



Imagen tomada de Pixabay.com

# Capítulo 1

## **Introducción al sistema acuífero La Mojana**

### **Introduction to La Mojana Aquifer System**

Herrera-Arango, J.<sup>1</sup>, Pérez-Peñate, A. K.<sup>1</sup>, Rosso-Pinto, M. J.<sup>1</sup>,  
Marrugo-Negrete, J. L.<sup>1</sup>, Paternina-Uribe, R.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Grupo de Investigación en Agua, Química Aplicada y Ambiental, Departamento de Química, Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad de Córdoba, Sede Montería, Córdoba, Colombia.

\* Autor de correspondencia: jairo.herrera@geologist.com

## Resumen

La inclusión de la cuenca baja del río Cesar, la ciénaga de Zapatosa y La Mojana como componentes de la depresión momposina no es aceptada por todos los autores; sin embargo, en este capítulo, se consideran elementos comunes de tipo geológico, geomorfológico e hidrológico, a partir de los cuales se delimita una misma unidad dinámica. Para estimar su extensión, se tienen en cuenta, además de las características de las grandes aglomeraciones de humedales y bajos inundables junto a los sistemas fluviales avulsivos, las alturas inferiores a los 30 metros sobre el nivel del mar enmarcadas dentro de los límites orientales, meridionales y occidentales para la cuenca baja del río Magdalena, y a las fronteras de la provincia geológica del Valle Inferior del Magdalena. Bajo estos mismos criterios, se propone, una demarcación de La Mojana, ubicada en la región sur del Brazo de Loba —que la separa de la unidad fisiográfica Isla Margarita—, entre el límite occidental de la llanura de inundación del río San Jorge al oeste, las estribaciones de la serranía de San Lucas al este y las serranías de Ayapel y Sacramento al sur. Para comprender los sistemas de recarga directa e indirecta del Sistema Acuífero La Mojana, se analizaron las principales unidades hidrogeomorfológicas: 1) el cono aluvial del río Cauca junto con los canales y ciénagas heredados de su evolución más reciente; 2) el abanico de Santiago; 3) la cuenca baja del río San Jorge y el complejo cenagoso asociado a esta; 4) el complejo cenagoso de Ayapel; 5) los sistemas fluviales anastomosados avulsivos y 6) el sector septentrional de La Mojana. Finalmente, se presentan algunas amenazas sufridas por el complejo cenagoso y paludal, debido al poco entendimiento sobre su función en la regulación hídrica y la recarga hidrogeológica a lo largo de la historia.

**Palabras clave:** cono aluvial, depresión momposina, regulación hídrica, sistemas anastomosados avulsivos, unidades hidrogeomorfológicas.

## Introducción

La depresión momposina es un gran bajo topográfico dominado por procesos de subsidencia que se derivan de la alta sedimentación y la actividad tectónica que rige la provincia geológica del Valle Inferior del Magdalena. Geomorfológicamente, se considera un delta interior donde confluyen los ríos Magdalena, Cauca, Cesar y San Jorge en un ambiente de muy baja energía, que ha generado sistemas fluviales anastomosados avulsivos.

La inclusión de la cuenca baja del río Cesar, la ciénaga de Zapatosa y La Mojana como componentes de la depresión momposina no es aceptada por todos los autores, sin embargo, para la presente investigación se consideran elementos de una misma unidad dinámica que comparten características geomorfológicas, geológicas e hidrológicas.

Como parte de la investigación se delimitó la depresión momposina con base en los límites geológicos y los ambientes geomorfológicos, según los cuales ocupa una extensión de 14.437 km<sup>2</sup>, distribuidos en los departamentos de Bolívar, Sucre, Magdalena, Córdoba, Cesar y Antioquia, en las regiones cenagosas e inundables asociadas a los brazos de Loba y Mompós del río Magdalena, del río Cauca y de las cuencas bajas de los ríos Cesar y San Jorge.

Por su parte, La Mojana es una extensa llanura aluvial comprendida entre la margen izquierda del río Cauca al sur, la llanura de inundación del río San Jorge al oeste, las estribaciones de la serranía de San Lucas al este y la margen izquierda del brazo de Loba del río Magdalena al norte, donde confluyen los ríos San Jorge y Cauca.

Al igual que para la depresión momposina, también se propone una delimitación de La Mojana desde los criterios descritos anteriormente y estableciendo como frontera norte los diques marginales o albardones de la margen izquierda del Brazo de Loba, que la separan de la isla Margarita. Esta última, considerada la isla aluvial más extensa del país y comprendida entre los brazos de Loba y Mompós. La extensión

determinada de esta manera fue de 9.097 km<sup>2</sup>, distribuidos entre los departamentos de Sucre, Bolívar, Córdoba y Antioquia.

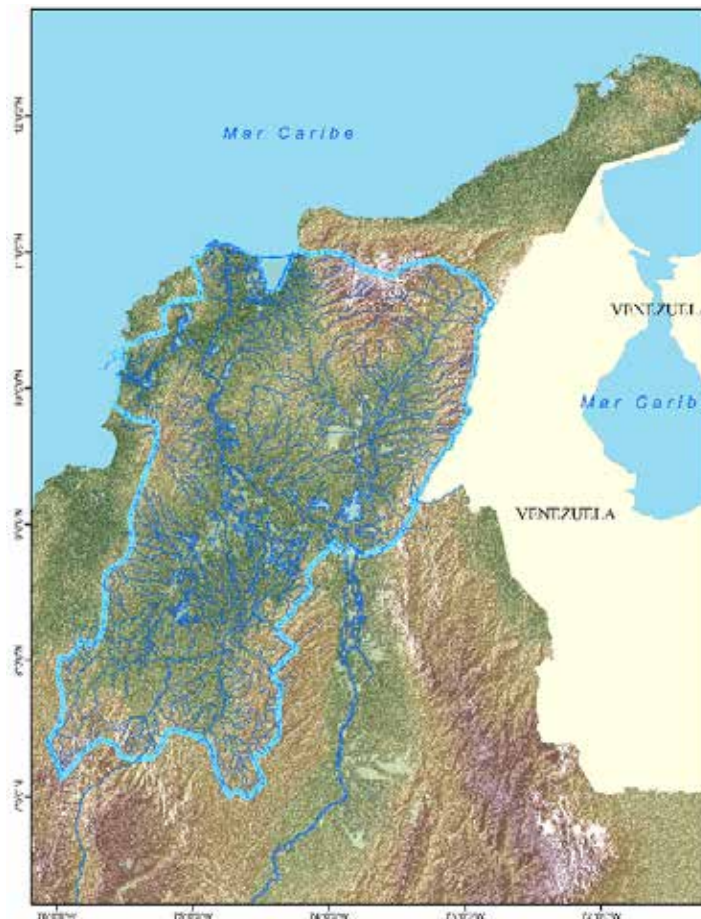
Como parte del análisis requerido para comprender los sistemas de recarga directa e indirecta del Sistema Acuífero La Mojana, se analizaron sus principales ambientes geomorfológicos: 1) como aluvial del río Cauca y las roturas del dique marginal de este mismo río, que generan los principales sistemas fluviales internos de la región; 2) abanico de Santiago y su relación con el control de un tramo de 17 km del río San Jorge y el caño Grande de Santiago, entre las ciénagas de La Villa y Santiago; 3) la cuenca baja del río San Jorge con sus ciénagas asociadas; 4) los sistemas fluviales anastomosados avulsivos que dominan La Mojana y 5) el sector septentrional de La Mojana donde se produce el mayor taponamiento hidráulico.

Finalmente, se presentan algunas amenazas del complejo cenagoso y paludal de La Mojana, generadas como consecuencia del poco entendimiento sobre su importante función en la regulación hídrica y la recarga hidrogeológica durante la formulación de proyectos, programas y normas.

### Cuenca baja del río Magdalena

La cuenca baja del río Magdalena está ubicada en los sectores sur y centro de la región Caribe; ocupa una extensión aproximada de 105.250 km<sup>2</sup> (1) que abarca desde la Sierra Nevada de Santa Marta al norte, las serranías de Perijá y San Lucas al oriente, las serranías de Ayapel y Sacramento al sur y las serranías de San Jerónimo y San Jacinto (Montes de María) al occidente, como se muestra en **Figura 1-1**.

**Figura 1-1.** Cuenca baja del río Magdalena



**Fuente:** Construcción equipo de trabajo – Proyecto Código BPIN: 2020000100361.

El tramo del río Magdalena en este sector, con 438 km de longitud y una pendiente media de 0,075 m/km, está comprendido entre El Banco Magdalena y su desembocadura principal en Bocas de Ceniza en Barranquilla, donde forma un delta arqueado de 1.690 km<sup>2</sup>, y desembocaduras secundarias en la bahía de Cartagena a través del canal del Dique; el canal corresponde a un antiguo curso del río de 115 km de longitud que fue rehabilitado durante el período colonial y, finalmente, a través de una red compleja de conexiones menores en la ciénaga Grande de Santa Marta (1–3).

La principal característica geomorfológica de este tramo son los tres grandes complejos fluvio-lacustres que sirven como reguladores hídricos: la Ciénaga Grande de Santa Marta al norte, el circuito de humedales del Canal del Dique al oeste y la depresión momposina al sur.

### Depresión momposina

Las características especiales de esta depresión, tales como ser el área de amortiguamiento hídrico de los ríos Magdalena, Cauca, Cesar y San Jorge, contener un gran complejo cenagoso y paludal, mostrar altas tasas de sedimentación y subsidencia, y presentar sistemas fluviales anastomosados avulsivos, entre otros, han despertado el interés científico, lo que ha dado lugar a múltiples estudios, en particular desde la década de los setenta del siglo pasado.

