

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS BÁSICAS DE UN COMPLEJO CENAGOSO TROPICAL (AYAPEL, COLOMBIA).

Yimmy Montoya-Moreno¹, Carlos Augusto Benjumea-Hoyos², Néstor Jaime Aguirre-Ramírez³.

¹- Dr en Ingeniería, Investigador asociado al grupo Geolimna de la Universidad de Antioquia. E-mail: yimmymontoya3@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-1054-279X>

² Magíster en Ingeniería, Profesor Asociado facultad de ingeniería, Universidad Católica de Oriente, Grupo Limnología y Recursos Hídricos. cbenjumea@uco.edu.co <http://orcid.org/0000-0002-3702-4300>

³ PH.D Profesor asociado Universidad de Antioquia. E-mail: nestor.aguirre@udea.edu.co. Grupo Geolimna de la Universidad de Antioquia. <https://orcid.org/0000-0002-0847-7335>

RESUMEN

La ciénaga de Ayapel es uno de los sistemas acuáticos más grandes de Colombia. El objetivo de este trabajo es describir las características morfométricas del sistema. La ciénaga se caracterizó por ser un sistema somero con un área considerable con forma de una depresión cónica cóncava con varios puntos de inflexión en forma en U, con un amplio desarrollo de la línea de costa. Presenta alto valor del fetch y una baja profundidad relativa, factores que, en conjunto, favorecen una amplia pista de acción para el viento, una baja tendencia a la estabilidad térmica de la columna de agua y el predominio de la mezcla completa nocturna (sistema polimíctico cálido continuo). Desde el punto de vista del estado trófico, se puede considerar la ciénaga como oligomesotrófica, ya que presenta bajos valores de transparencia, del coeficiente de atenuación lumínica, de la concentración de clorofila a y de la productividad primaria fitoplanctónica.

Palabras clave: Batimetría, lago de plano inundable, ciénaga tropical, limnología física.

Recibido: 11 de noviembre de 2025. Aceptado: 13 de mayo de 2026

Received: November 11, 2025. Accepted: May 13, 2026

BASIC MORPHOMETRIC FEATURES OF A TROPICAL WETLAND COMPLEX (AYAPEL, COLOMBIA).

ABSTRACT

Ayapel Swamp is one of Colombia's largest aquatic systems. The object of this study is to describe morphometric characteristics and theoretical predictions arising from the morphometric analysis. The swamp was characterized as a shallow system covering a large area, with a conical, concave depression, several U-shaped turning points, and a well-developed, structured shoreline. It has a high fetch and low relative depth, factors that together foster a broad hint of wind action, a trend towards low thermal stability of the water column, and the predominance of complete mixing at night, so the system can be considered polymictic warm. The trophic status of the swamp may be classified as oligomesotrophic, considering its low transparency, reduced light attenuation coefficient, scarce chlorophyll a concentrations, and diminished phytoplankton primary productivity.

Keywords: Bathymetry, floodplain lake, physical limnology.

Cómo citar este artículo: Y. Montoya-Moreno, C. Benjumea-Hoyos, N. Aguirre-Ramírez. "Características morfométricas básicas de un complejo cenagoso tropical (Ayapel, Colombia).", *Revista Politécnica*, vol.22, no.43 pp.50-61, 2026. DOI:10.33571/rpolitec.v22n43a4

1. INTRODUCCIÓN

La caracterización morfométrica de un cuerpo de agua idealmente debe ser el punto de partida de las investigaciones limnológicas, ya que a partir de esta información se puede determinar la ubicación de las estaciones de colecta de manera metódica. Adicionalmente, se genera una idea global sobre el funcionamiento del sistema teniendo en cuenta las áreas de interfase agua – aire y agua – sedimento [1].

Las características batimétricas en los sistemas lagunares dependen de varios factores tanto internos como externos; dentro de los primeros están los cambios oceanográficos y los meteorológicos, como la precipitación, la intensidad de los huracanes, y las sequías; dentro de los segundos, se destacan la deforestación y su consecuente erosión, la construcción de presas, los dragados y la actividad pesquera, entre otros [2].

Las ciénagas son sistemas altamente complejos que mantienen una estrecha relación con los ecosistemas terrestres que las circundan, debido al desarrollo de la línea de costa. En general, son sistemas someros ($Z_{max} < 10$ m), polimícticos cálidos, con estratificaciones poco duraderas, de metabolismo autotrófico, exportadores-importadores de nutrientes, importantes como refugios de biodiversidad y, usualmente, con una productividad biológica alta.

En Colombia hay 1938 ciénagas, que suman un área aproximada de 500.000 hectáreas y ocupan cerca del 67% del área correspondiente a los ecosistemas acuáticos lenticos colombianos [3]. Aunque se reconoce la importancia de estos ecosistemas en muchos contextos (reguladores de los regímenes hidrológicos de las áreas tributarias, amortiguadores climáticos, fuentes de aprovisionamiento de agua, medios de transporte acuático, áreas de turismo y recreación, sumideros de carbono, retenedores de sedimentos y nutrientes y con un alto valor biogénico), son ambientes poco estudiados.

Los estudios morfométricos y morfológicos en el contexto colombiano se han dejado de lado, olvidando que brindan elementos para comparar los grandes sistemas lenticos de zonas templadas con los sistemas someros lacustres tropicales. En este campo, en Colombia, se han realizado algunas investigaciones morfométricas en embalses [4], lagos [1, 5, 6] y ciénagas [8-13], las cuales son pocas dada la gran cantidad de recursos hídricos que posee el país.

