró en aguas altas en descenso, cuando también Montoya (2011) registró una mayor biomasa algal, una reducción en la eficiencia fotosintética y bajos valores de respiración y de las relaciones P/B y P/R. Es de esperar que estos datos de producción primaria de Ayapel sean similares para otras ciénagas de la región de La Mojana. Si esto es así, se puede concluir que estos ecosistemas acuáticos son altamente productivos y que la alta tasa fotosintética del fitoplancton se reflejará finalmente en una elevada producción de biomasa de peces.

9. COMUNIDADES PERIFÉRICAS

Sobre el perifiton (microorganismos adheridos a sustratos sumergidos) solo se dispone de un estudio detallado en el complejo de Ayapel (Montoya 2011). Según este trabajo, el sistema cenagoso de Ayapel se caracteriza por ser somero ($Z_{\text{max}} = 10\text{m}$), posee un área considerable (150 km^2) y tiene una forma de una depresión cónica cóncava en forma de U, con varios puntos de inflexión. Ayapel tiene un amplio desarrollo de la línea de costa ($F = 4,48$), presenta un valor alto del fetch (15 km) y una baja profundidad relativa ($D_r = 0,06\%$). Estos factores en conjunto favorecen una amplia pista de acción por parte del viento, una baja tendencia a la estabilidad térmica de la columna de agua y el predominio de la mezcla completa nocturna, por lo que se puede considerar el sistema como polimíctico cálido (Montoya *et al.* 2008, citados en Montoya 2011). En otras palabras, esta ciénaga (y posiblemente las demás de la región de La Mojana) presentan muy buenas

condiciones para el desarrollo de las comunidades perifíticas, en especial para las microalgas perifíticas (ficoperifiton).

Es por estas razones que en este ambiente físico se desarrolla una comunidad de algas perifíticas muy diversa. No obstante, las diatomeas presentan una contribución entre el 38 y los 60% de la estructura numérica del ensamble, seguidas en importancia por las clorofíceas (20-40%) y las cianoprocaríotas (8- 13%), como se observa en la Figura 23. En esta gráfica se muestran los datos por muestreo, cada uno de los cuales integra la información de todas las estaciones.

Montoya (2011) encontró que en el perifiton que crece en la raíces de las macrófitas de un mismo género tiene diferencias en la estructura y composición del ensamble, dadas al parecer por variaciones pequeñas en la arquitectura de las raíces de cada especie de planta acuática.

A nivel espacial (por estaciones o sitios de muestreo) la contribución de los grandes grupos taxonómicos a la estructura del ensamble es similar a la obtenida para los muestreos. Las diatomeas sobresalen por su aporte entre el 42 y 70% de la abundancia de especies. Entre las diatomeas, las cianoprocaríotas y las clorofíceas, se alcanza una contribución de más del 90% de la riqueza numérica del ensamble (Figura 24).

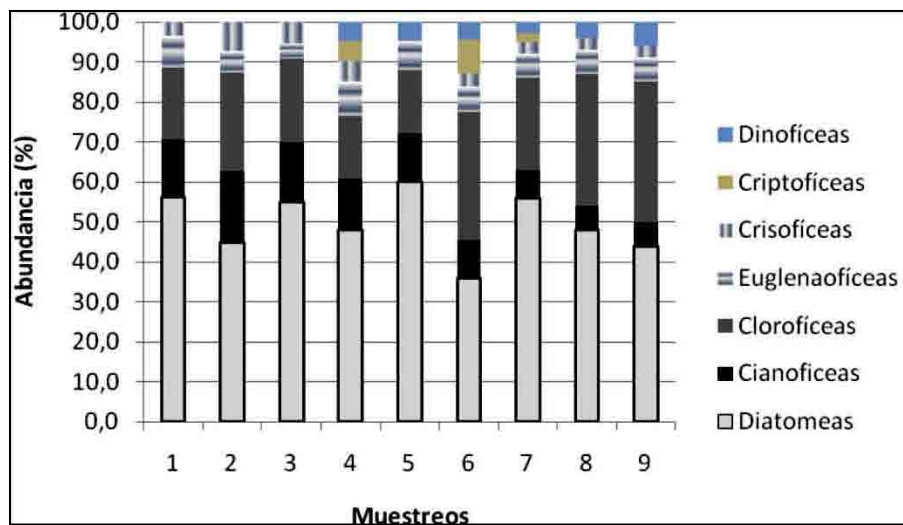


Figura 23. Contribución porcentual promedio de la riqueza de especies de algas del perifiton en cada muestreo del complejo cenagoso de Ayapel (Tomado de Montoya 2011)

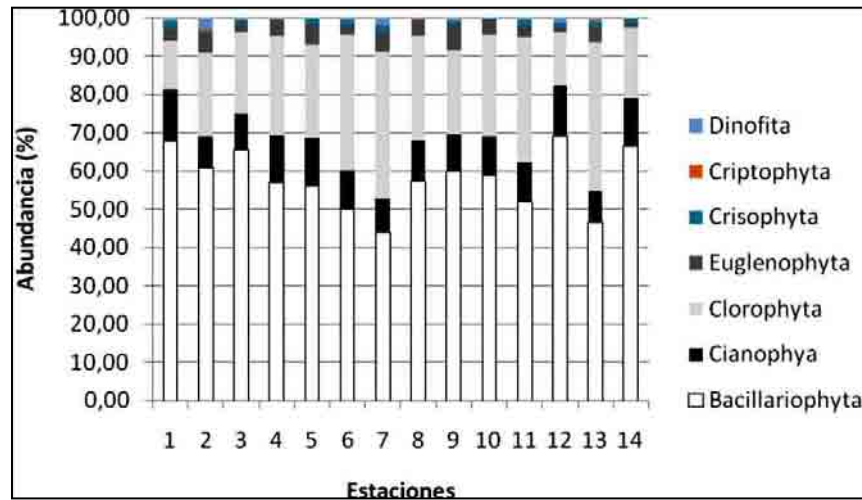


Figura 24. Contribución porcentual promedio de la riqueza de especies de algas del perifiton en cada estación del complejo cenagoso de Ayapel (Tomado de Montoya 2011)

Las densidades de algas perifíticas halladas por Montoya (2011) en Ayapel son altas (promedio de 8.964 algas/cm²), en comparación con otros ecosistemas acuáticos colombianos. Esto posiblemente se deba a unas condiciones apropiada de luz, temperatura, nutrientes, iones y velocidad del agua, que favorecen el desarrollo de esta comunidad en este tipo de ambientes cenagosos. Entre los organismos unicelulares que hacen parte del ficoperifiton de Ayapel, Montoya (2011) señala que la predominancia de las diatomeas en el ensamble ficoperifítico, se debe a que estas presentan estructuras especializadas para la fijación (Round 1990, citado en Montoya 2011). Las desmidias fueron escasas porque este grupo prefiere aguas ácidas, pobres en nutrientes, con baja conductividad eléctrica y elevada transparencia, condiciones que no se dan en Ayapel, ni en las otras ciénagas de la región.

Aunque no se han realizado estudios del perifiton en otras ecosistemas acuáticos de la región de La Mojana, es muy posible que los resultados obtenidos por Montoya (2011) en Ayapel sean similares a los que podrían presentar estas comunidades en otras ciénagas de la zona.

10. MACRÓFITAS ACUÁTICAS

Las macrófitas o plantas acuáticas son parte constitutiva de la biocenosis de los humedales, pues cumplen funciones importantes como la oferta de alimento y refugio para un gran número de especies, aportan oxígeno al aire y al agua y limpian el agua de excesos de nutrientes y sustancias tóxicas. De hecho en varios lugares se utilizan como filtros biológicos para la depuración del agua. Wetzel (1981) explica que las angiospermas emergentes son mucho más productivas que la flora subacuática en razón de una mayor disponibilidad de oxígeno, dióxido de carbono y nutrientes, en tanto que estas últimas han

desarrollado adaptaciones para superar las dificultades que supone la difusión de los gases más dificultosa en el agua, por lo que reciclan una porción importante de los productos de la respiración y fotosíntesis, liberando solo una pequeña parte al medio.

Engel (1985, citado en Ramírez y Viña 1998) señala que la importancia de las plantas acuáticas se resume en los siguientes aspectos: (1) confieren estabilidad al terreno, (2) participan tanto de la vía trófica directa como de la detrítica, (3) diversifican las vías tróficas, y (4) constituye la base física y energética para el desarrollo de una abundante y diversa comunidad de organismos asociados (desde invertebrados hasta reptiles, aves y mamíferos). Se considera que las comunidades de macrófitas acuáticas son muy productivas e intervienen de forma importante en los procesos que se desarrollan en el ambiente acuático, pudiendo inclinar el balance de nutrientes a un lado u otro del equilibrio, de acuerdo a su abundancia. En otras palabras, pueden limpiar las aguas de excesos de nutrientes, pero compiten con el fitoplancton y pueden inhibir su desarrollo; pueden almacenar los elementos en su biomasa, pero cuando crecen en exceso los devuelven al medio acuático a través de la descomposición; liberan oxígeno al aire (en el caso de las especies sumergidas, al agua), pero impiden la penetración de luz y favorecen condiciones anóxicas en la columna de agua.