La hidrografía de la región está caracterizada por las descargas del río Magdalena y sus brazos Loba y Mompós, su principal tributario —el río Cauca— y los ríos San Jorge y Cesar; esto configura un complejo sistema de cientos de ciénagas que conforman un gran reservorio natural que absorbe los caudales pico de estas corrientes hídricas (4).

Esta región de transición hidrológica entre la región Andina y las llanuras del Caribe ha sido considerada por algunos autores como una de las zonas de humedales más grandes de América (5,6) e incluso del mundo (7).

A pesar de la reconocida importancia de esta región, no existe consenso sobre su extensión y, por lo tanto, sobre los municipios que la conforman. El área reportada varía según el autor, así: 3.200 km<sup>2</sup> (8), 4.760 km<sup>2</sup> (9), 6.000 km<sup>2</sup> (10), 10.000 km<sup>2</sup> (5,11); 13.157 km<sup>2</sup> (12) y 24.650 km<sup>2</sup> (13).

Con el objetivo de estimar la dimensión del área ocupada por la depresión momposina, en este trabajo se propone considerar, además de las características de las grandes aglomeraciones de humedales y bajos inundables junto a los sistemas fluviales avulsivos, las alturas inferiores a los 30 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.) enmarcadas dentro de los límites orientales, meridionales y occidentales indicados anteriormente para la cuenca baja del río Magdalena, y a las fronteras de la provincia geológica del Valle Inferior del Magdalena.

De esta forma, a partir del modelo digital de elevación (MDE), derivado de la misión topográfica de radar (SRTM por sus siglas en inglés), portada por el transbordador espacial Endeavour (14), se extrajeron las áreas con alturas inferiores a los 30 m s. n. m. Estas áreas están comprendidas entre la zona de influencia de la ciénaga de Zapatosa en Tamalameque, Cesar, y la confluencia de los brazos de Loba y Mompós, al sur del corregimiento de Tacamocho en el municipio de Córdoba, departamento de Bolívar, donde el Magdalena retoma su condición de río monocanal (15).

La inclusión de la cuenca baja del río Cesar y de La Mojana como componentes de la depresión momposina no es aceptada por todos los autores, por lo que en algunas publicaciones se presenta restringida exclusivamente al corredor del Magdalena, entre los municipios de El Banco y Magangué (16), en lo que algunos autores han denominado el cinturón de Mompós (17,18). Sin embargo, durante el análisis realizado en esta investigación no se hallaron razones geomorfológicas, geológicas o hidráulicas que puedan sustentar tal exclusión.

En consecuencia, en este trabajo se define la depresión momposina como la región de almacenamiento hídrico temporal, ubicada bajo los 30 m s. n. m en las áreas de influencia de los ríos Magdalena, entre los municipios de El Banco en Magdalena y Mangangué en Bolívar; Cauca, entre Nechí en Antioquia y Pinillos en Bolívar; San Jorge, entre Ayapel, Córdoba y Magangué, Bolívar; y Cesar, desde Chiriguaná, hasta la ciénaga de Zapatosa en los municipios de Chimichagua y Tamalameque en el departamento de Cesar.

Esta delimitación da como resultado un área de 14.437 km<sup>2</sup> distribuidos en 44 municipios pertenecientes a los departamentos: Bolívar (41,4 %), Sucre (32,1 %), Magdalena (10,4 %), Córdoba (10,2 %), Cesar (5,5 %) y Antioquia (0,4 %).

Al comparar la extensión obtenida para la depresión momposina con el listado de humedales de importancia internacional, publicado por Ramsar en el 2023 (19), se observa que este ocuparía el décimo primer puesto en América y el trigésimo primero en el mundo.

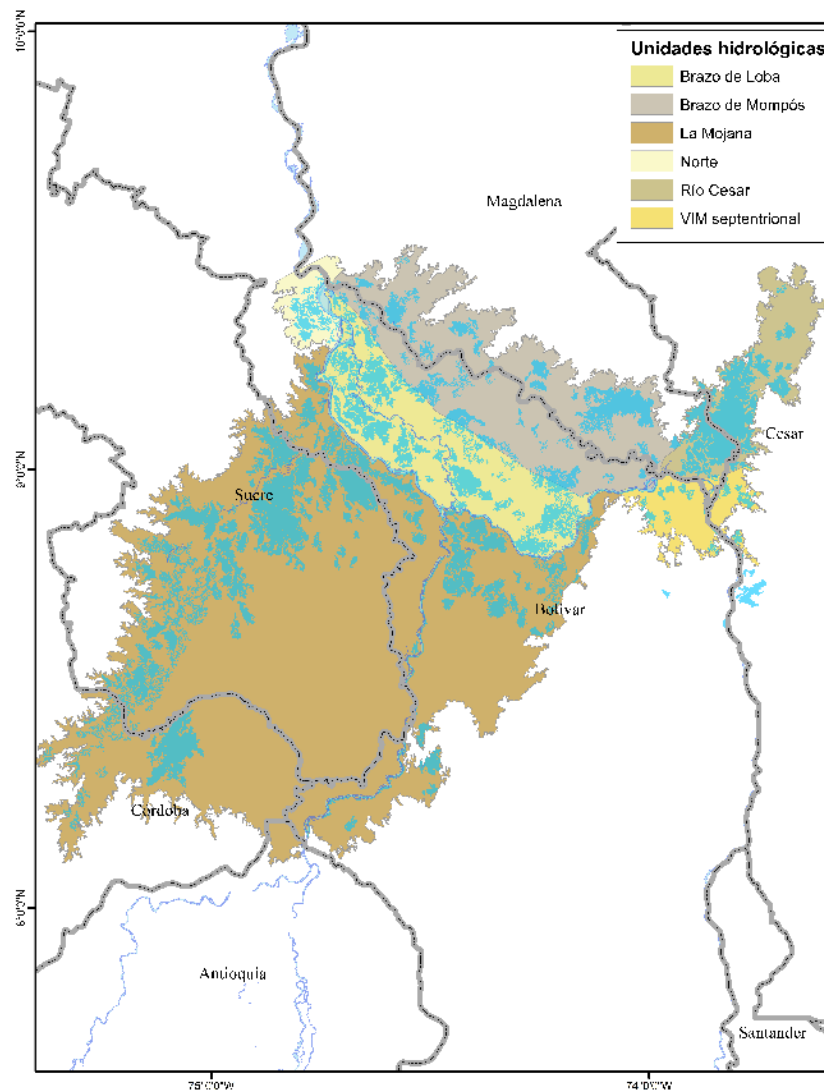
También se estableció que hay 1.302 áreas inundables entre ciénagas, bacines y planos anegadizos con superficies mayores a 0,5 km<sup>2</sup>, que en conjunto suman 4.039 km<sup>2</sup>, es decir, el 28 % del área total de esta depresión. Existen 88 áreas inundables mayores a 7 km<sup>2</sup> que ocupan 2.546 km<sup>2</sup>, una extensión similar a los 2.596 km<sup>2</sup> reportados por IDEAM y Cormagdalena en el año 2001 (20) para las ciénagas de la depresión Momposina. Finalmente, el 4,3 % (61) supera los 10 km<sup>2</sup> y ocupa 2.321 km<sup>2</sup> (536 %).

Como se muestran en la **Figura 1-2**, las unidades hidrológicas que conforman la depresión momposina son: 1) cuenca baja del río Cesar y ciénaga de Zapatosa; 2) la isla Margarita, entre los brazos de Loba y Mompós; 3) La Mojana; 4) bajo Cauca y 5) extremo septentrional del valle medio del Magdalena (7).

### Procesos de sedimentación

Los análisis de la concentración de sedimentos a partir de los registros históricos muestran que la carga de sólidos del río Magdalena en cercanías de la desembocadura del río Cauca es de 60,3 Mm<sup>3</sup>, de los cuales el 66 % es aportado por el primero y el 34 % restante por el segundo; no obstante, en el municipio de Calamar, desde donde parte el Canal del Dique, el registro de transporte de sedimentos muestra un promedio anual de 52,4 Mm<sup>3</sup>, lo que revela que aproximadamente el 13,1 % de la carga, equivalente a 15,9 Mt, queda retenida en las áreas de influencia de los brazos de Loba y Mompós (20).

Figura 1-2. Unidades hidrológicas de la depresión momposina



Fuente: Construcción equipo de trabajo – Proyecto Código BPIN: 2020000100361.

A partir de modelos conceptuales de transporte de sedimentos, basados en que el 16 % del flujo total anual de sedimentos del río Magdalena se deposita en las planicies aluviales de la depresión momposina, Restrepo *et al.* 2020 estiman que la tasa anual de sedimentación en esta zona oscila entre 20 Mt y 80 Mt (21).

Otros autores han realizado diferentes cuantificaciones de las tasas anuales de sedimentación en la depresión momposina para los últimos 1.500 a 11.000 años. Para HIMAT, en 1977, la tasa anual de sedimentación varía entre 1,8 mm y 2,5 mm (5); para Martínez, en 1981, entre 3 mm y 4,5 mm durante los últimos 1.500 años (22); para Van der Hammen, en 1986, entre 2,1 mm y 3 mm para los últimos once mil años (23); para Smith, en 1986, es de 4,54 mm para los últimos 2.500 años (24).

A partir de las tasas anuales de sedimentación estimadas, la extensión de las áreas inundables obtenidas (4.039 km<sup>2</sup>), y considerando una densidad para arcillas húmedas de 2,1 t/m<sup>3</sup>, es posible aproximar un volumen anual de sedimentos depositados en la depresión momposina, como se muestra en la **Tabla 1-1**.