El propósito de este trabajo fue analizar las características batimétricas y morfométricas de la ciénaga de Ayapel, además que se quiso también deducir algunos aspectos ecológicos del ecosistema a partir de dichas variables morfológicas. Este sistema es el tercer sistema cenagoso más grande de Colombia, sólo superado por la ciénaga Grande de Santa Marta y por la Ciénaga de Zapatosa [7].

2. MATERIALES Y METODO

2.1 Área de estudio.

El sistema cenagoso de Ayapel se ubica en la jurisdicción del municipio de Ayapel, en el departamento de Córdoba, en la planicie atlántica del norte de Colombia (Figura 1). La cuenca de la ciénaga tiene un área de 1.504 km², situada entre 20 y 150 msnm. El territorio se ubica en la zona de bosque húmedo tropical con temperaturas entre 26 y 29 °C [13]. El régimen de precipitaciones fluctúa entre un periodo de lluvias (abril a noviembre) y otro de sequía (diciembre a marzo). Geográficamente, la zona se encuentra entre las coordenadas 8° 04' - 8° 30' N y 74° 84' - 75° 20' W, sobre la vertiente oriental del río San Jorge.

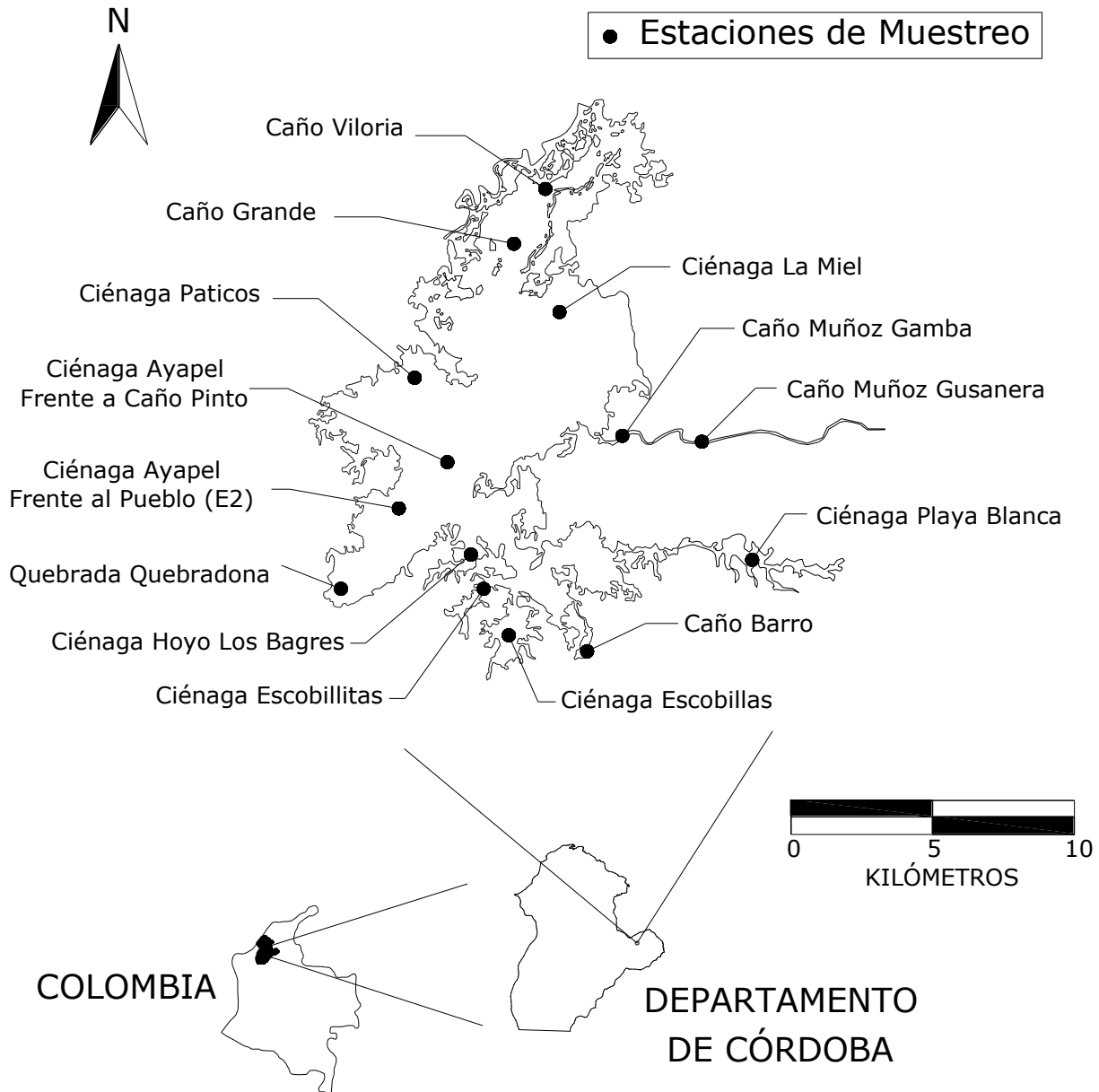


Figura 1. Mapa del complejo cenagoso de Ayapel, Colombia.

El sistema se presenta como un entramado anastomosado de canales interconectados con canales de almacenamiento de diversa extensión, baja profundidad, altamente variables en el tiempo, con cobertura de macrófitas flotantes y vegetación temporal o permanente inundada, arraigada en el fondo. La ciénaga de Ayapel se localiza en el extremo suroccidental de la depresión Momposina [8].