La proliferación exagerada de macrófitas flotantes en las ciénagas de la región de La Mojana ha permitido la formación de grandes firmales. Estos son colchones gigantes compactados y errantes, que a su vez han favorecido la sedimentación y colmatación de caños y ciénagas. La alteración de los ciclos naturales en la dinámica hídrica, ya sea por causas antrópicas o naturales, puede favorecer la proliferación y acumulación exacerbada de macrófitas, lo cual genera una serie de efectos negativos: competencia por luz solar y nutrientes, disminución del oxígeno disuelto, reducción de la calidad fisicoquímica del agua, incremento de la pérdida de agua por evapotranspiración, aumento de la corrosión (por la formación de ácidos orgánicos e inorgánicos) y aumento en los procesos de eutroficación y colmatación. La Depresión Momposina y la cuenca del río Sinú están sometidas a una fuerte alteración de los hábitats naturales, principalmente por la expansión de la frontera agrícola y ganadera. Una de las consecuencias de dichas alteraciones es el aislamiento parcial o total de la mayoría de los cuerpos de agua, acelerando los procesos de aterramiento y pérdida de los humedales. En el estudio de MINAMBIENTE (2002) esta situación fue evidenciada mediante valoraciones de campo, encontrándose una alta cobertura de macrófitas en la mayoría de los complejos y ciénagas muestreados (Tabla 6).

Los jacintos de agua o taponés (*Eichornia crassipes*, *E. azurea*), el churro o gramalote (*Paspalum repens*) y el churri-churri o canutillo (*Hymenachne amplexicaulis*), son las especies dominantes en toda el área de estudio, pues muestran mayor ocurrencia y cobertura. Con la misma frecuencia, pero con menor cobertura, están las cortaderas (*Cyperus* spp.), la zarza (*Mimosa pigra*) y la menos conspicua tripa de pollo (*Neptunia prostrata*). Menos frecuentes son la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) y la lenteja de agua (*Lemna minor*). En un 65% de las ciénagas se encuentran macrófitas sumergidas, principalmente najas o agallas (*Najas arguta*) (Tabla 6, MINAMBIENTE 2002).

Tabla 6. Macrófitas acuáticas dominantes en el área de la depresión Momposina y en la cuenca del río Sinú (Tomada de MINAMBIENTE 2002)

Nombre común	Nombre científico	Familia	Tipo
Lechuga de agua	<i>Pistia stratiotes</i>	Araceae	Flotante
Batatilla acuática	<i>Ipomea aquatica</i>	Convolvulaceae	Anclada flotante
Cortadera	<i>Cyperus</i> sp.	Cyperaceae	Anclada emergente
Lenteja de agua	<i>Lemna minor</i>	Lemnaceae	Flotante
Bijao bocachica	<i>Thalia geniculata</i>	Marantaceae	Anclada emergente
Zarza	<i>Mimosa pigra</i>	Mimosaceae	Anclada emergente
Tripa de pollo, tripa de babilla	<i>Neptunia prostrata</i>	Mimosaceae	Anclada flotante
Mahate, agallia	<i>Najas arguta</i> .	Najadaceae	Sumergida
Lotos	<i>Nymphaea</i> sp.	Nymphaeaceae	Anclada flotante
Clavito	<i>Jussiaea natans</i>	Onagraceae	Anclada flotante
Churri-churri, canutillo	<i>Hymenachne amplexicaullis</i>	Poaceae	Anclada flotante
Churro, hierba de arroz, gramalote	<i>Paspalum repens</i>	Poaceae	Anclada flotante
Tabaquillo	<i>Polygonum</i> sp.	Polygonaceae	Anclada flotante
Tapón, Oreja de mulo	<i>Eichornia azurea</i>	Pontederiaceae	Anclada flotante
Tapón, buchón	<i>Eichornia crassipes</i>	Pontederiaceae	Flotante
Oreja de ratón	<i>Salvinia auriculata</i>	Salvinaceae	Flotante
Hierba bocachica, helechito	<i>Azolla</i> sp.	Salviniaceae	Flotante
Enea	<i>Typha angustifolia</i>	Typhaceae	Anclada emergente
Verdolaga, hierba de chavarri	<i>Ludwigia helminthorriza</i>	Onagraceae	Anclada flotante
Tapón orejón ¹			Anclada flotante

Fuentes: CORANTIOQUIA-NEOTRÓPICOS, 2000; CVS, 2002; SENA/Ministerio del Medio Ambiente, 1997; UN-IDEA, 2000; Viña et al:1991.
Esta especie fue mencionada por los guías de la comunidad en varios lugares, pero se desconoce a que especie pertenece.

11. MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS

Actualmente los macroinvertebrados acuáticos se usan en los estudios de evaluación de la calidad del agua debido a una serie de características que los hacen buenos bioindicadores: su distribución es prácticamente universal, sus hábitos son sedentarios o de poca movilidad, su sensibilidad a las perturbaciones es alta, sus ciclos de vida largos (meses o años) y sus reacciones frente a determinados impactos son rápidas. Además, existen patrones conocidos para muchas especies de estímulo-respuesta ante alteraciones físico-químicas y se dispone de métodos de evaluación taxonómica relativamente aceptables para algunas regiones del mundo (Rosenberg y Resh 1996).

Un complejo cenagoso cercano a la zona de La Mojana es el de Zapatosa, en el departamento del Cesar. Allí Martínez (2009) trabajó la comunidad de macroinvertebrados acuáticos con el fin de determinar si estos organismos desempeñaban algún papel como indicadores de la calidad del agua en las ciénagas de Zapatosa, Mata de Palma y La Pachita.

En el bentos (sedimento del fondo de las ciénagas), Martínez (2009) registró en total 5.860 individuos en las tres ciénagas, pertenecientes a 9 familias. Las familias con mayor número de individuos en este ambiente bentónico fueron Dorylaimidae, Naididae y Tubificidae (Tabla 7).

Tabla 7. Abundancias de organismos por familias de macroinvertebrados presentes en el sedimento de las ciénagas del complejo de Zapatosa (Tomado de Martínez 2009)

Familia	Zapatosa				Mata de Palma				La Pachita			
	Nov	Feb	May	Ago	Nov	Feb	May	Ago	Nov	Feb	May	Ago
Ceratopogonidae		1				3		2	1			
Chaoboridae	1	13	13	112	12		1	6				
Chironomidae	23	19	3	638	15	7	5	8	2	21	4	7
Dorylaimidae	42	17	98	573			3					
Cyclestheriidae	17	8		26								
Glossiphonidae			2		1	2	1					
Naididae	35	3	68	1268	67	97	37	58	85	451	427	68
Polymitarcyidae	6	3	24	25	16	18	13	1				
Tubificidae	2		12	45	111	12	8	25	22	137	15	58

En cuanto a los macroinvertebrados acuáticos asociados a las raíces de macrófitas acuáticas en las tres ciénagas, Martínez (2009) obtuvo un registro de 69.397 individuos pertenecientes a 34 familias y 87 taxones. Esta mayor abundancia indica que el hábitat de las raíces es más apropiado para el desarrollo de los invertebrados. La clase Insecta estuvo representada por los mayores valores de abundancia, con cuatro órdenes importantes. De estos, los coleópteros presentaron el mayor número de taxones (tabla 8), con tres familias de escarabajos acuáticos: Hydrophilidae, Dytiscidae y Noteridae. Los odonatos, los dípteros y los hemípteros mostraron abundancias inferiores.

En las raíces de las plantas acuáticas el orden Coleoptera fue el más abundante en Zapatosa con el 50,61%, seguido de Cyclestherida con 28,46%. En la ciénaga Mata de Palma éste tuvo un 27,58% seguido de Diptera con el 24,72%. En la ciénaga La Pachita el orden Diptera alcanzó el 95,18% del total de individuos encontrados. Zapatosa presentó el mayor número de familias, siendo exclusivas de esta ciénaga Aeshnidae (libélula), Belostomatidae (chiche acuático) y Staphilinidae (escarabajo acuático).

Tabla 8. Abundancia de individuos por órdenes y familias de macroinvertebrados asociados a raíces de macrófitas en las ciénagas del complejo de Zapatosa (Tomado de Martínez 2009)

Orden	No. de familias	No. de taxones	Familias más abundantes	No. de taxones
Bassomatophora	3	5	Planorbidae	2
Coleoptera	8	49	Hydrophilidae	19
			Dytiscidae	15
			Noteridae	10
Diptera	5	8	Chironomidae	1
Hemiptera	4	4	Pleidae	1
Odonata	3	9	Libellulidae	6

Las ciénagas consideradas en el estudio de Martínez (2009) poseen comunidades de macroinvertebrados caracterizadas por importantes diferencias en riqueza y abundancia según sea el hábitat que se evalúe. Dentro de los organismos bentónicos, una de las mayores frecuencias de aparición correspondió a los nemátodos, los cuales en general indican la presencia de materia orgánica (Mora y Soler 1993, citados en Martínez 2009). La familia Dorylaimidae en especial señala condiciones de meso a eutrofia en el cuerpo de agua (Pinilla *et al.* 1993, citados en Martínez 2009). Bongers y Ferris (1999, citados en Martínez 2009) afirman que los nemátodos se encuentran donde haya materia orgánica, bajo cualquier condición climática y no migran rápidamente cuando se encuentran bajo estrés. Además, numerosas especies sobreviven a la deshidratación y a la disminución de los niveles de oxígeno. Sin embargo, Moreno (2007, citado en Martínez 2009) encontró que las muestras de sedimento en la ciénaga de Zapatosa están compuestas principalmente por una fase inorgánica (minerales, mineraloides y cationes no volátiles) que corresponde al 60% del peso, seguido por una fase líquida (agua, CO₂ y metano) con un promedio de 30%. La fase orgánica (restos esqueléticos y sustancias orgánicas) es menor al 10%. Esta composición define al sistema bentónico de la ciénaga de Zapatosa como hábitat con condiciones físico-químicas adversas para la sedimentación de materia orgánica, por lo cual parece haber una alta desintegración de la misma en la columna de agua, sin que llegue a acumularse en los sedimentos (Moreno 2007, citado en Martínez 2009).