**Tabla 1-1.** Volúmenes de sedimentación estimados a partir de las diferentes aproximaciones de tasas de sedimentación

Autor	Período	Tasa de sedimentación [mm/año]	Volumen de sedimentación [t/año]
Himat (1977)	-	1,8 – 2,5	15,3 – 21,2
Martínez (1981)	Últimos 11.000 años	2,1 – 3,0	25,5 – 38,2
Van der Hammen (1986)	Últimos 11.000 años	2,1 – 3,0	17,8 – 25,5
Smith (1986)	Últimos 2.500 años	4,54	38,5

**Fuente:** Construcción equipo de trabajo – Proyecto Código BPIN: 2020000100361 a partir de HIMAT (1977), Martínez (1981), Van der Hammen (1986) y Smith (1986).

### Tasas de subsidencia

En respuesta a las altas tasas de sedimentación en esta región, se presenta un continuo proceso de subsidencia producido por la interacción entre el peso de los sedimentos y la actividad de las fallas presentes en la zona (1,5,22–24).

El HIMAT (1977) determinó, a partir de dataciones por radiocarbono, que este hundimiento ocurre a una tasa anual que varía entre 1,8 mm y 2,5 mm. Por su parte, Van der Hammen (1986), mediante análisis palinológicos, propuso que dichas tasas muestran un rango un poco superior entre 2,1 mm y 3 mm; esto determina, además, que al menos los cincuenta metros más superficiales del aluvión fueron depositados durante los últimos once mil años (5,23).

### Delta interior

Los deltas son ambientes geomorfológicos resultantes de la desaceleración del flujo aluvial y el consecuente depósito de sedimentos, registrado durante el ingreso de un río a un cuerpo de agua (25,26). Son depósitos sedimentarios generados por la descarga de sedimentos en suspensión y de fondo, la interacción energética entre el río y el cuerpo de agua receptor, y el espacio de acomodación de los sedimentos (27).

Empero, puede ocurrir que, en una zona plana, por exceso de sedimentos, el río se divida en múltiples brazos para unirse nuevamente al final del tramo, lo que configura lo que se conoce como un delta interior. Una variante de este tipo de delta corresponde a la confluencia de varios ríos en un fondo de valle semi-cerrado que da lugar a humedales y canales secundarios (28,29).

La primera descripción de un delta interior con estas últimas características fue utilizada por Alexander von Humboldt (1851). Con base en esta denominación, describió el ambiente geomorfológico del río Orinoco entre los ríos Arauca y Apure, el cual comparó posteriormente con las condiciones de la depresión momposina que había recorrido en el año 1801 (30).

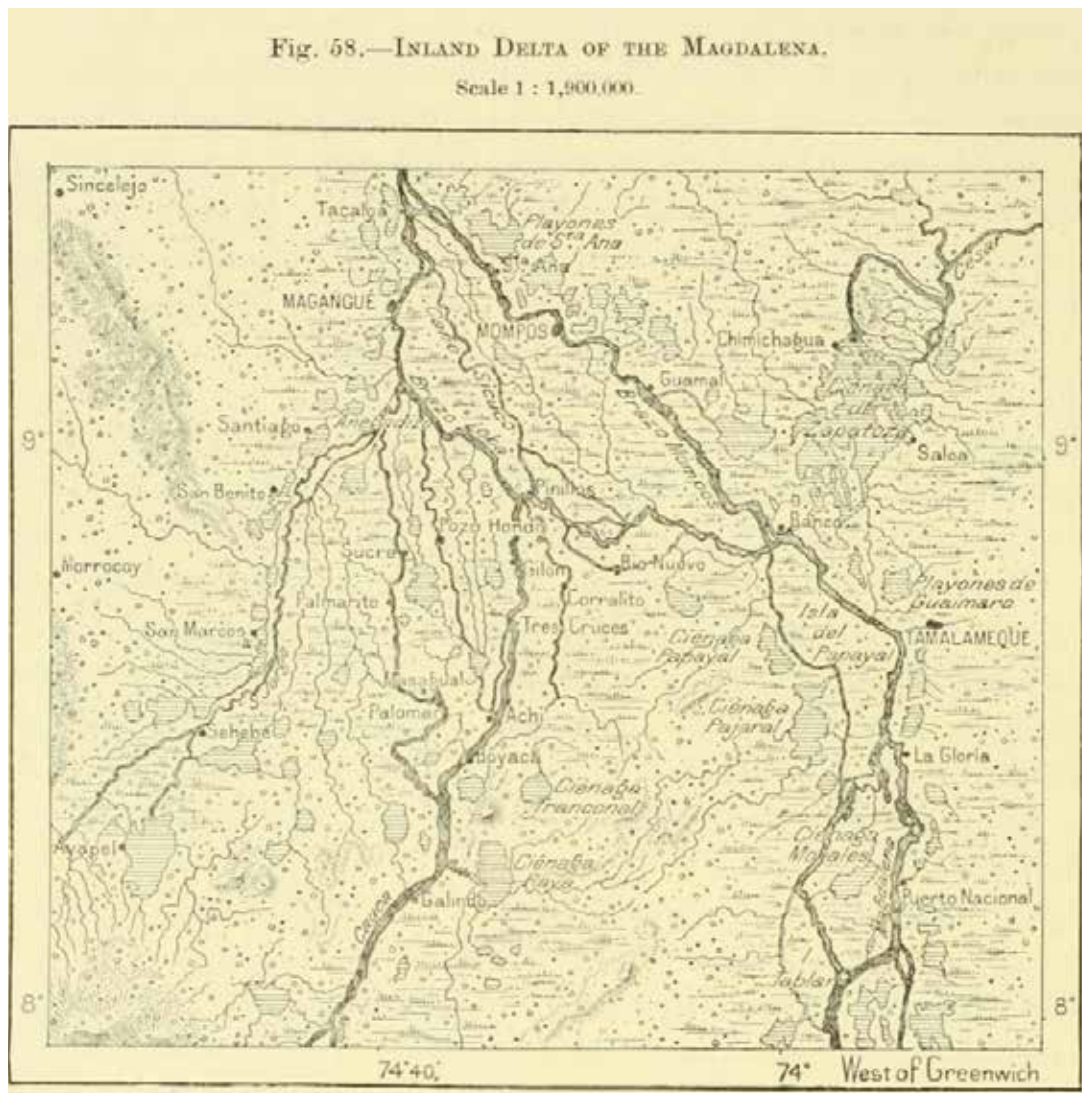
Aunque suele citarse al Proyecto Colombo Holandés (HIMAT, 1977) como el autor de la descripción del delta interior de la depresión momposina, dicha condición ya se había identificado durante las intervenciones sobre el Brazo de Loba en la primera mitad del siglo XIX, que buscaban preservar el Brazo de Mompós como el canal principal del río Magdalena. Estos esfuerzos resultaron inútiles a partir de 1868, cuando el primero se convirtió en el cauce principal debido a la agradación del lecho del segundo. Así lo describe Reclus en 1894: “en la confluencia del río Nechí con el Cauca, comienza una zona pantanosa de canales y remansos laberínticos que forman el delta interior de los ríos Magdalena, Cauca, San Jorge y Cesar” (31) (**Figura 1-3**).

## Región La Mojana

Corresponde a la región de la depresión momposina ubicada al sur del Brazo de Loba, entre el límite occidental de la llanura de inundación del río San Jorge al oeste, las estribaciones de la serranía de San Lucas al este y las serranías de Ayapel y Sacramento al sur. Con base en estos límites, se estimó el área de La Mojana en 9.097 km<sup>2</sup>, distribuidos entre los departamentos de Sucre (50,9 %); Bolívar (32,2 %); Córdoba (16,2 %) y Antioquia (0,7 %).

La jurisdicción total o parcial de veintidós municipios conforman La Mojana (**Figura 1-4**), así: Nechí en Antioquia; Barranco de Loba, Montecristo, Altos del Rosario, Tiquisio, Pinillos, San Jacinto del Cauca, Magangué y Achí en Bolívar; La Apartada, Planeta Rica, Buenavista, Pueblo Nuevo y Ayapel en Córdoba; La Unión, Galeras, Caimito, Guaranda, San Marcos, Majagual, Sucre y San Benito Abad en Sucre.