Según los mismos autores, en esta zona son importantes los depósitos cuaternarios asociados al río San Jorge y sus afluentes, que descansan sobre la cobertura sedimentaria de edad Neógeno-Cuaternario correspondiente al grupo Sincelejo, la cual se caracteriza por una serie de ambientes transicionales a continentales, compuesta principalmente por areniscas, conglomerados arenosos y shales [14]. Los suelos de la región se pueden diferenciar de acuerdo a una serie de discontinuidades en las que la topografía y la saturación de agua en el suelo representan los factores directores. En general, se observan suelos de sitios inundados en extremo orgánicos (turberas inundadas), suelos de sitios inundados medianamente orgánicos, suelos de sitios inundables temporalmente y suelos de sitios de tierra firme.

2.2 Muestras

Para el trabajo morfométrico se empleó cartografía digitalizada y procesada en el software AutoCAD®. Las bases para esta digitalización fueron mapas topográficos, cartografía impresa obtenida en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y cartografía digital obtenida de los mapas de origen satelital de la NASA (<https://www.earthdata.nasa.gov/learn/gis>).

La batimetría de la ciénaga de Ayapel se realizó mediante la medición de la profundidad con una ecosonda FISHFINDER GARMIN 100, y los sitios se georreferenciaron con un sistema de posicionamiento global (GPS) GARMIN 72 PLUS. Se obtuvo un total de 5.226 puntos entre 2006 y 2016. Teniendo en cuenta que el nivel del agua fluctúa, se corrigieron los datos de la ecosonda con los datos de nivel registrados en la estación limnimétrica de la ciénaga (estación Beirut-Ideam). Los transectos longitudinales y transversales se efectuaron cada 100 m. Para el procesamiento de los datos obtenidos en campo con la ecosonda se utilizó el software Golden Surfer®, el cual arrojó como resultado el mapa batimétrico y los principales parámetros físicos de la ciénaga de Ayapel.

Para el resultado del fetch efectivo (L_f) se evaluaron series de registros de viento con resolución diaria de dos estaciones climatológicas cercanas a la zona de estudio (aeropuerto La Florida y Majagual-código 25027760); luego de obtener la orientación promedio de acción del viento se estimó la longitud mediante planos digitalizados. El cálculo del fetch efectivo considera la geometría del cuerpo de agua promediando varias direcciones [15], este se obtuvo mediante la ecuación:

$$L_f = \frac{(\sum x_i \cos \alpha_i)}{(\sum \cos \alpha_i)}$$

Donde:

x_i es la longitud del radio .

α_i es el ángulo del radio respecto a la dirección central (va de -42° a $+42^\circ$ en intervalos de 6°)

Para el fitoplancton la biomasa se estimó mediante la determinación de la concentración de clorofila “a” extraída con etanol caliente al 96%, realizándose acidificación para la evaluación de la concentración de feopigmentos [18, 22]. La concentración de clorofila a fue multiplicada por 50, obteniéndose un estimativo grueso de la biomasa algal [22]. La producción primaria se cuantificó mediante el método de evolución de oxígeno en botella clara y oscura “In Situ”, empleando botellas tipo Winkler y un Oxímetro digital WTW 320 con precisión de 0,01 ppm [29], con incubaciones de una hora a tres profundidades diferentes (100%, 50% y 1% de luz que efectivamente penetra (I_0) y con una réplica para cada profundidad. La atenuación lumínica se midió empleando el disco de Secchi. Los muestreos fueron realizados entre 2006 y 2009 abarcando diferentes momentos del pulso de inundación.

3. RESULTADOS

La tabla 1 presenta los valores de los principales parámetros morfométricos del cuerpo de agua estudiado. De acuerdo con esta información, el sistema fluvioacustre de Ayapel corresponde a un cuerpo de agua grande, somero, de baja transparencia, de forma dendrítica, con una zona litoral muy desarrollada, el vaso en forma de U y con tendencia a la polimixis y a la oligomesotrofia.

Las variables morfométricas que se presenta en la tabla (longitud máxima efectiva, longitud efectiva, fetch efectivo, ancho máximo efectivo, profundidad relativa, cociente D_{med}/D_{max} , índice de desarrollo del perímetro, índice de desarrollo del volumen, área iluminada, volumen iluminado, factor de forma, factor de pendiente, elipsoidal de cubeta y factor de envolvimiento), fueron calculadas según [15]

Tabla 1. Principales parámetros morfométricos de la ciénaga de Ayapel.

PARAMETRO	SIGLA	VALOR
Área (km ²)	a	135,39
Perímetro (km)	lo	184,89
Volumen (km ³)	V	0,40
Longitud Máxima (km)	Lmáx	25,1
Longitud Máxima Efectiva (km)	Le	17,96
Longitud Efectiva (km)	Ls	17,96
Fetch Efectivo (km)	Lf	14,97
Ancho Máximo (km)	Bmáx	10,84
Ancho Máximo Efectivo (km)	Be	10,84
Ancho Medio (km)	B	5,39
Profundidad Máxima (m)	Dmáx	7,7
Profundidad Media (m)	Dmed	2,95
Profundidad Relativa (%)	Dr	0,06
Cociente Dmed / Dmax (Adim)	Dmed/Dmax	0,38
Índice de Desarrollo del Perímetro (Adim)	F	4,48
Índice de Desarrollo del Volumen (Adim)	Vd	1,15
Forma de la Ciénaga (Adim)		Cmi
Profundidad de Transparencia Secchi (m)	Dsd	1,265
Área iluminada (m ²)	Ail	119456324
Volumen iluminado (m ³)	Vil	151112250
Factor de Forma (Adim)	Vd ⁻¹	0,869
Factor de Pendiente (%)	S	0,000324
Pendiente media (%)	α	0,12
Elipsoidad de la Cubeta (°)	E	0,57
Altitud (m)		50
Factor de envolvimiento (Adim)		11.1

Cmi_ significa que es un sistema cóncavo con dos puntos de inflexión.