La presencia y abundancia de oligoquetos y larvas de quironómidos en los sustratos lodosos confirma que los niveles de oxígeno en el bentos son bajos (condición propia de las ciénagas). Sin embargo, la presencia de ninfas de efemerópteros de la familia Polymitarcyidae en Zapatosa y Mata de Palma señala que las características ambientales generales de estas ciénagas no son extremadamente malas, ya que por lo general este grupo es propio de aguas corrientes, oxigenadas y limpias (Pinilla 2000, citado en Martínez 2009). Además, es frecuente que esta familia habite también sustratos lodosos (Roldán 2003, citado en Martínez 2009), por lo que es posible que los taxones de esta familia hallados en las ciénagas de la Depresión Momposina estén adaptados a tales características de aguas

lénticas bajas en oxígeno. Se requieren estudios detallados que permitirían definir la taxonomía de estos efemerópteros atípicos de las ciénagas.

Aunque por lo general la presencia de oligoquetos indica bajos niveles de oxígeno, contaminación por materia orgánica y aguas turbias y eutrofizadas (Toro *et al.* 2003, citados en Martínez 2009), en las ciénagas trabajadas los niveles de materia orgánica en el sedimento son bajos, con promedios entre 3% y 4% (Romero 2007, citado en Martínez 2009). Estos individuos permanecen en el agua durante todo su ciclo vital y se adaptan fácilmente a medios perturbados, dadas sus condiciones morfológicas y fisiológicas (Acevedo 1995, citado en Martínez 2009). Presentan altas concentraciones de hemoglobina en la sangre, lo que les permite adquirir oxígeno del medio hipóxico; sus formas alargadas les facilitan el desplazamiento a través de los sedimentos, además de ofrecer mayor área para el intercambio gaseoso a través de la piel.

Las larvas de la familia Chironomidae (dípteros) se encuentran en sitios donde abunda la materia orgánica en descomposición y por lo tanto son indicadores de aguas mesoeutróficas (Roldán 1988, citado en Martínez 2009). Además, prefieren lugares remansados y protegidos de fuertes corrientes (Fernández y Domínguez 2001, citados en Martínez 2009). Por lo general indican aguas medianamente contaminadas a muy contaminadas (Escobar 1989, citado en Martínez 2009). A pesar de estas generalizaciones, es claro que a nivel específico hay grandes diferencias entre los quironómidos, ya que existen especies de aguas limpias y otras de aguas sapróbicas. Dadas las dificultades en la identificación taxonómica para establecer la capacidad bioindicadora de este grupo, Martínez (2009) sugiere que se requieren estudios futuros para aclarar el papel ecológico de los géneros y especies de esta familia de mosquitos en las ciénagas de la región.

En general la comunidad de macroinvertebrados de los ecosistemas cenagosos que se trabajados es característica de ambientes ricos en materia orgánica (en especial en las raíces de las plantas acuáticas), con abundantes macrófitas y con elevada dominancia de unos pocos taxones. Es una comunidad que parece ser muy estable espacial y temporalmente, al menos a la escala de tiempo utilizada en el trabajo de Martínez (2009). Es muy probable que las comunidades de invertebrados acuáticos de las ciénagas de La Mojana sean muy similares a las halladas por Martínez (2009) en Zapatos.

12. PECES Y PESQUERÍAS

La información recopilada sobre peces y pesquerías en el “Plan de manejo integral de los humedales de la subregión de la Depresión Momposina, parte baja de los ríos Cauca, Magdalena y San Jorge y Cuenca del río Sinú” (MINAMBIENTE 2002) corresponde a 53 localidades de muestreo incluyendo ambientes lóticos y lénticos. En dicho trabajo se registraron 31 especies ícticas en la región de La Mojana y 67 en la cuenca del Sinú. Estas especies son aprovechadas para consumo humano, carnada o para sustento de animales. Las diferencias que se presenta en cuanto a la composición de especies registradas en otros estudios (MINAMBIENTE-CORPOMOJANA 2001, UNAL-INVIAS 2002, Aguilera 2004)

y las encontradas en el trabajo de MINAMBIENTE (2002), radican en que en aquellos documentos mencionados se centran fundamentalmente en las especies que tienen importancia comercial y en consecuencia se discute su movilización a nivel regional. En el plan de manejo de MINAMBIENTE (2002) se registran otras especies importantes a nivel regional, las cuales se emplean con carácter comercial, pero también de autoconsumo por parte de las comunidades humanas locales. Por lo tanto, se incluyen especies importantes para la economía de los pescadores y en general para las comunidades que se ven beneficiadas por su oferta proteínica de manera directa o indirecta.

Composición y abundancia de las capturas

En la Tabla 9 se presentan las especies en cada zona de referencia. Las especies ícticas más importantes por su alta frecuencia y por estar en todos los complejos cenagosos son: bocachico (*Prochilodus magdalenae*), blanquillo (*Sorubim lima*), viejito (*Cyphocharax magdalenae*), moncholo (*Hoplias malabaricus*), arenca (*Triportheus magdalenae*), pácora (*Plagioscion magdalenae*), mojarra amarilla (*Caquetaia kraussi*) y barbul (*Pimelodus clarias*).

Entre las especies exclusivas de la cuenca del Magdalena se registran: barbona (*Trichogaster pectoralis*), bagre (*Pseudoplatystoma fasciatum*), arenca (*Thriportheus magdalenae*) y pácora (*Plagioscion surinamensis*). Además de las especies mencionadas, se registran otras con poca presencia en las capturas como doncella (*Ageniosus caucanus*), chango (*Cyrtocharax magdalenae magdalenae*), arenca (*Triportheus magdalenae*), mayupa (*Sternopygus macrurus*), comelón (*Leporinus muiscorum*), vizcaína (*Acuticurimata mivartii*), cachegua (*Trachycorystes insignis*) mata caimán o carrache (*Centrochir crocodiles*), agujeta (*Ctenolucius hujeta*), raya (*Potamotrygon magdalenae*), cabecita de piedra (*Aequidens pulcher*), picuda (*Salminus affinis*), jetudo o sabaleta (*Ichthyelephas longirostris*) y mojarra morruda (*Geophagus steindachneri*). Algunas de las mencionadas son de gran importancia comercial y otras generalmente se desechan, como la mayupa, la cachegua, la agujeta y el mata caimán, entre otras.

En cuanto a la abundancia relativa en las capturas en las zonas de interés, el estudio de MINAMBIENTE (2002) señala en su orden de mayor a menor importancia las siguientes especies: bocachico (35,9%), bagre (15,3%), viejito o yalua (14,9%), moncholo (11,3%), barbul (8,7%), mojarra lora (8,1%), pácora (7,3%) y blanquillo (6,7%). Los resultados de este estudio muestran también que las especies que sostienen actualmente las pesquerías son básicamente las mismas en todas las subregiones.

Aunque se registra mayor abundancia del bocachico, históricamente y por tendencia, la captura de esta especie en la cuenca Magdalénica muestra un fuerte deterioro. Cambió de 10.328,53 ton en 1993 a 5.963,3 ton en 1999, es decir, tuvo una reducción de 4.365,23 ton en 6 años. Esto al parecer se debe, entre otras causas, a la captura de peces por debajo de las tallas mínimas exigidas (sobrepesca) y a la captura de hembras cargadas en épocas de bajanzas. El empleo generalizado del trasmallo afecta las pesquerías de esta y otras

especies; su uso equivale al 67% del total de las artes empleadas en la subregión Momposina. La presión indiscriminada sobre el recurso íctico no considera las épocas reproductivas ni el comportamiento hidrobiológico del bocachico y de otras especies propias a la subregión (MINAMBIENTE 2002).

Tabla 9. Especies ícticas en las subregiones de la depresión Momposina y la cuenca del río Sinú, registradas en el Plan de Manejo Integral de los humedales de la Subregión de la Depresión Momposina (MINAMBIENTE 2002)

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Bocachico*	<i>Prochilodus magdalenae</i>
Bagre pintado***	<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>
Yalúa/Viejito*	<i>Cyphocharax magdalenae</i>
Moncholo*	<i>Hoplias malabaricus</i>
Mojarra Amarilla*	<i>Caquetaia kraussii</i>
Liseta/Comelon*	<i>Leporinus muyscorum</i>
Bagre blanco*	<i>Sorubim cuspicaudus</i>
Tilapia*	<i>Oreochromis niloticus</i>
Barbul*	<i>Pimelodus clarias</i>
Cachana/Chango*	<i>Cyrthocharax magdalenae</i>
Róbalo**	<i>Centropomus undecimalis</i>
Sábalo*	<i>Tarpon atlanticus</i>
Dorada*	<i>Brycon moorei</i>
Rubio/Picua*	<i>Salminus affinis</i>
Mayupa*	<i>Sternopygus macrurus</i>
Perico/Cachegua*	<i>Trachycorystes insignis</i>
Cocobolo*	<i>Aequidens pulcher</i>
Doncella*	<i>Ageneiosus caucanus</i>
Liso**	<i>Rhamdia sebæ</i>
Jorobaa/Mojarra morruda*	<i>Geophagus steindachneri</i>
Anchova**	<i>Mugil incilis</i>
Pacora***	<i>Plagioscion magdalenae</i>
Arenca ***	<i>Triportheus magdalenae</i>
Vizcaina ***	<i>Acuticurimata mivartii</i>
Agujeta*	<i>Ctenolucius hujeta</i>
Raspacanoa/ Alcalde*	<i>Loricaria sp.</i>
Cacuchos*	<i>Panaque gibbosus</i>
Cachama*	<i>Colossoma macropomum</i>
	<i>Piaractus brachypomus</i>
Barbona*	<i>Trichogaster pectoralis</i>
Raya***	<i>Potamotrygon magdalenae</i>
Chipi chips***	<i>Megalechis thoracata</i>
Carache/matacaiman***	<i>Centrochir crocodilli</i>
Geton/Getado***	<i>Ichthyelephas longirostris</i>

* Depresión Momposina y Sinú.
** Sinú
*** Depresión Momposina

Los siguientes datos de MINAMBIENTE (2002) muestran claramente el problema de la sobrepesca en la región: “El 69% de las especies capturadas no alcanzan las tallas mínimas establecidas mediante Resolución No, 025 del 27 de enero de 1971, la cual estipula una talla mínima de captura para cada especie. De estas tallas permitidas solo se capturan individuos de bocachico (25 cm) en un 36%, bagre (60 cm) 32%, blanquillo (45 cm) 30%, pácora (30 cm) 30%, moncholo (25 cm) 60%, arenca (15 cm), 60%, barbul (18cm) 33%, comelón (20 cm) 87% y chango (25 cm) 22%. Las especies de doncella (35cm) y viejito (15 cm) no alcanzan dicha talla”.