**Figura 1-3.** Mapa del delta interior del Magdalena

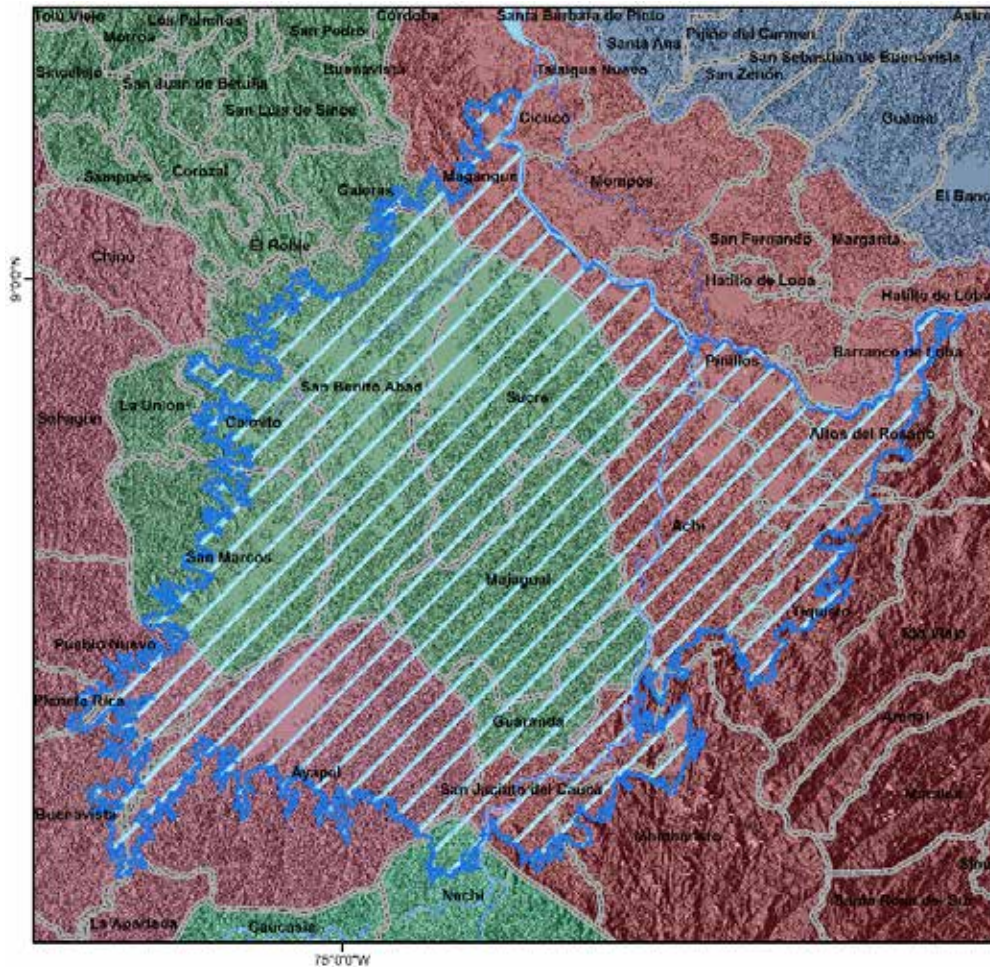


**Fuente:** Reclus (1894) (31).

La región de La Mojana es de alta complejidad hidrológica debido a su riqueza en ecosistemas acuáticos que incluye sistemas lóticos, ambientes lénticos compuestos por ciénagas y zapales, cuerpos de agua permanentes a lo largo del año, o temporales que se activan solo durante los períodos de inundación, y otros que varían entre lénticos y lóticos según la época hidrológica (32).

En el sistema hídrico de La Mojana, cada cuerpo de agua es un elemento de almacenamiento que está interrelacionado mediante canales bidireccionales o por vía subterránea con otras ciénagas o con los ríos, de esta forma recibe aportes netos desde otros elementos y está sujeto a evaporación y a transpiración superficial, al tiempo que recibe la precipitación sobre el espejo de agua. Los intercambios hídricos están en función de las diferencias de nivel entre los cuerpos de agua y su variación, así como de las características hidráulicas de los canales (33).

**Figura 1-4.** Mapa de distribución de municipios en La Mojana



**Fuente:** Construcción equipo de trabajo – Proyecto Código BPIN: 2020000100361.

En La Mojana se forman planos de inundación adyacentes a las ciénagas, que están sometidas a inundaciones periódicas durante las épocas de invierno; esto facilita la acumulación de sedimentos de diversos tamaños, principalmente materiales finos, provenientes de las terrazas y colinas periféricas (34).

De esta manera, el complejo sistema hídrico, encaja dentro de la definición fijada en el Artículo 1 de la Convención de Ramsar de 1971 (35), adoptada por Minambiente en el año 2001 (36),

(...) son humedales aquellas extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros (p. 13).

## Características fisicoquímicas de las aguas

Desde el punto de vista fisicoquímico existen dos tipos de aguas en La Mojana, según la influencia del río Cauca (37):

**Aguas de tipo mineral:** se trata de caños y ciénagas con aguas de color blanco por el alto contenido de sedimentos en suspensión debido a los aportes del río Cauca. Son aguas mineralizadas y, por lo tanto, con mayor conductividad eléctrica y tendencia a la basicidad. Los principales caños con esta característica son: Muñoz, San Matías, Rabón y Viloría; ciénagas Candelaria y San Francisco.

**Aguas dominadas por reacciones orgánicas:** correspondientes a los caños y las ciénagas con menor interacción con los grandes ríos y mayor influencia del río San Jorge. Son aguas de color ámbar oscuro (negra en imágenes satelitales), debido al poco contenido de sedimentos suspendidos y al alto contenido de compuestos orgánicos disueltos como taninos y ácidos húmicos y fúlvicos, que permiten una mayor degradación de la materia orgánica. Tienen alta concentración de nitrógeno total, pH tendiente a ácido, bajas concentraciones de fósforo y sólidos en general. Los principales caños con estas aguas son Pescado, Barro, Gil, Ventanillas, Los Patos y Río Frío, mientras que las ciénagas son Tomala, San Cayetano y Los Suanes.

## Principales ambientes geomorfológicos

En general, La Mojana corresponde a una planicie aluvial de relieve plano, que está sometida a inundaciones y encharcamientos periódicos asociados con los desbordamientos de ríos y caños; de ahí que se constituye en un importante sistema regulador de las corrientes fluviales aguas abajo de la depresión momposina (33).

Las principales unidades hidrogeomorfológicas de La Mojana son: 1) el cono aluvial del río Cauca, junto con los canales y ciénagas heredados de su evolución más reciente; 2) el abanico de Santiago; 3) la cuenca baja del río San Jorge y el complejo cenagoso asociado a esta; 4) el complejo cenagoso de Ayapel; 5) los sistemas fluviales anastomosados avulsivos y 6) el sector septentrional con alturas muy inferiores al nivel de los albardones del Magdalena.

## Cono aluvial del río Cauca

Definido por Martínez en 1981 como un depósito sedimentario con relieve plano-convexo, con una diferencia altitudinal de 14 m entre Nechí en Antioquia y Pinillos en Bolívar (22), de 100 km de largo y 75 km de ancho, medidos entre los corregimientos de Caimital en el municipio de San Jacinto del Cauca (Bolívar) y Cecilia en el municipio de Ayapel (Antioquia); ocupa el 90 % de La Mojana. Según este autor, los bordes del cono constituyen la zona menos inclinada, aproximadamente 0,15 cm/km, y terminan contra la depresión cenagosa del Magdalena y el San Jorge, lo cual produce las extensas áreas inundables por desbordamiento de estos ríos.

Posteriormente, González *et al.* (2015) lo denominan abanico aluvial de La Mojana, describiendo su expresión geomorfológica como de relieve muy bajo, levemente ondulado, laderas planas a suavemente inclinadas y redondeadas (38–40).

Con base en el modelo digital de elevación (MDE) con resolución de 5 m, obtenido por el Fondo Adaptación del año 2016 (41) a partir de tecnología de detección y medición de luz —Laser Imaging, Detection, and Rangin (LIDAR)—, batimetrías y aforos con sistemas perfiladores de corrientes acústico *doppler* (ADCP) (42), se determinó una longitud de 122 km entre la zona de desbordamientos del Cauca, aguas arriba de la inspección de policía de Colorado en Nechí y el corregimiento de El Retiro en Magangué, donde se encuentra la desembocadura del río San Jorge, con una diferencia de altura entre ambos centros poblados de 29,5 m.

Según González *et al.* (2015) (38), este abanico, compuesto por sedimentos de arenas finas, limos y arcillas, se depositó sobre la Formación Betulia y está cubierto por los sedimentos de los depósitos fluvio-lacustres. Adicionalmente, estos autores argumentan que el sistema de drenaje trenzado de sinuoso a meándrico, indica un origen fluvial de condiciones de depósito de flujo hiperconcentrado.

Los depósitos fluviales de canal, definidos por González *et al.* (2015) (38), corresponden a materiales detríticos entregados por las quebradas y los caños; estos representan áreas con morfologías planas y, en su mayoría, están compuestos por arenas cuarzosas finas a muy finas, arcillosas y por arcillas limosas con fragmentos de grava menores a 5 mm.

Por su parte, Mantilla *et al.* (2006) (43) definen los depósitos fluviolacustres de La Mojana como aquellos cubiertos por lagos, lagunas y ciénagas, algunas de estas bordeadas por materiales recientes de terrazas de playa que las separan de las zonas de aporte fluvial, así como también aquellos asociados a deltas y paleodeltas de antiguas corrientes de agua que desembocaban en las zonas lacustres. Estos depósitos están compuestos fundamentalmente por arcillas con alto contenido de materia orgánica, lodos, arenas finas y paleosuelo que reposan sobre la Formación Betulia, el cono aluvial del río Cauca, el Abanico de Santiago y la llanura de inundación (38-40,43).

Los perfiles realizados por González *et al.* (2015) (38), mediante perforaciones de poca profundidad, indican espesores variables entre 0,63 m y 1,30 m, aproximadamente, presentan abundante materia orgánica y un alto grado de humedad.

Los espejos de agua ubicados al norte del abanico son de gran tamaño, con gran cobertura de macrófitas que, en algunos casos, alcanza hasta el 99 % del espejo de agua, como las ciénagas de San Cayetano, Zapata, del Medio y Chuirá, y algunos cinturones de mangle en sus orillas. La construcción de terraplenes a orillas del caño Mojana obstruye la interconexión entre el caño y las ciénagas (32).

Los principales caños son 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). En cuanto a las ciénagas representativas, se tienen: Galindo, Iguana, Balanta, San Cayetano, Zapata, Mojanita, Chuirá, del Medio y La Sierpe.

Sobre el extremo meridional de este gran cono aluvial se presentan roturas en el dique marginal izquierdo del río Cauca, conocidos localmente como rompederos o chorros; los más activos en la última década son los de Santa Anita, Mundo Nuevo y Caregato.