Fuente: Autores

La figura 2 muestra el mapa batimétrico y la forma irregular alargada de la ciénaga de Ayapel.

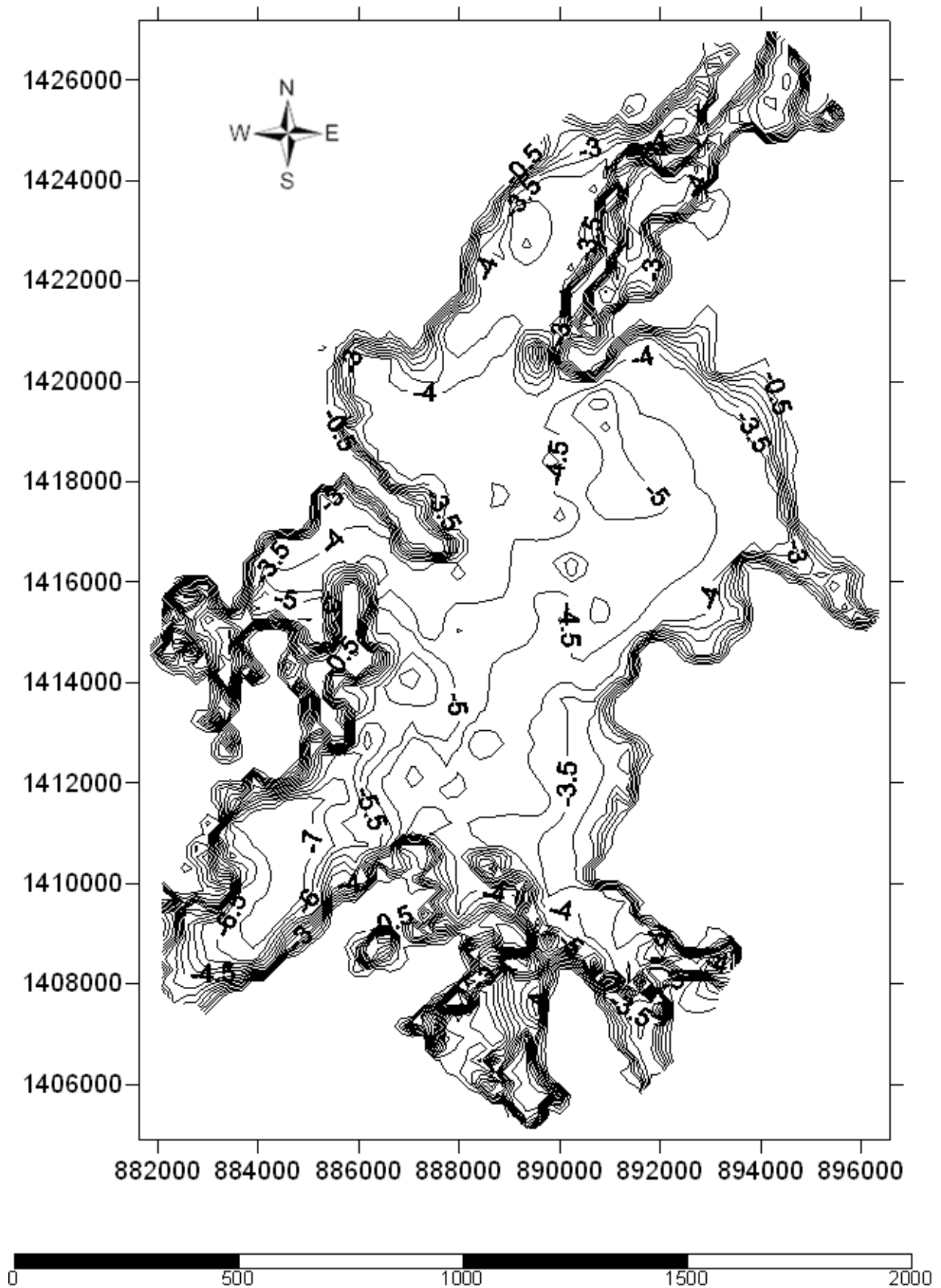


Figura 2. Mapa batimétrico ciénaga de Ayapel.

La figura 3 presenta los resultados de profundidad en función del porcentaje de área acumulada. Estos cálculos se utilizaron para la elaboración de la curva hipsográfica, de la cual se obtuvieron las profundidades de cada cuartil (25%, 50% y 75%); la curva hipsográfica se construyó y se analizó de acuerdo con lo propuesto por [15].