Captura total y captura por unidad de esfuerzo pesquero (CUEP):

Según el “Plan de manejo integral de los humedales de la subregión de la Depresión Momposina” (MINAMBIENTE 2002), la captura total mensual de peces para las dos subregiones (Depresión Momposina y cuenca del Sinú) es de 1'083.310 kg/mes. De estos, la zona del San Jorge registra la mayor proporción (444.140 kg/mes), la cual proviene principalmente de dos complejos: el sistema Bajo San Jorge- Brazo de Loba- Bajo Cauca-Pancegüita y el sistema de Ayapel. El solo Brazo de Loba produce 211.649 kg/mes.

Cuando se miran las capturas por unidad de esfuerzo pesquero (CUEP en kg/canoa/día), se obtiene que las mayores ocurren en el Brazo de Loba (21,82) y una de las menores se da en el río Sinú (6,11). Esto se debe a que en el río Sinú hay una gran cantidad de unidades de pesca (111 canoas), mientras que el Brazo de Loba solo hay 22 canoas. En el Cauca y en el San Jorge las CUEP son similares (12,27 y 11,71), pero con una mayor cantidad de canoas en el segundo (86) con respecto al primero (24). En este caso, la producción pesquera parece ser mucho mayor en el río San Jorge debido posiblemente a su conexión más directa con los sistemas cenagosos de Ayapel y del norte de la región de La Mojana.

Una problemática evidente con la pesca es que los pescadores por acción de los terratenientes (ganaderos) han sido relegados a determinadas áreas de los complejos cenagosos, por lo que la presión sobre el recurso en algunas áreas es mayor (por ejemplo en el complejo Ayapel) y solo pueden pescar en ciertos sectores. Las fincas han extendido sus cercas hacia las ciénagas con letreros de prohibido pescar y cazar. Lo anterior indica la necesidad de establecer medidas de concertación con el gremio ganadero, además de buscar alternativas de producción para los pescadores, tendientes a bajar la presión que ejercen sobre el recurso pesquero, ya que la pesca es la única actividad que les genera empleo (MINAMBIENTE 2002).

13. INDICE DEL ESTADO LIMNOLOGICO

El estado limnológico de un sistema acuático se puede definir como la condición de salud ecológica que posee (Pinilla *et al.* 2010). Para establecer dicha condición en algunas

ciénagas de la región de La Mojana se utilizó el Índice de Estado Limnológico Parcial (IELP) diseñado por los autores mencionados. Se denomina parcial porque esta versión del índice no tiene en cuenta variables biológicas (a excepción de la clorofila), tales como peces, macroinvertebrados y fitoplancton (Pinilla *et al.* 2010).

Variables para la determinación del estado actual de las ciénagas

La siguiente es una lista de los indicadores de calidad o de las condiciones ecológicas, basándose en la información limnológica descrita en los capítulos tratados con anterioridad y la información obtenida en campo. Algunos de estos indicadores se utilizaron para el cálculo del índice de estado limnológico parcial (IELP) que se detalla más adelante:

- Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto. Porcentajes cercanos a 100 indican aguas bien oxigenadas y apropiadas para el desarrollo de organismos aerobios; porcentajes menores a 60 muestran problemas para algunos organismos.
- Unidades de pH. Valores de pH muy ácidos (pH menor a 5) o valores muy básicos (pH mayor a 9), dificultan la actividad biológica. Un pH neutro (pH +/- 7) es más adecuado.
- Concentración de Nitrógeno Total. Cantidad de nitrógeno total en mg/l. Concentraciones superiores a 5 mg/l indican eutrofia; por el contrario, valores menores muestran oligotrofia.
- Concentración de Fósforo Total. Cantidad de fósforo total en mg/l. Valores superiores a 0,02mg/l indican eutrofia y menores a 0,01 mg/l muestran oligotrofia.
- Relación nitrógeno/fosforo (N/P). Indicador de elemento limitante para la producción biológica. La relación se basa en los nutrientes en su forma total. Si la relación está entre 10 y 16 átomos de nitrógeno por cada átomo de fósforo, no hay limitación; si es menor a 10 el nitrógeno es el limitante; si es mayor a 16, el fósforo es el elemento limitante.
- Conductividad eléctrica o salinidad. Indicador de la influencia de una elevada mineralización y de procesos locales de aportes de sales a los ecosistemas acuáticos. Valores superiores a 400 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) indican posibles condiciones estresantes para los organismos dulceacuícolas.
- Relación área/volumen. Indicador del proceso de colmatación y del periodo hidrológico (época seca-época lluvia). Las variaciones permiten identificar la disminución o el aumento de la superficie cubierta por las ciénagas.
- Concentración de clorofila "a" en mg/m^3 . Medida indirecta de la biomasa algal y de la producción primaria. Concentraciones altas (mayores a $10 \text{ mg}/\text{m}^3$) son propias de ambientes muy productivos y concentraciones bajas (menores a $5 \text{ mg}/\text{m}^3$) ocurren en aguas poco productivas.

Tabla 10. Variables utilizadas para el cálculo del Índice de Estado Limnológico Parcial (Pinilla *et al.* 2010) de las ciénagas de la región de La Mojana

NOMBRE CIÉNAGAS	Variables para el IELP							
	% Sat O ₂	pH	Nitrógeno total (mg/L-N)	Fósforo total (mg/L-P)	N/P	Cond. (µS/cm)	Área/Vol	Clorofila <i>a</i>
CIÉNAGA SAN MARCOS	47,01	6,51	2,2	0,47	4,7	101	0,39	ND*
CIÉNAGA LA CRUZ	59,29	6,66	2,5	0,36	6,9	103	0,10	ND*
CIÉNAGA AYAPEL	70,06	6,57	2,8	0,76	3,6	143	0,24	ND*
CIÉNAGA CUIVA	36,51	6,62	1,4	0,29	4,8	130	0,1	ND*
CIÉNAGA LOS PALITOS	10,47	6,66	1,2	0,20	6,0	134	0,1	27,59
CIÉNAGA SAN JUAN	31,02	6,76	0,6	0,58	1,0	127	0,1	ND*
CIÉNAGA GRANDE	40,25	6,6	1,2	2,34	0,5	122	0,10	ND*
CIÉNAGA NOMBRE DESCONOCIDO	11,48	6,34	0,8	1,01	0,7	105	0,37	ND*
CIÉNAGA EL ROBLAL	45,54	6,48	2,8	0,42	6,7	107	0,10	0,89

Con los valores hallados para los indicadores descritos (Tabla 10) se calculó el IELP para las ciénagas de la región de La Mojana. Como otros índices de este tipo, el IELP se basa en combinaciones matemáticas que procuran reducir las variables a un solo número. Este número representaría el estado de la calidad del agua y de las condiciones ecológicas en las diferentes ciénagas. El IELP es una herramienta simplificada para examinar las condiciones ambientales actuales o en diferentes escenarios de estos ecosistemas y así guiar en la toma de decisiones más acertadas frente a una evaluación ambiental. Adicionalmente, las aplicaciones del IELP se fundamentan en funciones como análisis de tendencias, reducción de información ambigua a resultados puntuales, clasificación de los sitios según las condiciones ambientales, ayuda en la toma de decisiones y como fuente de información no solo para la comunidad científica, sino para la sociedad en general (Pinilla *et al.* 2010).