Aunque las roturas ocurren en diferentes tramos del río Cauca, existen evidencias geomorfológicas observables en el modelo digital de elevación a 5 m analizado, de que la persistencia de algunas a lo largo de la evolución del cono aluvial ha originado los principales sistemas fluviales internos de La Mojana.

**Rompedero de San Anita.** Ubicado en jurisdicción de la inspección de policía de Colorado, en el municipio de Nechí, aproximadamente 12 km aguas abajo de la confluencia del río del mismo nombre en el Cauca. Este rompimiento se constituye en la cabecera de la quebrada Aguas Claras, afluente del complejo cenagoso de Ayapel después de registrar un giro de 90° hacia el oeste.

**Rompedero de Mundo Nuevo.** Se presenta aproximadamente a 7 km aguas arriba de la desembocadura del río Nechí, en límites del municipio del mismo nombre con San Jacinto del Cauca, donde se muestran las cabeceras del caño Matías al oeste y uno de sus principales canales de avulsión, el caño Rabón; mientras que hacia el este se encuentra el caño Moja Escopetas, que da origen a caño Ventanillas, afluente del caño Mojana.

**Rompederos de Guaranda.** En los alrededores del casco urbano de Guaranda se observan evidencias de roturas que originaron los caños de Mojana Viejo, al sur de Guaranda; de Mojana 8 km aguas abajo de Guaranda en el rompedero la Boca del Cura y de Pancegüita al norte.

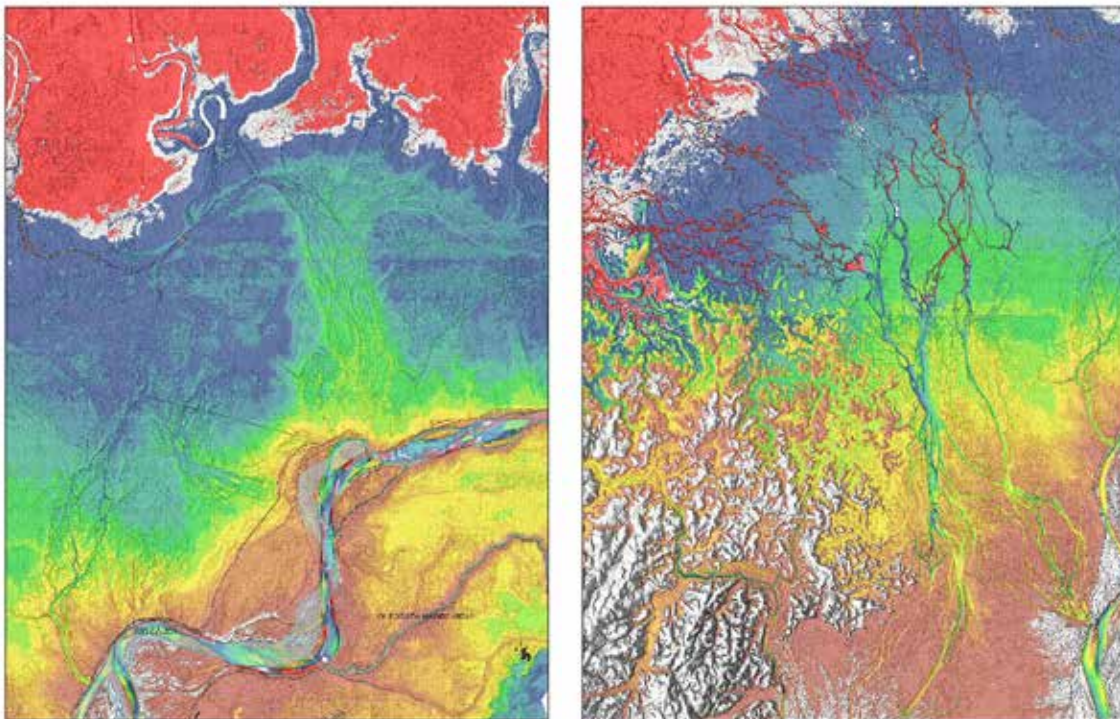
**Rompedero de Caimital.** Se observan huellas antiguas de este rompedero localizado un kilómetro aguas arriba del corregimiento de Caimital, en el municipio de San Jacinto del Cauca; se constituye en la cabecera de los caños Gramalote y Hondo, afluentes del caño Ventanillas.

Los dos sistemas fluviales originados por las roturas del dique del río Cauca en jurisdicción del municipio de Nechí están interconectados por los canales derivados de procesos avulsivos y se constituyen en el principal mecanismo de entrada de aguas ricas en sedimentos al sistema cenagoso del San Jorge (Figura 1 - 5).

**Rompedero Caregato.** Está localizado al oeste de la inspección de policía de San Jacinto de Achí, en el municipio de San Jacinto del Cauca, aproximadamente 17 km aguas abajo de la desembocadura del río Nechí. El ancho de esta rotura es de aproximadamente 1,1 km, medido sobre el modelo de elevación digital.

**Abanico de Santiago.** Este abanico, definido por Ochoa et al. (2016) (44) y cuyo ápice se ubica en cercanías al corregimiento de Tierra Santa, cubre un área de 252 km<sup>2</sup> expandiéndose hacia el sureste. Su morfología es plana, levemente inclinada hacia el río San Jorge al sureste, con numerosas zonas pantanosas y una red de drenaje subparalela – radial, donde las principales corrientes son los arroyos Cundoso, Grande de Corozal, Algarrobo, La Palmita y El Cedro.

**Figura 1-5.** Sistemas fluviales avulsivos en los abanicos de desbordamiento generados por los rompederos (chorros) del río Cauca en el Abanico Aluvial de La Mojana. a) Nuevo Mundo y Santa Anita, entre Nechí y San Jacinto; b) Caregato en San Jacinto del Cauca



**Fuente:** Construcción equipo de trabajo – Proyecto Código BPIN: 2020000100361 a partir del MDE de 5 mm.

Este abanico, sedimentológicamente está caracterizado por lodos de grano muy fino a medio, con granos angulares a subredondeados, ocasionalmente subesféricos, compuestos por cuarzo (98 %), líticos rojos

(1 %) y líticos negros (1 %). También presenta arcillas limosas, con espesor de 0,70 m. En zonas secas aparecen arcillas limosas con muy bajo contenido de gravas (38).

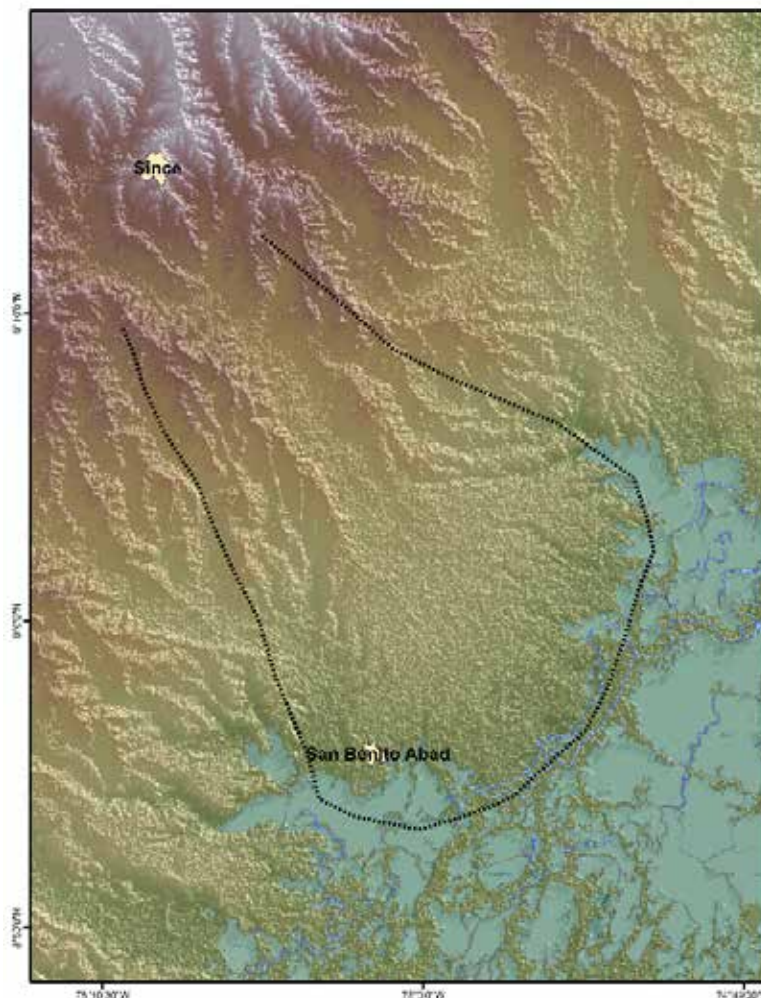
Hacia el noroeste se depositó sobre la Formación Betulia y hacia el sureste sobre el abanico aluvial de La Mojana; en ambos casos está cubierto por los depósitos aluviales y fluviales de canal, y se encuentra interdigitado con los depósitos fluviolacustres (38,44).

Una de las expresiones geomorfológicas más llamativas de este abanico es que su borde inferior, ubicado entre las ciénagas La Villa (Machado) y Cabeza de Vaca al sur y Santiago al norte, curva hacia el sureste al río San Jorge y al caño Grande de Santiago, una corriente tipo Yazoo que discurre paralela al primero a lo largo de 17 km entre las ciénagas mencionadas (**Figura 1-6**).