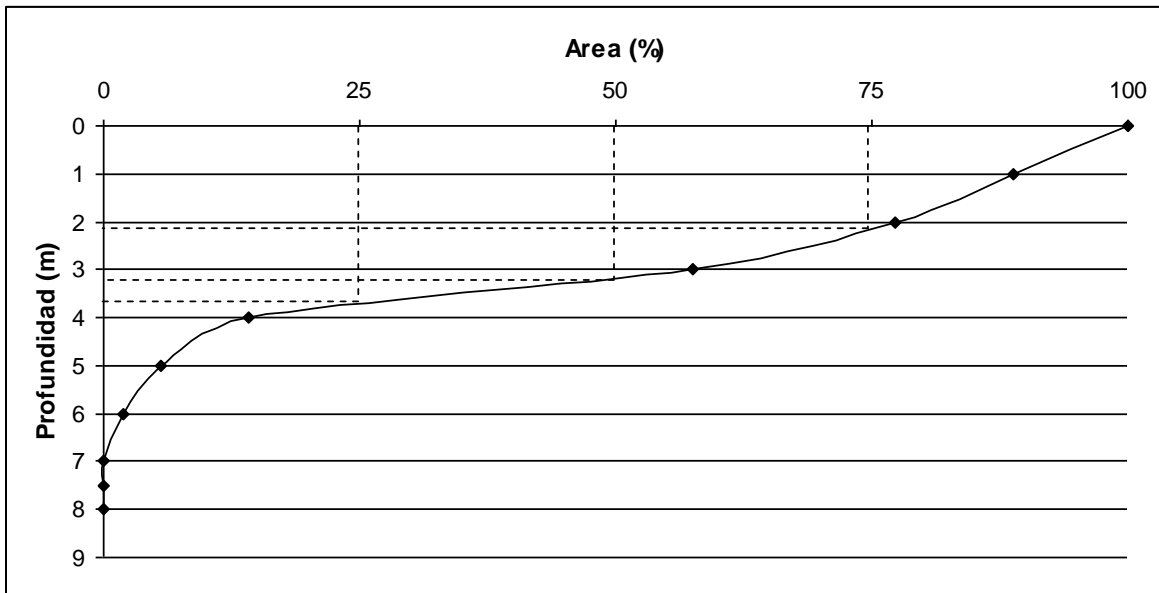


Figura 3. Curva hipsográfica relativa a la superficie. Ciénaga de Ayapel.

De la figura 3 se interpolaron gráficamente y se calcularon las profundidades de las áreas acumuladas al 25, 50 y 75 %, lo que dio como resultado los datos presentados en la tabla 2.

Tabla 2. Profundidades para áreas acumuladas (D)

D (%)	Profundidad (m)
0	7,7
25	3,8
50	3,2
75	2,1
100	0

Fuente: Autores

4. DISCUSIÓN

La Ciénaga de Ayapel es uno de los cuerpos de agua más grandes del país (Tabla 3). Sin embargo, al comparar su área con respecto al Lago de Maracaibo (el mayor lago suramericano), su área es 96 veces inferior, ya que los sistemas lénticos colombianos son abundantes en cantidad, pero de tamaño y profundidad reducidos. Según [16], el área promedio para 72 lagos suramericanos fue de 146 km², por lo que los 135.39 km² de la ciénaga de Ayapel son muy cercanos al promedio suramericano. [17] reporta que el 74% de los grandes lagos del mundo se encuentran entre 500 y 1500 m de altitud, mientras que Ayapel presenta un área considerable, a pesar de su baja altitud sobre el nivel del mar.



Tabla 3. Aspectos morfométricos de algunas ciénagas Colombianas.

Ciénaga	Altitud (m)	Área (km ²)	Volumen (Mm ³)	Dm (m)	Dr (%)	TR (años)	Clorofila a (mg/m ³)
Lorica	3	45		0,8			
Betancí	22			2,2			
Jotaudó	53			3,7			
Jobo	10	10.4	16.5	2,34	0.11	1.7	2.1
Zarzal	9	32.2	109.5	3,4	0.08	11.4	3.2
El Guájaro	5	99.9	182.0	2,7	0.04		
La Luisa	10	2.9	7.83	2,68	0.2	4.3	15.7
Aguas Claras	8	7.5	18.3	2,45	0.13	12.3	4.54
Matuya	9	7.0	11.7	1,68	0.09	5.5	1.9
María La Baja	10	39.1	136.9	3,5	0.07	41.2	6.4
Juan Gómez	10	8.8	20.1	2,3	0.12	19.5	3.7
Ayapel	28	135.39	400.0	2,95	0.06	0.1	14.0
Grande de Santa Marta	5	730	2232	3,05	0.05		52.4
Cachimbero	150	3.72	0.0068	1,83	0.14		

Tr: Tiempo de residencia promedio (años)

Fuente: Autores

El Lago Titicaca presenta el volumen de agua más elevado entre los sistemas lenticos sudamericanos, alcanzando los 830 km³ [17], lo cual es 2,072 veces superior a los 0.4 km³ de la Ciénaga de Ayapel. Presentar un volumen inferior no implica que las interacciones ecológicas que allí ocurren sigan la misma tendencia que en los lagos profundos, ya que los sistemas someros, como Ayapel, tienden a ser más dinámicos, pues pequeñas oscilaciones en el nivel del agua representan diferencias sustanciales en la superficie.

La profundidad máxima en la ciénaga de Ayapel depende de la época del año. Esta variable es muy fluctuante, ya que presenta valores de 3.5 m en el periodo seco y de 7.7 m en la época de lluvias, lo cual implica un cambio de más del 50% en la altura de la columna de agua en cada ciclo hidrológico. Según [16], la Dm_{máx} promedio para 18 lagos suramericanos fue de 227 m, un valor muy alejado de los 7.7m registrados para este sistema. Esta variable puede ser un indicador de los diferentes procesos de formación de estos sistemas acuáticos. En el caso de la ciénaga de Ayapel, se trata de una llanura aluvial de la zona suroccidental de la depresión Momposina, sometida a un proceso de hundimiento ocasionado por el peso de los sedimentos traídos por las aguas de inundación [8]. Lamentablemente, resulta difícil realizar comparaciones con otros entornos similares, ya que generalmente se dispone de información morfométrica de los principales sistemas acuáticos, los cuales, a su vez, constituyen una minoría en el continente.

La razón Dm/Dm_{máx} proporciona un valor comparativo de la forma de la cubeta en términos de desarrollo volumétrico. Para la mayoría de los lagos, este cociente es mayor que 0.33, lo cual se observaría en una depresión cónica [4]. El resultado de la Ciénaga de Ayapel para dicha razón fue de 0.38, es decir, similar a una depresión cónica perfecta o un cono elíptico recto. Es de aclarar que este índice fue creado para lagos y el sistema cenagoso de Ayapel es una planicie inundable y extensa, por lo que la comparación con una forma geométrica es compleja y podría evaluarse en un futuro de una mejor manera, tomando en diferentes momentos del puse de inundación medidas batimétricas que ayuden a refinar este análisis

El sistema cenagoso de Ayapel presenta una forma cóncava con dos puntos de inflexión (Cmi), caracterizada por un margen inicialmente escarpado, que se suaviza a medida que se profundiza [17]. Por lo tanto, se observaron valores bajos del factor de pendiente y de la pendiente media.