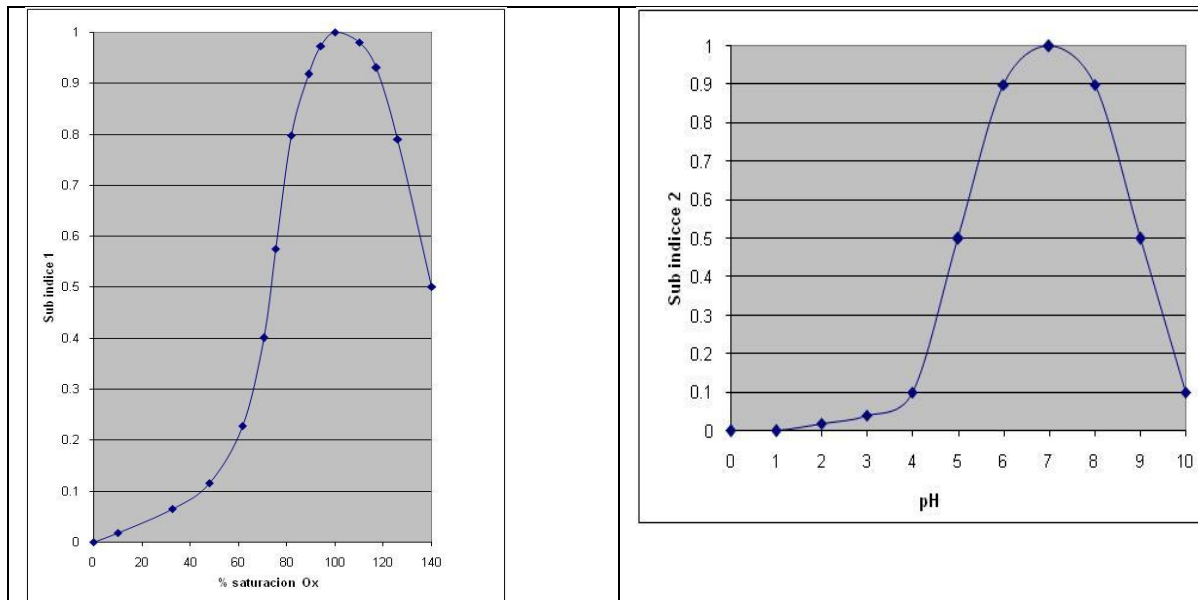
El cómputo del IELP se basa en dos principios: el cálculo de los subíndices de calidad para cada una de las variables seleccionadas y la asignación de un factor de ponderación a cada una de ellas. El valor final del IELP corresponde a la sumatoria de todos los subíndices de calidad multiplicados por sus respectivas ponderaciones. En la tabla 11 se presentan los valores de la ponderación o importancia (*vi*) sugeridos por Pinilla *et al.* (2010). Dichos valores los establecieron los autores tomando en cuenta la experiencia que previa en

estudios limnológicos y de calidad de aguas (Ramírez y Viña 1998) y el grado en que cada variable afecta o refleja el funcionamiento de las ciénagas tropicales (Arias 1985, Payne 1986, Esteves 1988, Roldán 1992, Pinilla 2005, todos citados en Pinilla *et al.* 2010).

Tabla 11. Subíndices de importancia (vi) asignados a las variables utilizadas para la construcción del IELP

Variable	Unidades	Valor (vi)
% Sat O ₂	%	0,15
pH	Unidades	0,05
Nitrógeno total	(mg/LN)	0,1
Fósforo total	(mg/L-PO4-3)	0,1
Relación N/P	--	0,1
Conductividad	(μS/cm)	0,05
Relación Área/Volumen	--	0,05
Clorofila	mg/m ³	0,1

Para cada parámetro Pinilla *et al.* (2010) desarrollaron curvas de calidad que van en una escala de 0 a 1(0=baja calidad y 1= alta calidad) (Figura 25).



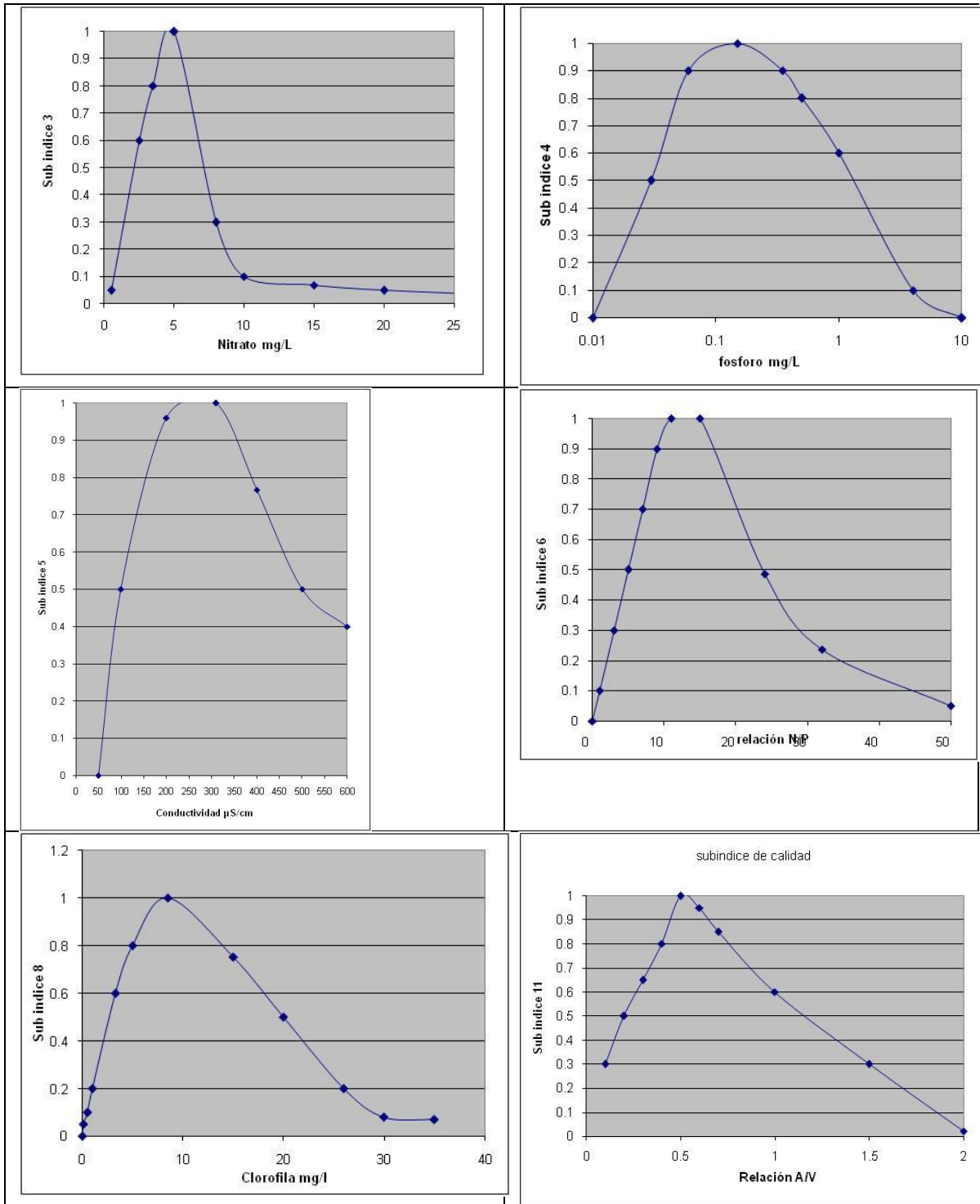


Figura 25. Curvas de calidad para los parámetros empleados en el cálculo del IELP (Tomado de Pinilla *et al.* 2010)

Con base en las curvas de la figura 25 se establece la calidad de cada variable y se relaciona con los subíndices de calidad (ci) para cada una mediante la ecuación (3). De esta manera, dado un determinado valor de un parámetro, se establece en la curva de calidad su correspondiente ci y se multiplica por su ponderación (vi). La estructura matemática de IELP se basa en la sumatoria del producto de los subíndices (vi) por (ci) hallados para cada variable:

$$IEL = \sum_{i=1}^{12} V_i \times C_i \times 100 \quad (3)$$

Resultados de la aplicación del IELP

Los valores obtenidos del IELP fluctúan entre 0 y 100 y su interpretación se hace con base en los rangos que se presentan en la Tabla 12. Los estados limnológicos que se plantean son crítico, aceptable, adecuado e ideal y se refieren a la menor o mayor capacidad que tienen las ciénagas para cumplir adecuadamente sus funciones ecológicas.

Tabla 12. Clasificación del estado limnológico con base en el IELP (Tomado de Pinilla *et al.* 2010)

Valor del IELP	Significado
0-50	Estado limnológico crítico. La ciénaga está sometida a fuerte estrés que impide el cumplimiento de la mayoría de sus funciones ecológicas
51-65	Estado limnológico aceptable. La ciénaga se encuentra dentro de los límites aceptables de funcionamiento, pero se presentan disturbios que disminuyen su capacidad de autorregulación
66-80	Estado limnológico adecuado. La ciénaga cumple la mayoría de sus funciones ecológicas razonablemente
81-100	Estado limnológico ideal. La ciénaga cumple todas sus funciones ecológicas adecuadamente

Al aplicar el IELP a los datos de algunas ciénagas de la región de La Mojana (Tabla 13), se observa que la ciénaga Grande obtuvo el valor más bajo (IELP crítico). Solo la ciénaga Los Palitos presentó un valor del IELP que indica condiciones aceptables. La mayoría de las ciénagas presentaron un estado limnológico crítico, lo cual se relaciona con el incremento de las precipitaciones para la región, condicionando estados de estrés que impiden el

correcto funcionamiento de las funciones ecológicas del sistema. Dicho estrés se podría deber a los efectos de la intensa inundación de la región que pudo haber disminuido las condiciones apropiadas de las ciénagas. Habría que registrar las variables en otros periodos (transición y aguas bajas) para saber de qué manera se modifican las condiciones limnológicas de estas ciénagas. Es de suponer que en tales épocas mejoraría la salud ecológica de estos cuerpos de agua, ya que las condiciones de inundación se normalizarían.

En síntesis, se podría decir que las diferentes ciénagas evaluadas se homogeneizaron por la inundación, por lo que tuvieron una respuesta muy similar en el IELP (Tabla 13). Las condiciones que pudieron determinar estos bajos valores del IELP son al parecer la limitación por nitrógeno, la reducida producción fitoplanctónica y el exceso de agua que redujo fuertemente la relación área/volumen.