**Cuenca baja del río San Jorge.** Los sistemas fluviales que alimentan las inundaciones anuales en toda La Mojana son el Brazo de Loba del río Magdalena al norte, el río San Jorge al oeste y el río Cauca al sur y al este; a estos se suma una intrincada red interconectada de canales y ciénagas. Esta red hace que el bajo San Jorge se constituya en la mayor trampa de sedimentos de toda la depresión momposina (22,45).

La dinámica de las llanuras de inundación está regida por el intercambio de agua entre el río y las ciénagas y viceversa; las inundaciones periódicas se consideran la fuente principal de la diversidad del sistema.

**Figura 1-6.** Abanico de Santiago. Nótese la curvatura del río San Jorge y el caño Grande de Santiago hacia el sureste



**Fuente:** Construcción equipo de trabajo – Proyecto Código BPIN: 2020000100361 a partir del MDE SRTM.

Dentro de esta cuenca baja existen subambientes como el complejo cenagoso de Ayapel y los canales que la alimentan, entre ellos el río San Jorge y los caños Muñoz, Barro, Grande y Marralú, el cual se contrae hasta los 20 km<sup>2</sup> en períodos de máxima sequía y se expande hasta los 140 km<sup>2</sup> durante inundaciones extremas (46).

Se han registrado las variaciones en el aporte hídrico hacia las ciénagas entre los períodos de aguas altas y de aguas bajas, al igual que la pérdida total de los límites que las separan de otras durante las épocas de invierno (47). Un caso extremo fue el registrado en la llamada Ola Invernal 2010-2011, cuando el 72 % de La Mojana quedó sumergida y todas las ciénagas formaron un gran lago de 6.568,6 km<sup>2</sup> (48).

### **Sistemas anastomosados avulsivos**

Los patrones multicanal de La Mojana han sido desencadenados por mecanismos de avulsión, mientras que las llanuras aluviales de acreción vertical han resultado de los desbordamientos periódicos de los ríos y caños (6).

Latrubesse (2015) identifica el río Magdalena en la depresión momposina como el sistema avulsivo anastomosado más extenso del norte de los Andes. La presente investigación revela que este tipo de sistema es particularmente evidente en los sectores central y oriental de la región de La Mojana, donde se caracteriza por canales que abandonan rápidamente su cauce original en busca de mayores pendientes, con albardones prominentes y bien desarrollados que bordean islas y encierran pantanos y lagos, así como una significativa agradación vertical en la llanura de inundación (6).

El análisis de los sistemas avulsivos en La Mojana requiere especial atención debido a la intensa modificación antrópica de su red de drenaje en los últimos 2.500 años, en especial debido a la presencia del sistema hidráulico prehispánico Zenú (10,49), que ha contribuido a la prominencia de los albardones en algunos tramos de caños como Rabón y el eje Pita-Carate-Pajal, y que es observable en los modelos de elevación digital, así como la alteración reciente de canales naturales y la creación de canales artificiales para avenamiento, irrigación y desecación de ciénagas, una práctica ampliamente extendida en toda la región.

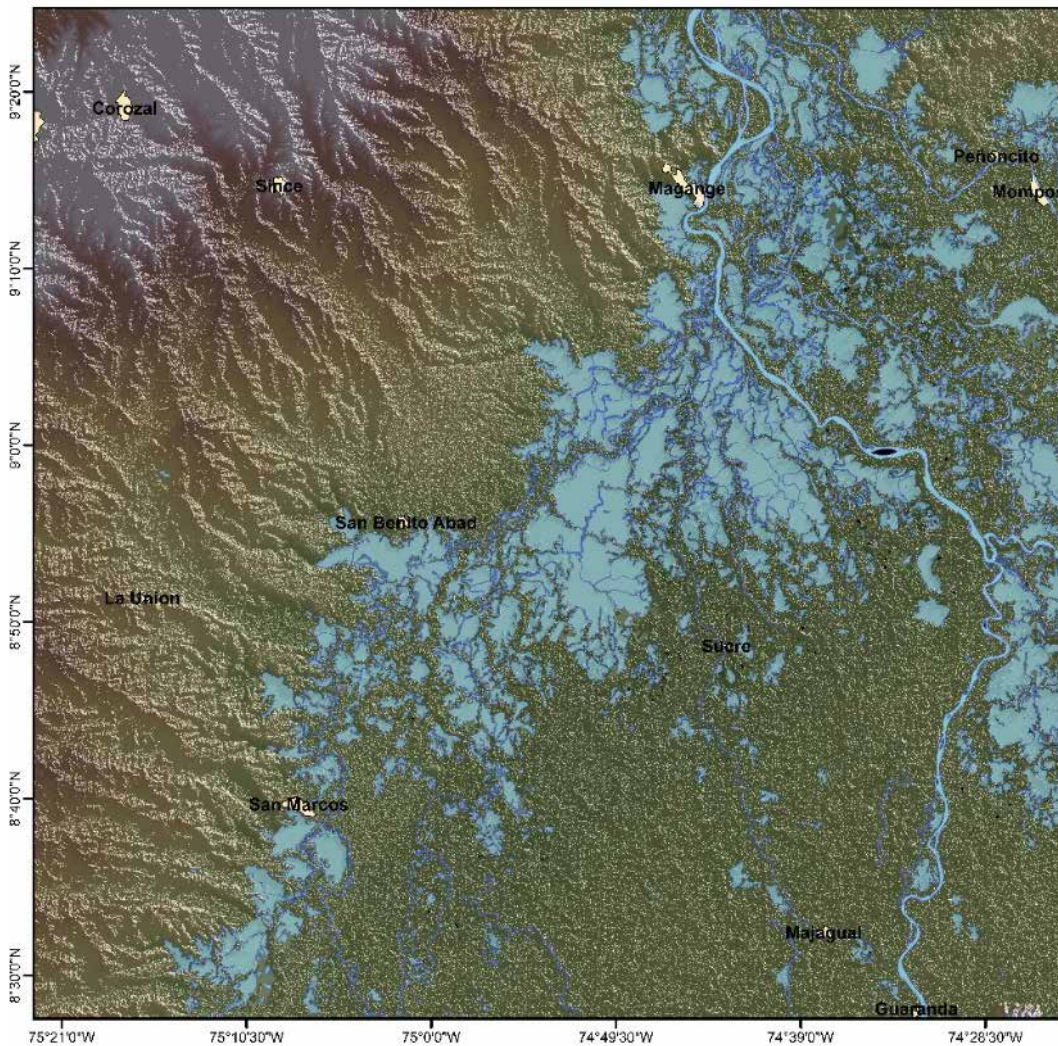
### **Sector septentrional de La Mojana, margen izquierda del Brazo de Loba**

Este sector corresponde a una gran depresión limitada al este, al sur y al oeste por la cota 15,5 m s. n. m. y por los albardones de la margen izquierda del Brazo de Loba al norte, cuyos niveles superiores alcanzan los 16 m y 17 m s. n. m. (**Figura 1-7**).

Los albardones del Brazo de Loba y las estribaciones de la serranía de San Jacinto forman un embudo que restringe a la desembocadura del río San Jorge la evacuación de todas las aguas almacenadas en La Mojana por precipitación y aportes de los ríos Cauca y San Jorge. Debido a esta condición, en épocas invernales las aguas se acumulan, se incrementa el nivel y ocupa los canales de los caños Pancegüita, Mojana y las áreas susceptibles de anegamiento, en lo que la comunidad ha identificado como el retorno de las aguas.

Las tasas anuales de sedimentación de 1 mm, reportadas para los últimos 2.000 a 2.500 años por Plazas *et al.* (1988), en el sector meridional de la cuenca baja del río San Jorge, en cercanías de los caños Carate, Pajal, Hormiga y Rabón, muestran una gran diferencia con aquellas de 3 mm a 4,5 mm anuales determinadas por Martínez (1981) para los últimos 1,500 años y de 4,5 mm anuales para los últimos 2,500 años indicadas por Smith (1986), para la región de la isla de Margarita entre el Brazo de Loba y el Brazo de Mompós.

Figura 1-7. Sector septentrional de La Mojana



Fuente: Construcción equipo de trabajo – Proyecto Código BPIN: 2020000100361 a partir del MED de 5 mm.

Esas diferencias en las tasas de sedimentación entre los sectores meridional y septentrional de La Mojana explican la mayor profundidad verificada hacia el norte, a pesar de contar con una mayor carga de sedimentos anuales. Adicionalmente, los desbordamientos del brazo de Loba fortalecen los diques marginales naturales elevándolos constantemente frente a la llanura de inundación, y forman una barrera que, en algunos casos, supera los ocho metros de altura.

Esta zona se ha visto afectada por el taponamiento de los caños naturales mediante la construcción de jarillones, en especial en los sistemas Pancegüita - Playa Afuera y Orejero - San Mateo (50).

Las ciénagas más importantes de este sector son 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. En este complejo se encuentra el canal Covao, un drenaje artificial que deseca las ciénagas.

Las ciénagas de esta región son alimentadas por la precipitación, los caudales del río San Jorge y los desbordamientos del río Cauca en Nechí y San Jacinto del Cauca.

Entre los caños Pancegüita y Mojana se desarrollan grandes islotes, llamados firmales, formados por la colmatación del lecho causada por las macrófitas flotantes, que son usados para agricultura y pastoreo. A estos firmales, que se desplazan con el viento, afectan la dinámica de las ciénagas, se suma la construcción de terraplenes que acelera la desecación y origina bosques inundables regionalmente conocidos como zapales (32).