La Lmax fue elevada en comparación con los sistemas acuáticos colombianos, lo que favorece valores elevados del fetch (14.97 km). Esto implica que este sistema es afectado por los vientos, ya que la pista de acción es muy amplia, razón por la que los vientos fuertes en el atardecer hacen que se alcance a evidenciar el efecto del oleaje. Otro efecto del trabajo del viento es la distribución de los parches de macrófitas flotantes sobre la línea de costa del cuerpo principal de la ciénaga, mientras que en algunas ciénagas satélites con poca influencia del viento se observan porcentajes de cobertura superiores al 80%. A partir de la propuesta de [18] para evaluar la

altura máxima de las olas, se obtuvo un valor de 1.28 m, lo que refleja la alta turbulencia del sistema. El comportamiento térmico de esta ciénaga varía de acuerdo con el ciclo hidrológico y, a nivel nictemeral, la fluctuación es mayor. En general, las aguas de la ciénaga presentan una estratificación superficial bien definida en las horas de mayor radiación solar, especialmente entre las 11:00 y las 19:00 horas; luego, este gradiente disminuye debido al enfriamiento por convección de la superficie del agua, lo que genera la mezcla nocturna de la columna de agua [11, 19, 20].

La profundidad media es el resultado de la relación entre el volumen y el área del sistema acuático. Este cuerpo de agua tiene una profundidad media de 2.95 m, la cual es baja y común para sistemas someros como las ciénagas. Esto puede evidenciarse al emplear los datos de las investigaciones de [21] para elaborar la figura 4, que permite comparar el sistema en estudio con otras ciénagas colombianas. En esta figura se observa un leve incremento de la profundidad media con el aumento de la altitud ($r = 0.21$, $p = 0.035$). [21] plantea que existe una relación inversa entre la profundidad media del lago y la biomasa planctónica, por lo que un sistema como el estudiado debería tener una alta biomasa, lo cual no se encontró en Ayapel, ya que el promedio de clorofila a evaluado fue de 3.08 mg m^{-3} . Este registro es bajo y probablemente se deba a que se encontraron comunidades fitoplanctónicas con bajas densidades, poca riqueza y tamaños celulares pequeños, acompañadas de un clima lumínico reducido. En contraste, [23] afirma que los sistemas con valores altos de fetch tienden a presentar una mayor riqueza y diversidad de las comunidades litorales de macrófitas y perifiton y, en consecuencia, son menos susceptibles a la eutroficación. Por otro lado, los cuerpos de agua dendríticos pueden presentar una tendencia a acumular materia orgánica superficial en los ramales, con consecuencias negativas para el balance de oxígeno disuelto.

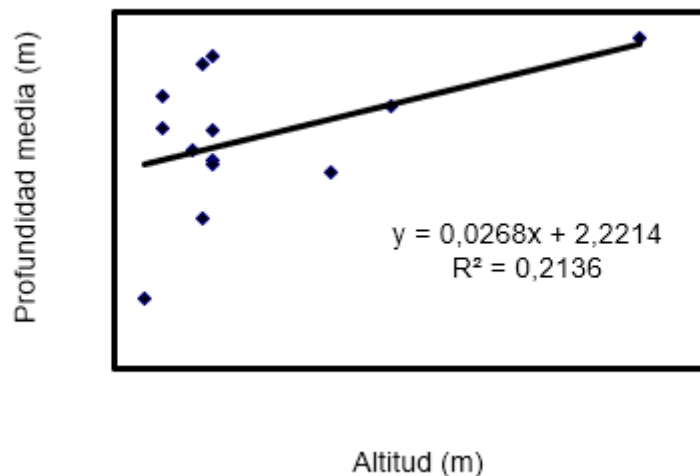


Figura 4. Relación entre la profundidad media y la altura de algunas ciénagas Colombianas.

El valor de F fue 4.48 veces mayor que el de una circunferencia de referencia de una cubeta circular perfecta, lo que indica que la ciénaga tiene forma dendrítica. Este fenómeno también se evidencia en el grado de elipsoidalidad ($E = 0.57$), que se aleja de la forma circular, cuyo valor sería 0. Al comparar el perímetro con la longitud máxima (L_o / L_{max}), se observa una relación de 7,3 a 1, por lo que el alto desarrollo de la línea de costa favorece el intercambio entre la orilla y las aguas de la ciénaga, lo que estimula la fijación de las comunidades perifíticas, la productividad primaria béntica y la alotrofía del sistema. [17] afirma que sistemas con un elevado desarrollo del perímetro presentan una buena capacidad de asimilación de impactos contaminantes y una mayor resistencia al proceso de eutroficación. No obstante, en las zonas de bahías irregulares el tiempo de retención del agua es mayor.