Tabla 13. Clasificación del estado limnológico de algunas ciénagas de La Mojana según el IELP

Ciénaga	Valor de IELP	Estado Limnológico
CIÉNAGA SAN MARCOS	37,35	Crítico
CIÉNAGA LA CRUZ	46,72	Crítico
CIÉNAGA AYAPEL	45,40	Crítico
CIÉNAGA CUIVA	36,22	Crítico
CIÉNAGA LOS PALITOS	53,52	Aceptable
CIÉNAGA SAN JUAN	29,52	Crítico
CIÉNAGA GRANDE	25,72	Crítico
CIÉNAGA NOMBRE DESCONOCIDO	27,64	Crítico
CIÉNAGA EL ROBLAL	47,47	Crítico

14. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL DE LOS CUERPOS DE AGUA

Existen diferentes tensores ambientales que afectan el funcionamiento ecológico de las ciénagas de la región de La Mojana, como la ya mencionada sobrepesca, la reducción de sus áreas mediante rellenos y jarillones, la introducción de especies exóticas, la extinción de especies nativas, la disposición de aguas residuales, los aportes de agroquímicos y pesticidas por las labores agrícolas y pecuarias, la presencia de metales pesados derivados de la minería del oro, etc. Como se ve, la problemática es compleja y requiere un abordaje integral. A manera de ejemplo, se presentan a continuación algunos datos sobre la contaminación con mercurio (Hg), uno de los problemas más álgidos en la zona de estudio y qué está bien documentado.

Metales pesados (Mercurio principalmente)

Los metales pesados agrupan sustancias como el cadmio y el mercurio, principales contaminantes dentro de este grupo de sustancias, además de otras como el cromo, el cobalto, el cobre, el molibdeno, el níquel, el plomo, el estaño, el titanio, el vanadio, el zinc y la plata. Estos elementos constituyen un riesgo serio para el medio ambiente, ya que son sustancias altamente persistentes, presentan elevados niveles de bioacumulación, alcanzan altas cotas de toxicidad y se absorben muy eficientemente a través de las membranas biológicas por su elevada afinidad química por el grupo sulfhidrilo de las proteínas.

Dado que las distintas especies de peces se ubican en varios niveles de las res alimenticias acuática, son excelentes indicadores de contaminación por metales pesados, ya que pueden bio-acumular y bio-magnificar a través de ella altas concentraciones de estos elementos (Álvarez 2009). La concentración de mercurio en las diferentes especies de peces depende de su posición en la cadena trófica y de los hábitos alimentarios de cada especie. El análisis de mercurio en secciones del músculo de peces realizado por Olivero-Verbel y Solano (1998, citados en Álvarez 2009) muestra que en especies iliófagas (comedoras de sedimento) como *Prochilodus magdalenae*, las concentraciones de mercurio son bajas, comparadas con las de especies carnívoras como *Hoplias malabaricus*, e incluso detritívoras como *Triporthus magdalenae*, que presentan una acumulación considerable del metal principalmente durante la época seca del año. De la misma manera, dicho estudio mostró una homogenización de la acumulación de mercurio entre las especies en la época de lluvias, con respecto a la época seca y encontró una correlación directa entre la concentración de mercurio en el músculo de la cachagua o rotavieja *Curimata magdalenae* (actualmente *Trachelyopterus insignis*) y el contenido de este metal en los sedimentos, por lo que los autores sugieren que esta especie puede ser una buena indicadora de la contaminación de mercurio (Álvarez 2009).

El 40% del mercurio contenido en los peces se bio-acumula en forma de metilmercurio quedando disponible hasta llegar al hombre por medio de la cadena trófica. Con respecto a las normas ambientales internacionales, la región sobrepasa todo estándar máximo permisible para mercurio y metilmercurio, haciendo necesaria la inmediata toma de medidas ambientales (Ramos *et al.* 2000).

La principal fuente de contaminación por metales pesados proviene de las aguas que se vierten en los complejos mineros, las cuales llegan al sistema fluvial de los ríos Cauca y Magdalena, donde se han detectado concentraciones importantes de Hg total (desde no detectable-nd hasta 2,763 µg/lit en época seca; 0,384–9,034 µg/lit en época lluviosa), Hg disuelto (nd–1,180 µg/lit), Hg disuelto/Hg total ($70\% < 0,300$ µg/lit), con correlaciones altas en la relación Hg/sólidos suspendidos (0,58–0,97), al igual que para la relación Hg/turbidez (0,77–0,91) (Tabla 14). En los sedimentos se ha comprobado un rango de 186–476 µg/kg, un aumento de la concentración en época lluviosa, la disminución de la concentración a medida que se aumenta la distancia a las áreas de alta concentración ($r=0,89$), una relación Hg/materia orgánica con una correlación alta ($r=0,93$) y preferencia por la asociación con

sedimentos arcillosos (Galiano-Sedano 1976, 1977, Díaz-Granados 1998, Giraldo *et al.* 1996, 1999, todos citados en Álvarez 2009).

Cala (2001, citado en Álvarez 2009) halló que el contenido de mercurio en tejido muscular de hembras sexualmente maduras de nueve especies diferentes, procedentes del bajo y medio río Magdalena y de alto río Meta, variaba entre 0,02 y 0,43 mg/kg de peso húmedo, lo cual demuestra la contaminación de todas las especies evaluadas.

Tabla 14, Concentración de mercurio y otros metales pesados en peces de la zona de influencia de La Mojana (con base en Mancera y Álvarez 2006, citados en Álvarez 2009) Límite de detección ($\mu\text{g/g}$) de los metales medidos: Cd: 0,025, Cu: 0,020, Pb: 0,017, Zn: 0,005; nd = no detectable

Peces	Cuenca	Mercurio	Otros Metales
<i>Ageneiosus caucanus</i>	Río Cauca, Cga. Grande de Achí	>0,50 $\mu\text{g/g}$ -1,236 $\mu\text{g/g}$	-
<i>Caquetaia kraussii</i>	Río Cauca, Cgas. Bajo Magdalena	0,060-1,057 $\mu\text{g/g}$	-
<i>Curimata magdalenae</i>	Mina Santa Cruz, Río Caribona, Río Cauca, Río San Jorge, Cga, Grande del Cauca	nd-221 $\mu\text{g/kg}$	-
<i>Hoplias malabaricus</i>	Río Cauca, Cga, de San Marcos, Cga, de Ayapel, Cga, Grande del Cauca	>0,50 $\mu\text{g/g}$ -1,122 $\mu\text{g/g}$	-
<i>Pimelodus clarias</i>	Río Nechí, Cga, Grande del Cauca,	0,017-3,527 mg/kg 0,027-0,13 ppm	Cd nd-0,104; Cu nd-0,447; Pb nd; Zn 10,81-23,95 mg/kg
<i>Prochilodus magdalenae</i>	Río Cauca, Río Magdalena, Río San Jorge, Cgas, del bajo Magdalena, Cga, Grande de Achí, Cga, Grande del Cauca	nd -129 $\mu\text{g/kg}$	Cd nd-0,256; Cu nd-6,512; Pb nd-4,76; Zn 9,14-41,89 mg/kg
<i>Pseudoplatystoma fasciatum</i>	Cgas, Bajo Magdalena,	0,060 – 129 $\mu\text{g/kg}$	-
<i>Triportheus magdalenae</i>	Río Cauca, Cga, Grande del Cauca,	0,23-219 $\mu\text{g/g}$	-

Los estudios realizados para determinar las concentraciones de mercurio muestran que existe una relación directa entre las altas concentraciones en peces con la cercanía a las zonas con influencia directa de vertimientos de aguas de minería aurífera. Estos valores son críticos en la región de La Mojana y en la zona del Nordeste Antioqueño, áreas donde casi

todas las muestras presentan valores superiores al máximo permitido de 0,5 µg/g de mercurio (Álvarez 2009).

Como se observa en la Tabla 14, las concentraciones de mercurio más altas se hallan en las especies carnívoras como *Hoplias malabaricus*, que se encuentran en la parte alta de la cadena alimenticia. Sin embargo, también se encontraron niveles altos en especies detritívoras como *Triporthus magdalenae*, que presentan una acumulación considerable del metal debido a la manera en que estas especies obtienen su alimento de los sedimentos. Estos presentan niveles altos de Hg debido a que este metal tiende a precipitarse en el fondo, donde las concentraciones son varias veces superiores a las de la columna de agua. Por su parte, en el bocachico *Prochilodus magdalenae* las concentraciones de mercurio son bajas, a pesar de sus hábitos iliófagos. Esta misma situación se presenta con otros metales pesados y los residuos organoclorados, los cuales también se encontraron en concentraciones más altas en los peces de hábitos depredadores y detritívoros.

15. CARENCIAS DE INFORMACIÓN

Es importante resaltar que existen algunos temas limnológicos de los que se dispone de muy poca o ninguna información. Esto ocurre por ejemplo con variables como los nitratos, los nitritos, los fosfatos, el nitrógeno total, el fósforo total, la alcalinidad, la conductividad y la clorofila. De algunas de estas variables solo se tiene información de muy pocos sitios (Ayapel es el sistema mejor estudiado). Gran parte de las ciénagas y caños de las zonas central y norte de La Moja no tienen ninguna información. Lo mismo ocurre con las comunidades bióticas (plancton, macroinvertebrados, perifiton), que, a excepción del complejo de Ayapel y Zapatosa, no se han valorado en la mayoría de los ambientes acuáticos de La Mojana.

En cuanto a los aspectos morfológicos, nuevamente es Ayapel es el único sistema del que se dispone de datos sobre morfometría (área, perímetro, profundidad, volumen), mientras que esta información no existe para los demás cuerpos de agua lénticos de la región. Otro tanto se puede decir de los sistemas lóticos (caños, ríos), de los cuales la información morfológica e hidrológica es escasa.