Los principales canales del sector son el río San Jorge y los caños Pancegüita, Chicagua, Mojana, Quitasueño, Portaca, Guateas, Tomala, Aguacate, Mojanita, Chaparral y Machetón; mientras que las ciénagas más representativas son La Pelúa, Las Leguas, Los Mangos, Portaca, La Esperanza, El Totumo, El Pedral, Aguas Turbias, Los Mimbres y La Gusanera (32).

### **Amenazas a los sistemas cenagosos de la mojana**

A lo largo de la historia, el desconocimiento de la importancia de La Mojana en la regulación hídrica de Colombia ha permitido que se confunda con una zona poco aprovechada para actividades agropecuarias e incluso se hayan promulgado normas promoviendo la desecación. A continuación, se citan algunas decisiones que motivaron la desecación de ciénagas y la modificación de los canales naturales.

- Con el fin de identificar las principales necesidades para el desarrollo del país, el Banco Mundial envió en 1949 una misión dirigida por el economista canadiense Lauchlin Currie, con la tarea de sentar las bases para superar la pobreza. Entre sus conclusiones, la Misión Currie determinó que gran parte de las tierras con potencial agrícola estaban anegadas o se inundaban frecuentemente, en especial en La Mojana y el bajo Sinú (51).
- Con base en lo anterior, el Gobierno contrató en 1955 a la firma estadounidense Tipton and Kalmbach inc., especialista en ingeniería hidráulica, irrigación y drenaje, para buscar soluciones a los problemas identificados por la Misión Currie. Esta firma concluyó que, para expandir la agricultura, debían desecarse más de 3.100 km<sup>2</sup> en las cuencas bajas del Sinú, el San Jorge y el Magdalena (52).
- En 1957, el ingeniero hidráulico Hugo Vlugter, técnico del Comité Nacional de Planeación, recomendó la eliminación de 2.500 km<sup>3</sup> de ciénagas en La Mojana.
- En 1960, el Gobierno nacional solicitó al economista Lauchlin Currie el diseño de la Corporación del Valle del Magdalena; entre sus conclusiones se incluyó la de eliminar en su totalidad la Ciénaga Grande de Santa Marta y parte de La Mojana (53).
- Durante los debates sobre la reforma agraria que se tramitaba en 1961, el expresidente Laureano Gómez sugirió la desecación de humedales como solución agropecuaria, indicando que: “Si quieren que haya tierra para los campesinos, el país tiene abundantísimas tierras [...] son pantanos, pero si se secan pueden redistribuir ahí lo que se quiera, sin perjudicar a ningún propietario legítimo” (54).
- En 1974, el Decreto-Ley 2811 de 1974 reguló el aprovechamiento de las aguas no marítimas en todos sus estados (lagos, ciénagas, lagunas y embalses naturales o artificiales) y las prácticas en contra de los humedales señalan que se prohíbe “desecar, variar o bajar el nivel de los ríos, lagunas, ciénagas o cualquier otra fuente, con fines de pesca (Artículos 77 y 282)” (55).
- Sin embargo, el Decreto 624 de 1989 —Estatuto tributario—, indicó que: “... serán considerados como gastos deducibles del impuesto sobre la renta, en sus coeficientes de amortización, [...] los desmontes, obras de riego y de desecación [...] y demás inversiones en la fundación, ampliación y mejoramiento de fincas rurales” (Artículo 158) (56).

Finalmente, la estrategia de la desecación de humedales como respuesta a las necesidades agropecuarias culminó con la ratificación del convenio Ramsar, mediante la Ley 357 de 1997. Más tarde, la Sentencia T 194/99 de la Corte Constitucional, resolviendo una acción de tutela contra la Corporación Eléctrica de la Costa Atlántica (Corelca) y la sociedad de economía mixta Urrá S. A., ordena al entonces Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (Incora) detener la adjudicación de los terrenos de las

ciénagas en Córdoba, y declararlos baldíos. Por último, en 2002, se publica la Política Nacional de humedales interiores de Colombia, con estrategias para su conservación y uso sostenible.

### Agradecimientos

El presente trabajo se financió a través del Fondo Ciencia Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías, como parte del proyecto “Implementación de estrategias de gestión de riesgo en el manejo integral de zonas de recarga de los acuíferos utilizados como fuente de abastecimiento de las comunidades de la subregión Mojana, departamento de Sucre”, código BPIN 2020000100361.

### Referencias

1. Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena (CORMAGDALENA). Atlas cuenca del río Grande de la Magdalena. 2001.
2. Restrepo J. Dinámica Sedimentaria en Deltas Micromareales – Estratificados de Alta Descarga: Delta del Río Magdalena (Colombia – Mar Caribe) [Internet] [Tesis doctoral]. Barranquilla: Universidad del Norte; 2014. Disponible en: <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/7422/dinamica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
3. Restrepo JC, Schrottke K, Traini C, Ortiz JC, Orejarena A, Otero L, et al. Sediment transport and geomorphological change in a high-discharge tropical delta (Magdalena River, Colombia): insights from a period of intense change and human intervention (1990–2010). *J Coast Res*. 2016 May;319:575-89.
4. Alfonso JL. Optimisation of monitoring networks for water systems: information theory, value of information and public participation. Leiden: CRC Press; 2010.
5. Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT). Informe General “Proyecto Cuenca Magdalena-Cauca”. Convenio Colombo-Holandés. Vol. 1. Bogotá (Colombia); 1997.
6. Latrubesse EM. Large rivers, megafans and other Quaternary avulsive fluvial systems: A potential “who’s who” in the geological record. *Earth-Sci Rev*. 2015;146:1-30.
7. Angarita H, Delgado J, Wickel B, Escobar M. Biodiversidad, ecosistemas de humedal y riesgo de inundación: Implicaciones de la expansión hidroeléctrica en la cuenca del río Magdalena. *Stockh Environ Inst [Internet]*. 2016. Disponible en: <https://mediamanager.sei.org/documents/Publications/SEI-TNC-USAID-FS-2016-Hidroelectrica-Depresion-Momposina.pdf>
8. Vilorio J. Economía extractiva y pobreza en la Ciénaga de Zapatosa [Internet]. Banco de la República; 2008. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Joaquin-Hoz/publication/4828442\\_Economia\\_Extractiva\\_Y\\_Pobreza\\_En\\_La\\_Cienaga\\_De\\_Zapatosa/links/59235ad8aca27295a8a891cf/Economia-Extractiva-Y-Pobreza-En-La-Cienaga-De-Zapatosa.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Joaquin-Hoz/publication/4828442_Economia_Extractiva_Y_Pobreza_En_La_Cienaga_De_Zapatosa/links/59235ad8aca27295a8a891cf/Economia-Extractiva-Y-Pobreza-En-La-Cienaga-De-Zapatosa.pdf)
9. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). Informe General: Proyecto piloto La Mojana Bajo Cauca y Bajo San Jorge. Programa Nacional de Manejo de Suelos y Aguas, C.I. Tibaitatá; 1995.
10. Plazas C, Falchetti AM, Van Der Hammen T, Botero P. Cambios ambientales y desarrollo cultural en el bajo río San Jorge. *Bol Mus Oro*. 1988;20:58-9.
11. Herrera LF, Sarmiento G, Romero F, Botero PJ, Berrío JC. Evolución ambiental de la depresión Momposina (Colombia) desde el Pleistoceno tardío a los paisajes actuales. *Geol Colomb [Internet]*. 2001. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/42093>
12. The Nature Conservancy, Fundación Alma, Fundación Humedales, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). Estado de las planicies inundables y el recurso pesquero en la Macrocuenca Magdalena-Cauca y propuesta para su manejo integrado. Bogotá, Colombia; 2016.

13. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Reducción del riesgo y de la vulnerabilidad frente al cambio climático en la región de la depresión momposina en Colombia: Proyecto del Fondo de Adaptación del protocolo de Kioto [Internet]. 2012. Disponible en: [http://snip.gov.ni/Docs/capacitaciones/tallerInter/Colombia\\_CasoDepresionMomposina.pdf](http://snip.gov.ni/Docs/capacitaciones/tallerInter/Colombia_CasoDepresionMomposina.pdf)
14. National Aeronautics and Space Administration (NASA). U.S. Releases Enhanced Shuttle Land Elevation Data. Shuttle Radar Topography Mission – SRTM. Calif Inst Technol [Internet]. 2014. Disponible en: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>
15. Montejo F. Estudio comparado de sistemas agrícolas andinos basados en el control de la inundación y la transformación del medio [Internet]. [México D.F.]: Universidad Nacional Autónoma de México; 2008. Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2009/enero/0638486/0638486.pdf>
16. Fundación Fluvialia, Instituto Alexander von Humboldt. Proyecto Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol. Informe final –Producto doce [Internet]. Bogotá; 2015 jun. p. 119. Disponible en: [http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9345/11Fluvialia\\_Cienaga\\_Zapotosa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9345/11Fluvialia_Cienaga_Zapotosa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
17. Posada García L, Rhenals Garrido RL. Controles fluviales del río Cauca en la región de La Mojana. *Rev Geogr.* 2006 Sep 15;655-62.
18. Servicio Geológico Colombiano (SGC), Universidad Nacional de Colombia (UNAL). Memoria técnica explicativa del mapa geomorfológico analítico aplicado a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000 plancha 54 – Mompós, departamentos de Bolívar y Magdalena. Medellín; 2016.
19. Ramsar. Ramsar list, the list of wetlands of international importance [Internet]. 2023. Disponible en: <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/sitelist.pdf>
20. Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena (CORMAGDALENA), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Estudio Ambiental de la Cuenca Magdalena–Cauca y elementos para su ordenamiento territorial [Internet]. Bogotá: IDEAM - Cormagdalena; 2001. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/000051/EstudioAmbientaCMagdalena-Cauca.pdf>
21. Restrepo A JD, Kettner AJ, Brakenridge GR. Monitoring water discharge and floodplain connectivity for the northern Andes utilizing satellite data: A tool for river planning and science-based decision-making. *J Hydrol.* 2020 Jul;586:124887.
22. Martínez A. Subsistencia y geomorfología de la depresión inundable del río Magdalena. *Rev CIAF.* 1981;6(1-3):319-28.
23. Van der Hammen T. Fluctuaciones holocénicas del nivel de inundaciones en la cuenca del Bajo Magdalena-Cauca-San Jorge (Colombia). *Geol Norandina.* 1986;10(1):11-7.
24. Smith DG. Anastomosing river deposits, sedimentation rates and basin subsidence, Magdalena River, northwestern Colombia, South America. *Sediment Geol.* 1986 Feb 1;46(3):177-96.
25. Charlton R. *Fundamentals of fluvial geomorphology.* Routledge; 2007. 249 p.
26. Bridge JS. *Rivers and floodplains: forms, processes, and sedimentary record.* John Wiley & Sons; 2003. 491 p.
27. López S, Restrepo J. Modelos morfodinámicos de los deltas fluviales colombianos. *Bol Geol.* 2007;29(1):103-13.
28. Burke T. WSID and BBID Water Availability Analysis [Internet]. 2016. Disponible en: [https://www.waterboards.ca.gov/waterrights/water\\_issues/programs/hearings/byron\\_bethany/docs/exhibits/wsid\\_cdwa\\_sdwa/wsid0124.pdf](https://www.waterboards.ca.gov/waterrights/water_issues/programs/hearings/byron_bethany/docs/exhibits/wsid_cdwa_sdwa/wsid0124.pdf)