La profundidad relativa (D_r) de un sistema acuático está relacionada con las condiciones de estabilidad y estratificación, la transparencia y el nivel de productividad [4]. El dato encontrado fue bajo, lo que se asocia a una mayor exposición a las influencias del viento (valores altos del fetch, como ya se discutió) y bajos registros de la profundidad Secchi. Esto se corroboró en campo, ya que en doce estaciones de muestreo visitadas durante dos años en este cuerpo de agua, arrojó un promedio de 0.35 m de profundidad Secchi, oscilando entre 0.14 m y 0.76 m, con un coeficiente de variación del 55 %. Esto puede deberse al ingreso de los tributarios a la ciénaga, que aportan una alta carga de material inorgánico, a la mezcla nocturna del sistema, que resuspende

materiales del fondo, y a los cambios limnológicos asociados a la fluctuación del ciclo hidrológico. [22] reporta que la mayoría de los lagos del mundo presentan profundidades relativas inferiores al 2%. Los mayores valores se encuentran en lagos de origen volcánico u originados por disolución de rocas. En general, varios autores consideran que los valores bajos de D_r corresponden a lagos que no son tan profundos respecto a un área grande, los cuales presentan circulación completa que genera mezclas de materiales entre la superficie y el fondo, y una adecuada oxigenación de las capas inferiores del hipolimnion [15, 17, 23]. La ciénaga de Ayapel presenta un volumen de agua pequeño y un tiempo de retención hidráulico corto, de 37 días, lo que estimula los procesos de mezcla y circulación del sistema.

El índice de desarrollo del volumen (V_d) se utiliza para representar la forma real de un sistema acuático. Los lagos poco profundos, con áreas grandes, presentan $V_d > 1$; es decir, tienen forma de platillo volador o de lenteja [5]. El valor del V_d en Ayapel fue ligeramente superior a la unidad, por lo que se puede considerar esta ciénaga como un intermedio entre las formas U y V, siendo predominante la primera. Este tipo de forma en U es el más común entre los sistemas acuáticos lenticos del planeta y se caracteriza por ofrecer una mayor exposición al viento, con valores medios de V_d entre 1.2 y 1.4 [17, 23]. Además, [21] plantea que los mayores valores del índice V_d se observan en cuerpos de agua rasos de gran superficie, características halladas en la ciénaga de Ayapel.

La zona fótica presentó un valor de 0.95 m, valor a partir del cual se calculó el coeficiente de atenuación lumínica (0.86 m^{-1}), el cual corresponde al de un lago oligomesotrófico, dato muy alejado del rango reportado para lagos turbios ($k= 6,7$ a 10 m^{-1}) [24]. El volumen de agua iluminado correspondió al 37.8 % del total, lo cual es alto y no se asocia con la productividad del sistema, ya que los experimentos de productividad con botellas claras y oscuras presentaron resultados bajos ($30 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$).

El factor de envolvimiento es la relación entre el área de la cuenca y la del cuerpo de agua. La ciénaga de Ayapel presentó un valor de 11.1, considerado bajo, lo que implica una menor presión debida a la generación de aguas residuales y una menor posibilidad de eutroficación sobre el sistema [15].

[10] estudiaron la morfometría de la ciénaga Hoyo Los Bagres, que forma parte del sistema cenagoso de Ayapel. Se observaron diferencias morfométricas respecto de la ciénaga de Ayapel, por lo que se deduce que el conjunto de ciénagas que forman un sistema cenagoso pueden presentar una alta variedad de condiciones morfométricas. Esto deberá considerarse en futuros estudios para ampliar los conocimientos sobre la morfometría de los sistemas cenagosos. No obstante, desde el punto de vista del estado trófico, el complejo de ciénagas de Ayapel puede considerarse un sistema integrado, ya que presenta valores bajos de transparencia, un coeficiente de atenuación lumínica reducido y una concentración relativamente baja de clorofila a.

5. CONCLUSIONES

A partir de las deducciones teóricas obtenidas de los cálculos morfométricos, se puede caracterizar a la ciénaga de Ayapel como un sistema somero pero de un área considerable, con un valor alto del fetch y una baja profundidad relativa, factores que en conjunto favorecen una amplia pista de acción para el 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 como un sistema polimíctico cálido. Otro factor que influye en la hidrodinámica y la complejidad del sistema son las entradas de agua, provenientes del río San Jorge y de varios caños, que aportan energía y materiales alóctonos y reducen el tiempo de residencia de la ciénaga, el más bajo de los registrados para ecosistemas de este tipo en Colombia. Con respecto a la forma del sistema, se puede identificar una depresión cóncava con varios puntos de inflexión en forma de U y un amplio desarrollo de la línea de costa.

La ciénaga de Ayapel, desde el punto de vista del estado trófico, se puede considerar como oligomesotrófica, ya que presenta bajos valores de transparencia, del coeficiente de atenuación lumínica, de concentración de clorofila a activa y de productividad primaria fitoplanctónica. Puede considerarse un sistema exportador de nutrientes, lo cual está asociado a su bajo tiempo de retención hidráulica, una condición que favorece la estabilidad del ecosistema y lo vuelve resiliente frente a perturbaciones antrópicas como la minería, la ganadería y la agricultura.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad de Antioquia y su programa de apoyo a la investigación. También agradecen al profesor jubilado Alvaro Wills por su apoyo durante la fase de muestreo.

7. APORTE DE CADA UNO DE LOS AUTORES

Yimmy Montoya Moreno (Toma de puntos y redacción del manuscrito); Carlos Benjumea-Hoyos (toma de puntos y elaboración de mapa batimétrico); Néstor Aguirre Ramírez (Toma de puntos, revisión del documento).