16. CONCLUSIONES

- La información limnológica sobre las ciénagas de la región de La Mojana es incompleta y dispersa. El sistema más estudiado es la ciénaga de Ayapel. Los sistemas cenagosos del sector norte de La Mojana son los menos conocidos. La limnología de los caños es casi desconocida. Las comunidades de las cuales se dispone de información más amplia (relativa a un mayor número de ciénagas) son las macrófitas acuáticas y los peces. Los conocimientos sobre el perifiton, el fitoplancton, el zooplancton y los macroinvertebrados acuáticos están restringidos a unos pocos

ecosistemas, algunos de ellos externos a la región de La Mojana, aunque cercanos (ciénagas de la Depresión Momposina, ciénagas de los ríos San Jorge y Sinú).

- La región de La Mojana es muy rica en ecosistemas acuáticos de diferentes condiciones. Esto incluye sistemas de aguas corrientes (lóticos) como caños y ríos, ambientes de aguas tranquilas (lénticos), como ciénagas y zapales, cuerpos de agua permanentes (que persisten durante todo el año), algunos sistemas temporales (áreas que funcionan como sistemas acuáticos solo durante los meses de inundación) y ecosistemas que cambian de carácter entre léntico y lótico dependiendo de la época hidrológica. Es decir, se trata de un conjunto de ecosistemas acuáticos, integrados con los sistemas terrestres, complejo y de difícil comprensión. Esta complejidad a su vez conduce a aumentar la incertidumbre sobre la posibilidad de predecir la dinámica ecológica e hidrológica de la región.
- Desde el punto de vista limnológico, a la complejidad ecológica e hidrológica de los ecosistemas acuáticos de La Mojana se suma la diversidad en las características fisicoquímicas de los ríos que llegan a la región. De esta manera, los caños y ciénagas influenciados por el río Cauca (denominados sistemas de aguas blancas), presentan más sedimentos, mayor grado de mineralización (mayor conductividad) y tendencia a la basicidad, mientras que los ambientes acuáticos con menor afectación de los grandes ríos o que tienen más influencia del río San Jorge (cuya cuenca es más local) presentan mayores concentraciones de nitrógeno pero bajas de fósforo, tendencia a la acidez, menos sólidos suspendidos y consecuentemente transparencias más altas. En los sistemas de aguas negras hay además mayor degradación de materia orgánica que puede liberar compuestos orgánicos disueltos, los cuales le dan el color oscuro al agua. El metabolismo de la materia orgánica provoca a su vez una reducción del oxígeno disuelto. En términos generales, los ecosistemas acuáticos de aguas blancas podrían ser más productivos, pero su alta turbidez reduce esta potencialidad.
- Aunque se presentan diferencias subregionales, típicamente las aguas de las ciénagas de La Mojana se podrían definir como de mediana mineralización, oxigenadas, de ligeramente ácidas a ligeramente alcalinas, cálidas y moderadamente ricas en nutrientes. Comparativamente con otras áreas cenagosas de tierras bajas al norte del país, los sistemas acuáticos de La Mojana tienden a ser muy similares en sus condiciones fisicoquímicas y en sus productividades pesqueras.
- El estado limnológico determinado para algunas ciénagas de La Mojana mediante el IELP fue crítico para 8 de los 9 ambientes visitados. Este resultado muestra claramente el fuerte estrés al que estuvieron sometidos estos ecosistemas lénticos a finales de 2011 debido a la masiva inundación de toda la región. Dicha inundación se considera histórica y tuvo un efecto de homogenización de todos los cuerpos de agua, ya que estuvieron interconectados durante varios meses. La excesiva entrada de agua a las ciénagas produjo un aumento del fósforo (que desbalanceó su relación con el

nitrógeno, haciendo de este último un elemento limitante), el lavado de las comunidades fitoplanctónicas (que hizo indetectable la clorofila) y un incremento del volumen de agua con respecto al área de estos sistemas lénticos (que produjo un incremento en la profundidad, lo que reduce la penetración de la luz y favorece la estratificación de la columna de agua). Todo esto condujo a un estado limnológico que constriñó el funcionamiento ecológico de las ciénagas. Es de esperar que en años con ciclos climáticos e hidrológicos menos extremos, las condiciones de salud ecológica de estos ecosistemas mejoren.

- Las ciénagas de la región de La Mojana están sometidas a fuertes acciones de presión por actividades antrópicas. Esto incluye desecación, deforestación, relleno, sobreexplotación pesquera, disposición de aguas residuales y aportes de agroquímicos, pesticidas y metales pesados. De estos últimos, la presencia de mercurio en los peces y en los ambientes acuáticos de la región está bien documentada. Este metal proviene de las actividades mineras en los ríos Cauca y Magdalena. Las concentraciones medidas en los peces de la región de La Mojana superan en la mayoría de los casos el valor máximo permitido (0,5 µg de mercurio por g de biomasa de peces).
- Las obras de adecuación de los caños con miras a controlar las aguas provenientes del río Cauca que ingresan a La Mojana, podrían causar efectos ecológicos importantes sobre las ciénagas y sobre sus comunidades bióticas, en especial los peces. Se requiere por tanto un plan de monitoreo limnológico (al menos anual) de estos ambientes a fin de prever y mitigar los posibles efectos nocivos sobre estos ecosistemas acuáticos.

17. BIBLIOGRAFÍA

AGUILERA E., NEIRA F. 1999. Comprobación y orientación de la sostenibilidad en la región de La Mojana. Corpoica, Tibaitatá. pp. 80-84.

AGUILERA M. 2004. La Mojana, riqueza natural y potencial económico. Documentos de trabajo sobre economía regional 48. Banco de la Republica, Cartegena. 73 pp.

ÁLVAREZ J. 2010. Caracterización limnológica de las ciénagas de Arcial, El Porro y Cintura (río San Jorge) y Bañó, Charco Pescao y Pantano Bonito (río Sinú), departamento de Córdoba. En: Colombia Diversidad Biótica IX: Ciénagas de Córdoba. Biodiversidad, Ecología y Manejo Ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp. 509 – 558.

ÁLVAREZ R. 2009. Efectos del aprovechamiento de metales preciosos en Colombia: los metales pesados en las aguas continentales, estuarinas y marinas. Segundo Congreso Internacional sobre Geología y Minería en la Ordenación del Territorio y en el Desarrollo, Utrillas. pp. 67-84.

BALLESTEROS I. 1983. Mapa geológico generalizado del departamento de Bolívar, Escala 1:500.000. Ingeominas, Bogotá.

BRAVO J., WINDEVOXHEL N. 1997. Manual para la identificación y clasificación de humedales en Costa Rica, San José, Costa Rica: UICN/ORMA, MINAE, Embajada Real de los Países Bajos.

CARVALHO P., BINI L., THOMAZ S., OLIVEIRA L., ROBERTSON B., GOMES W., DARWISCH A. 2001. Comparative limnology of South American floodplains and lagoons. *Acta Scientiarum*, 23 (2): 265-273.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL RÍO GRANDE DE LA MAGDALENA (CORMAGDALENA) (DNP-CONPES Versión 4). 2002. Plan de ordenamiento y manejo integral de la cuenca del Río Grande de la Magdalena. 42 pp.

DÍAZ-GRANADOS M., MORENO M., MAESTRE A., GARCÍA J. 1998. Adaptabilidad de la Producción Agropecuaria Sostenible en los Ecosistemas de la Región de la Mojana. Capítulo Modelación Hidrobiológica y Dinámica Fluvial, Fase 2 Etapa 1, Volumen 1, Informe Final, Universidad de los Andes - CORPOICA, Santa Fe de Bogotá. 48 pp.

FORERO G., FERREIRA P., MAYA M. 1997. Atlas geológico digital de Colombia (versión 1,0) Plancha Z, escala 1:50.000. Ingeominas, Bogotá, Colombia.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). 1986. Estudio general de los suelos de los municipios de Ayapel, Buenavista, Planeta Rica y Pueblo Rico (Departamento de Córdoba). Bogotá. 282 pp.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICA ALEXANDER VON HUMBOLDT (IIBA vH) - MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 1999. Humedales Interiores de Colombia: Bases técnicas para su conservación y Uso Sostenible. Bogotá. 79 pp.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, MINISTERIO DEL TRANSPORTE (INVIAS – MINTRANSPORTE). 2002. Control de inundaciones en la región de La Mojana. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín - INVIAS – MINTRANSPORTE, Contrato 073-2002.

MARRUGO J.L. 2007. Modelo predictivo de la contaminación por mercurio a partir del biomonitoreo con especies ícticas en ecosistemas de la región de La Mojana. Tesis de Doctorado, Universidad del Valle, Cali. 159 pp.

MARTÍNEZ A. 1981. Subsistencia y geomorfología de la depresión inundable del río Magdalena. *Revista CIAF* 6 (1-3): 319-328. Memoria del Primer Seminario sobre el Cuaternario en Colombia. Bogotá, Agosto 25-29 de 1980.

MARTÍNEZ M. 2009. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua en tres ciénagas del departamento de Cesar, Colombia. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 125 pp.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE - CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA MOJANA Y EL SAN JORGE (MINAMBIENTE-CORPOMOJANA). 2001. Plan de manejo ambiental de los humedales asociados al bajo río San Jorge en los municipios de Caimito, San Benito Abad y San Marcos, departamento de Sucre. 133 pp, + anexos.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (MINAMBIENTE). 2002. Plan de manejo integral de los humedales de la subregión de la Depresión Momposina, parte baja de los ríos Cauca, Magdalena y San Jorge y Cuenca del río Sinú en el área de la jurisdicción de la CSB, CVS, CORPOMOJANA, CORPAMAG y CORANTIOQUIA. Magangué, Bolívar. 263 pp.

MONTOYA Y. 2011. Efecto del pulso de inundación-desección sobre la dinámica algal epifítica en un sistema de lagos de planicie de inundación tropicales (ciénaga de Ayapel-Colombia). Tesis de Doctorado, Universidad de Antioquia, Medellín. 360 pp. + anexos.