29. McKee L, Lewicki M, Schoellhamer DH, Ganju NK. Comparison of sediment supply to San Francisco Bay from watersheds draining the Bay Area and the Central Valley of California. *Mar Geol.* 2013;345:47-62.
30. Von Humboldt A, Bonpland A. Personal narrative of travels to the equinoctial regions of America, during the years 1799-1804 [Internet]. Edición digital proyecto Gutenberg. Henry G. Bohn; 1851. (George Bell & Sons; vol. 3). Disponible en: <https://www.gutenberg.org/ebooks/7254>
31. Reclus E. The earth and its inhabitants, South America [Internet]. New York; 1894. 260 p. (The Andes Regions; vol. 1). Disponible en: <https://archive.org/details/earthitsinhabita941recl/page/n7/mode/2up>
32. Torres J, Pinilla G. Revisión de las características limnológicas de los sistemas acuáticos de la región de La Mojana. Informe final. Estudios, análisis y recomendaciones para el ordenamiento ambiental y el desarrollo territorial de La Mojana [Internet]. Departamento Nacional de Planeación - Universidad Nacional de Colombia; 2011. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/9310/gabrielpinilla.2011.pdf?sequence=1&isAllowed>
33. Díaz-Granados M, Camacho LA, Maestre A. Modelación de balances hídricos de ciénagas fluviales y costeras colombianas. I: Fundamentos técnicos. *Rev Ing.* 2001;(13):12-20.
34. Mosquera L. Estudio general de suelos de los municipios de Caimito, la Unión de Sucre, Majagual, San Benito Abad, San Marcos y Sucre (departamento de Sucre). Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC; 1986.
35. Convención Ramsar. Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas [Internet]. 1971. Disponible en: [https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current\\_convention\\_s.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_s.pdf)
36. Ministerio de Ambiente. Política nacional para humedales interiores de Colombia estrategias para su conservación y uso racional [Internet]. 2001. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Pol%C3%ADtica-Nacional-de-Humedales.pdf>
37. Universidad Nacional de Colombia - UNAL. Control de inundaciones en la región de La Mojana. Volúmenes I y II. Informe preparado para el Instituto Nacional de Vías (Invías). 2002.
38. González H, Maya M, Tabares LF, Barajas A, Montoya A, Vélez Giraldo W. Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el Servicio Geológico Colombiano. Plancha 63 – San Marcos. Memoria Explicativa [Internet]. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano; 2015 jun. (Consortio GS GEOMINAS-SERVIMINAS-GEMI). Disponible en: <https://recordcenter.sgc.gov.co/B15/23008010028466/Documento/Pdf/2105284661101000.pdf>
39. González H, Maya M, Tabares L, Barajas A, Montoya A, Vélez Giraldo W. Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el servicio geológico colombiano. Plancha 73 – Ayapel. Memoria explicativa [Internet]. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano; 2015 jun. (Consortio GSG GEOMINAS-SERVIMINAS-GEMI). Disponible en: <https://recordcenter.sgc.gov.co/B15/23008010028467/Documento/Pdf/2105284671101000.pdf>
40. González H, Maya M, Tabares L, Barajas A, Montoya A, Giraldo W. Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el servicio geológico colombiano. Plancha 74 – Guaranda. Memoria explicativa [Internet]. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano; 2015 jun. (Consortio GSG (GEOMINAS-SERVIMINAS-GEMI)). Disponible en: <https://recordcenter.sgc.gov.co/B15/23008010028467/Documento/Pdf/2105284671101000.pdf>

41. Fondo Adaptación. Plan de acción integral para la reducción del riesgo de inundaciones y adaptación al cambio climático en la región de La Mojana [Internet]. 2016. Disponible en: [https://storage.googleapis.com/fnad-www-storage/FA2016/Macroproyectos/La\\_Mojana/Plan\\_de\\_Accion/Plan\\_de\\_Accio%20Integral.pdf](https://storage.googleapis.com/fnad-www-storage/FA2016/Macroproyectos/La_Mojana/Plan_de_Accion/Plan_de_Accio%20Integral.pdf)
42. Hernández B, Obregón N. Elementos conceptuales y desarrollo metodológico modelamiento componente 2 gestión de la salud de los ecosistemas. Proyecto manejo sostenible y conservación de la biodiversidad en la cuenca del río Magdalena. [Internet]. Bogotá: Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF), Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Fundación Natura Colombia; 2018 may. Disponible en: [https://natura.org.co/wp-content/uploads/2021/04/20180530\\_-\\_ConsMetoModelaci%C3%B3n.pdf](https://natura.org.co/wp-content/uploads/2021/04/20180530_-_ConsMetoModelaci%C3%B3n.pdf)
43. Mantilla L, Clavijo J, Pinto J, Bernal L, Pérez A. Memoria explicativa de la cartografía geológica de la Plancha 64 Barranco de Loba, sur del departamento de Bolívar. Bogotá: Ingeominas; 2006. (Proyecto San Lucas).
44. Ochoa A, García G, Martínez E, Leixon A, Paula R, Oviedo J. Geología de la plancha 53 - Magangué a escala 1:100.000 departamentos de Bolívar y Sucre / Servicio Geológico Colombiano (SGC). Bogotá, Colombia: Servicio Geológico Colombiano (SGC); 2016. 60 p.
45. Aguilera Garramuño E, Neira F. Comprobación y orientación de la sostenibilidad en la región de La Mojana. Corpoica Tibaitatá Septiembre. 1999;80-4.
46. Aguirre N, Palacio J, Flórez M, Wills A, Caicedo O, Jiménez L, et al. Análisis de relación Río-Ciénaga y su efecto sobre la producción pesquera en el sistema cenagoso de Ayapel, Colombia. [Internet]. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia; 2005 [citado 28 de julio de 2023] p. 419. (Grupo GAIA). Disponible en: <https://repositorio.minciencias.gov.co/handle/20.500.14143/39070>
47. Hoyos Arrieta OI, Muñoz Robayo A. Estudio de la hidrodinámica de la ciénaga La Villa (Machado) y sus interconexiones en la ecorregión de La Mojana a través de la mecánica de fluidos computacional. Tesis de Maestría [Internet]. Bogotá (Colombia): Pontificia Universidad Javeriana; 2016 [citado 28 de julio de 2023]. Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/21193>
48. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Mapa de zonas de susceptibilidad a la inundación: Bolívar y Sucre. Bogotá (Colombia); 2011.
49. Plazas C, Falchetti de Saens A. Asentamientos prehispánicos en el bajo río San Jorge. Banco Repúb. 1981;(11):1-136.
50. Ministerio de Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (Minambiente), Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB). 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, Corpomag y Corantioquia. Magangué; 2002.
51. Programa de desarrollo económico del valle del Magdalena y norte de Colombia: informe de una misión. Bogotá (Colombia): Ministerio de obras públicas; 1960. (Robert R. Nathan Associates. Ferrocarriles Nacionales de Colombia, Empresa Colombiana de Petróleo).
52. Camargo A. Landscapes of fear: water grabbing, wetland conservation, and the violence of property in Colombia. 2012. Disponible en: <https://cornell-landproject.org/download/landgrab2012papers/camargo.pdf>
53. Acosta AJ, Cabrera MS, Mendoza CA. Lauchlin Currie y el futuro de la Costa Atlántica. Investig Desarro. 1992;(2):79-86.
54. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Colombia rural, razones para la esperanza [Internet]. Bogotá; 2011. Disponible en: [https://planipolis.iiep.unesco.org/sites/default/files/ressources/colombia\\_nhdr\\_2011.pdf](https://planipolis.iiep.unesco.org/sites/default/files/ressources/colombia_nhdr_2011.pdf)

55. República de Colombia. Decreto 2811 de 1974. Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente [Internet]. 1974. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>
56. República de Colombia. Decreto 624 de 1989. Estatuto Tributario de los impuestos administrados por la Dirección General de Impuesto Nacionales [Internet]. 1989. Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=6533>