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Montoya-Moreno, Y. (2005). Caracterización morfométrica básica de tres lagos someros en el municipio de El Carmen de Viboral (Antioquia), Colombia. *Revista Actualidades Biológicas*, 27: 79-86. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.329431>
- [2] Márquez, A. Z., L. G. Calva, y Pérez A. (2006). Consideraciones batimétricas del sistema lagunar Carretas-Pereyra, Chiapas, México. *Hidrobiológica*. 16(2): 121-126.
- [3] Ramírez, A. y Viña G. (1998). *Limnología Colombiana*. Panamericana, Bogotá, Colombia. 294p.
- [4] Hernani, A. y Ramírez JJ. (2003). Aspectos morfométricos y teóricos de un embalse tropical de alta montaña: Represa La Fe, El Retiro, Colombia. *Revista Academia Colombiana de Ciencias* 27(101): 511-518.
- [5] Ramírez, JJ. (2000). Variación diurna y estacional del contenido calórico, la estabilidad y el trabajo del viento en una laguna tropical. *Acta Limnológica Brasileira*, 12: 39-54.
- [6] Montoya-Moreno, Y. 2008. Caracterización morfométrica de un sistema fluviolacustre tropical, Antioquia, Colombia. *Caldasia*, 30(2), 413–420. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/39178>
- [7] https://rsis.ramsar.org/es/ris/2499?_goaway_challenge=meta-refresh&_goaway_id=1e9f279e00067ea98ca58017afec128b&_goaway_referer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F Recuperado 18 de febrero de 2026.
- [8] Aguirre, NJ. (2005). Análisis de la relación Río-Ciénaga y su efecto sobre la producción pesquera en el sistema cenagoso de Ayapel, Colombia. Universidad Nacional de Colombia-Universidad de Antioquia. 419p. <https://repositorio.minciencias.gov.co/entities/publication/7a61e31f-32b1-43f5-9e38-018685dbac36>
- [9] Benjumea-Hoyos, C. A., Wills Toro, Álvaro y Aguirre, N. (2008). Principales aspectos morfométricos de la ciénaga de cachimbero, Santander – Colombia. *Gestión y Ambiente*, 11(2). <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/13993>
- [10] Montoya-Moreno, Y., Vélez, F., y Aguirre Ramírez, N. (2011). Características morfométricas de un lago de plano inundable tropical (ciénaga Hoyo Los Bagres, Colombia). *Revista Facultad De Ingeniería Universidad De Antioquia*, (59), 203–214. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.13825>
- [11] Rodríguez Curcio, J. de J., Linero-Cueto, J., y Barros Ortiz, L.J. (2018). Caracterización morfométrica de una laguna costera neotropical (ciénaga El Chino, Magdalena - Colombia). *Intropica*, 13(1), 21–29. <https://doi.org/10.21676/23897864.2355>

- [12] Benjumea-Hoyos, C. A., Villada, A., y Castaño, J.D. (2020). Comportamiento de la estructura térmica y características morfométricas de un humedal de montaña tropical. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(171), 329-343.
<https://doi.org/10.18257/raccefyn.1046>
- [13] Ríos, E. L., Vélez Macías, F., Fernández Mc Cann, D. S., Naranjo Morales, V., y Aguirre Ramírez, N.J. (2025). Comparación de rasgos morfométricos de la ciénaga El Eneal, municipio de San Onofre Sucre, Colombia. *Producción + Limpia*, 20(1), 4-17. <https://doi.org/10.22507/pml.v20n1a3629>
- [14] IGAC. 1986. Estudio general de los suelos de los municipios de Ayapel, Buenavista, Planeta Rica y Pueblo Nuevo (Departamento de Córdoba). Instituto geográfico Agustín Codazzi, Bogotá. 282p.
https://descubridor.banrepcultural.org/discovery/fulldisplay/alma991008806549707486/57BDLRDC_INST:57BDLRDC_INST
- [15] Håkanson, L. 1981. *A manual on lake morphometry*. Springer Verlag. Berlin. 78p.
- [16] Castillo-Jurado, M.1992. Morfometría de lagos, una aplicación a los lagos del Pirineo. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona. España. 286p. <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/35297/1/TESISMDCB.pdf>
- [17] Sperling E. V. 1999. *Morfología de lagos e represas*. Belo Horizonte: DESA / UFMG, Brasil. https://fapemig.br/media/CRA_421-95_V1.pdf
- [18] Hutchinson, G. E. (1975). *A treatise on limnology*. Vol 1: Geography, Physics and Chemistry. John Wiley and Sons, New York. 540p.
- [19] Benjumea-Hoyos, C. A. y Wills, Á. (2007). Evaluación de la estructura térmica y su relación con el oxígeno disuelto del agua en la ciénaga Cachimbero, municipio de Cimitarra Santander. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. 41: 48-65. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.19015>
- [20] Montoya Moreno, Y y Aguirre Ramírez, N. (2009). Cambios nictemerales de variables físicas y químicas en la Ciénaga de Paticos, complejo cenagoso de Ayapel, Colombia. Universidad de Costa Rica. <https://doi.org/10.15517/rbt.v57i3.5480>
- [21] Cubillos C.E. (2007). Estudio e investigaciones de las obras de restauración ambiental y de navegación del Canal del Dique. Informe Técnico. Universidad Nacional- CorMagdalena. pp. 1-106. <https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/b37e9ccd-baa1-48ec-83aa-0722ea140a17/content>
- [22] Cole, G. A. 1983. *Textbook of Limnology*. The Mosby Co., Saint Louis. 245p.
- [23] Sperling E. V. 1994. Morphometric features of some lakes and reservoirs in the state of Minas Gerais. *En: Pinto-Coelho R, Giani A, Sperling E (eds.). Ecology and human impact on lakes and reservoirs in Minas Gerais with special reference to future development and management strategies*. Belo Horizonte: SEGRAC, Brasil, pp. 71-76. http://www.rmpceciologia.com/livro/Human_Impact/hi.htm
- [24] Howard-Williams, C. & W. I. Vincent. 1984. Optical properties of New Zealand lakes. I. Attenuation, scattering and a comparison between downwelling and scalar irradiances. *Archiv für Hydrobiologie*. 99: 318-330.