PINILLA G., DUARTE J., VEGA L. 2010. Índice de estado limnológico (IEL) para evaluar las condiciones ecológicas de las ciénagas del Canal del Dique. Acta Biológica Colombiana, 15(2): 169-188.

RAMÍREZ A., VIÑA G. 1998. Limnología colombiana. Aportes a su Conocimiento y Estadísticas de Análisis. Ed. Panamericana, Bogotá. 130 pp.

RAMOS C.X., ESTÉVEZ S.L., GIRALDO E. 2000. Nivel de contaminación por metilmercurio en la región de La Mojana. http://www.hruschka.com/hg-net/members/claudia/metilmercurio_en_la_mojana.doc. Depto. de Ing. Civil y Ambiental, Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA), Univ. de Los Andes.

ROSENBERG D.M., RESH V.H. 1996. Use of aquatic insects in biomonitoring. In: Merritt R.W., Cummins W.K. (Eds.). Aquatic insects of North American. 3ª ed. Kendall / Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa. pp. 87-97.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS (UNAL-INVIAS). 2002. Control de inundaciones en la región de La Mojana. Medellín, Volúmenes I y II.

WETZEL R.G. 1981. Limnología. Omega, Barcelona. 679 pp.

17. ANEXOS

ANEXO 1. PROCEDIMIENTO PARA EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES LANDSAT PARA LOS CÁLCULOS DE ÁREAS Y VOLÚMENES DE AGUA EN LAS CIÉNAGAS DE LA MOJANA

1. Clasificación de las imágenes tipo Landsat

En el primer paso se debe realizar una clasificación no supervisada de las imágenes satelitales con el fin de centrarse únicamente en los cuerpos de agua. La combinación RGB (Red, Green, Blue) utilizada para cada imagen fue 5-4-3, debido que es la más adecuada para discriminar los cuerpos de agua de otras coberturas como la geología de la imagen, los usos del suelo, etc.

2. Conversión de las imágenes raster en polígonos

Al tener solamente los cuerpos de agua como resultado de la clasificación no supervisada de las imágenes satelitales, se procede a convertir estas clasificaciones de tipo raster a tipo polígono para que el software (ArcGis) pueda generar el cálculo areal de las ciénagas de estudio.

3. Edición de polígonos (.shp)

La edición de los polígonos (.shp) se efectúa por 2 razones. La primera es para localizar y determinar solo las ciénagas de estudio, apartándolas de otros cuerpos de agua tales como ríos, zonas de pantano y caños, para de esta manera realizar el cálculo areal únicamente de las zonas de interés. La segunda razón es realizar correcciones y digitalizaciones manuales sobre las imágenes satelitales debido a que algunas de estas presentan bandeamiento por daño en el sensor de Landsat, lo que genera una clasificación errónea de los cuerpos de agua; igualmente, la edición de polígonos se utiliza cuando al realizar la clasificación no supervisada el software produce resultados equivocados debido a que el número de clases que se le asigna a la imagen no es el correcto. En la siguiente figura se pueden observar el resultado de la edición hecha a los polígonos (.shp) de una imagen satelital.



Figura 1. Anexo 1. Resultado de la edición de polígonos (.shp) de una imagen satelital

4. Edición del sistemas de coordenadas

El sistema de coordenadas para los polígonos (.shp) de las ciénagas seleccionadas debe ser (Magna-Colombia-Bogotá). Esto se debe a que este formato, además de ser el más usado para la mayoría de cartografía en Colombia, es el más actualizado. La forma de realizar la edición es simple, ya que el programa cuenta con la opción de editar las características de las imágenes entre las cuales se encuentra el sistema de coordenadas.

5. Cálculo de las áreas de las ciénagas para diferentes años

Al finalizar el paso 4 del procedimiento, se cuenta con las ciénagas seleccionadas representadas como polígonos (.shp) en el sistema de coordenadas requerido para cada año. Como ejemplo, en la figura 2 se observan los polígonos (.shp) de color rojo, además del contorno azul que representa el área de la zona de estudio. De manera sencilla igual que en el paso anterior, ArcGis tiene la opción de calcular el área superficial de los cuerpos de agua mediante el cálculo del área del polígono (.shp) asociado a cada Ciénaga.

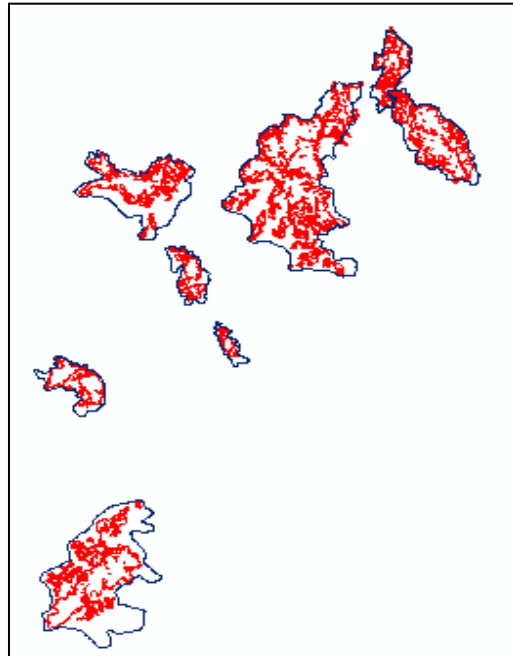


Figura 2 Anexo 1. Descripción de las ciénagas seleccionadas para el cálculo del área en el año 1996

6. Cálculo del volumen de las ciénagas para diferentes años

Luego de calcular el área superficial de las ciénagas, se utilizan los datos obtenidos de niveles para diferentes estaciones. Se tienen en cuenta las áreas de los años Niño y Niña más intensos para cada ciénaga y se interpolan los niveles para las demás áreas. El volumen se calculó con la ecuación de Chapra del manual del modelo *Lake2k*, asumiendo las ciénagas como conos truncados para diferentes niveles, a excepción del primer nivel, en el que se tiene como referencia el volumen de un cono (Figura 3) dado por la ecuación (1).

$$V = \frac{Ah}{3} \tag{1}$$

donde :
 V =Volumen de agua,
 h = Diferencia de alturas,
 A =Area

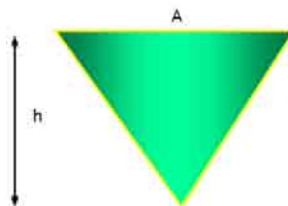


Figura 3 Anexo 1. Volumen de un cono

Para los demás niveles se utilizó la ecuación (2) anteriormente mencionada para un cono truncado, tal como se puede observar en la Figura 4.

$$V = \frac{\pi h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2}) \quad (2)$$

donde
 V =Volumen de agua,
 h = Diferencia de alturas,
 A_1 =Area mayor,
 A_2 =Area menor

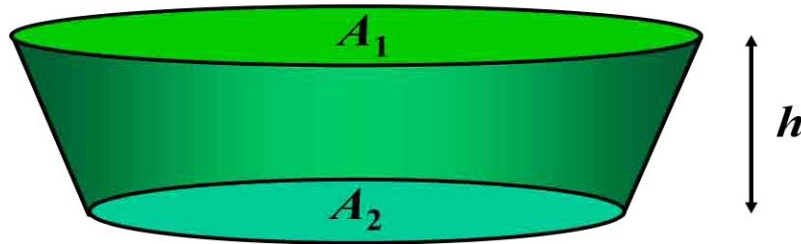


Figura 4 Anexo 1. Volumen de un cono truncado

ANEXO 2. REGISTRO FOTOGRAFICO DURANTE LA VISITA DE CAMPO (NOVIEMBRE DE 2011)

F1. CAÑO COROZAL



F2. CAÑO GALÁPAGOS



F3. CAÑO LA SANGRE 1



F4. CAÑO AGENGIBLE



F5. CAÑO TORTUGA



F6. CANO SAN ROQUE



F7. CAÑO NOMBRE DESCONOCIDO



F8. CAÑO MOJANA



F9. ROMPEDERO BOCA DEL CURA



F10. ROMPEDERO CHORRO DE LOS BRAVOS



F11. CAÑO MALVINAS



F12. CAÑO LAS POZAS



F13. CAÑO VILORIA



F14. CAÑO RABO DEL TIGRE



F15. RÍO SAN JORGE



F16. CIÉNAGA SAN MARCOS



F17. CIÉNAGA LA CRUZ



F18. CIÉNAGA AYAPEL



F19. CIÉNAGA CUIVA



F20. CIENAGA LOS PALITOS



F21. CIÉNAGA SAN JUAN



F22. CIÉNAGA GRANDE



F23. CGA. NOMBRE DESCONOCIDO



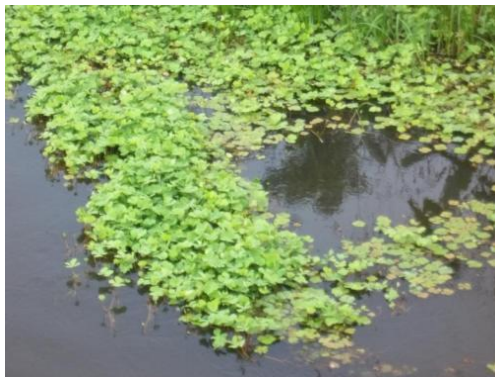
F24. CIÉNAGA EL ROBLAL



F25. PUENTE EL FIRME (CAÑO RABÓN)



F26. MACRÓFITAS



F27. TOMA DE MUESTRAS



F28. ICTIOFAUNA



F29. VIVIENDAS



F30. VÍA SAN MARCOS ACHÍ

