

ELEMENTOS NUTRITIVOS LA CLOROFILA *a* Y SU RELACIÓN CON LAS VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS EN LA CIÉNAGA MALLORQUÍN, COLOMBIA

ALANA MANGONES CERVANTES^{1,2} & IVÁN LEÓN LUNA²

¹ *Estudiante de posgrado en ciencias marinas. Instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. alana.alanina@gmail.com*

² *Grupo Zona costera. Profesor de Biología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Atlántico-Barranquilla Colombia.*

RESUMEN: La Ciénaga de Mallorquín, es una laguna costera somera, que depende de los aportes hídricos permanentes del río Magdalena, el Mar Caribe y escorrentías del arroyo León. El encuentro de estas aguas hace que haya variabilidad en los factores físicos, químicos y biológicos del ambiente. Por lo tanto, se analizó la dinámica de los elementos nutritivos, clorofila *a* y su relación con las variables físicas y químicas del agua, durante los meses de marzo hasta junio 2008. La salinidad de la ciénaga está influenciada por distintos aportes acuáticos, principalmente por el agua marina y dulce, así como por procesos de evaporación. El oxígeno disuelto mostró un déficit durante los meses de muestreo, con valores <3,5 mg/l en los tres primeros meses y en toda el área de la ciénaga. Se sugiere un origen alóctono de los nutrientes, NO₃⁻, PO₄⁻³, NH₄⁺, siendo los mayores valores observados: NO₃⁻ >5 mg/l, PO₄⁻ >2 mg/l y NH₄⁺ 0,008 mg/l. Los valores de NO₃⁻ y PO₄⁻ se correlacionan porque los dos son derivados de la descomposición de la materia orgánica. La concentración de clorofila *a* presentó una media de 5,04 mg/m³, lo cual indica una elevada productividad primaria en la zona.

Palabras clave: Ciénaga de Mallorquín, Laguna costera, nutrientes.

ABSTRACT: The Mallorquin Swamp is a shallow coastal lagoon, which depends on the permanent water intake from the Magdalena River, the Caribbean Sea and the stream runoff from the León creek. The meeting of these waters promotes the variability in the physical, chemical and biological factors of the environment. Thus, the dynamics of nutrients, chlorophyll *a* and their relationship with the physical and chemical variables of the water were analyzed during March to June 2008. The salinity of the swamp is influenced by different water inputs, mainly by sea water, freshwater and evaporation processes. Dissolved oxygen showed a deficit during the sampled months, with values <3,5 mg/l in the first three months and in the whole area of the swamp. An allochthonous origin of nutrients, NO₃⁻, PO₄⁻³, NH₄⁺ is suggested, being the highest recorded values: NO₃⁻ > 5 mg/l, PO₄⁻³ > 2 mg/l and NH₄⁺ 0,008 mg/l. The values of NO₃⁻ and PO₄⁻ are correlated because both are derived from the decomposition of organic matter. Chlorophyll *a*, concentration showed an average of 5,04 mg/m³, which indicates a high primary productivity in the zone.

Keywords: Swamp Mallorquin, coastal lagoon, nutrients.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el interés por la investigación científica en los ecosistemas estuarinos lagunares se ha incrementado notablemente, debido a que la contaminación orgánica, industrial y agrícola constituye hoy en día una de las fuentes más importantes de nitrógeno y fósforo en el agua y es la principal responsable de los fenómenos de eutrofización de los sistemas acuáticos (ROLDÁN 1992), el cual consiste en la proliferación de algas, el crecimiento de plantas acuáticas, el agotamiento del oxígeno y el aumento de amonio y fosfato. Además tienen impactos negativos sobre el uso del agua para el consumo humano y otros propósitos (EEA 2005).

La Ciénaga de Mallorquín se encuentra ubicada en la zona norte del Caribe Colombiano en el departamento del Atlántico. Mallorquín es un cuerpo de agua somero de alrededor de 0,7 a 1,5m de profundidad (MOLINA *et al.* 1999). La ciénaga se encuentra rodeada por la presencia de mangle rojo (*R.mangle*), mangle salado (*A. germinans*), mangle amarillo (*L. racemosa*) y zaragoza (*C. erectus*) (*L. racemosa*) y zaragoza (*C. erectus*). Los invertebrados relacionados con la zona de manglar y a los sedimentos areno-fangoso, se ha reportado, la presencia de caracoles, ostras, cangrejos, almejas, mejillones, algas, lapas y anélidos (CRA 2005). Con respecto a su ictiofauna podemos encontrar las especies *Mugil incilis* (lisa), *Cetengraulis edentulus* (anchoa), *Diapterus rhombeus*

(mojarrita) y *Eugerres plumieri* (mojarra rayada) (ARRIETA & MUÑOZ 2003). Gracias a su importancia biológica y ecológica, durante muchos años los pobladores aledaños han venido practicado el arte de la pesca como sustento económico en la región. En los últimos años la ciénaga ha presentado problemas ambientales, por el cambio del régimen hidrológico y sedimentológico, con la construcción del tajamar occidental, dada su conexión permanente con el río Magdalena. Desde aquí empezaron todos los problemas para este ecosistema, el cual afronta muchos problemas como la reducción de la profundidad, mayor salinización, aumento de la temperatura, disminución de oxígeno y por consiguiente la disminución y modificación de la flora y la fauna (PINO 2005).

En los pocos estudios realizados en la Ciénaga de Mallorquín todos ha identificado contaminación orgánica (PINO 2005; PADILLA 2005; REDCAM 2007; CORRALES & REDONDO 2008; FRANCO & LEÓN 2010), debido a múltiples factores tales como: los asentamientos urbanos que se encuentran a sus alrededores que no cuentan con un sistema adecuado para el tratamiento de aguas residuales domesticas. Así mismo, recibe nutrientes de manera indirecta del río Magdalena, el arroyo Grande y León. Los niveles de contaminación por nitratos, fosfatos y amonio en el sistema acuático son de considerable interés por los efectos que estos pueden causar a la biota y al mismo ser humano. Poco se sabe sobre la dinámica de los elementos nutritivos y la clorofila *a* en el ciénaga, por lo cual es de gran interés científico y ambiental, conocer los factores que gobiernan la variabilidad espacio temporal de la clorofila *a* y los nutrientes en la Ciénaga de Mallorquín. El presente trabajo tuvo como objetivo, evaluar el comportamiento de los elementos nutritivos, clorofila *a* y su relación con las variables físico-químicas en la Ciénaga Mallorquín.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

La Ciénaga de Mallorquín (CM) se encuentra ubicada en el margen noroccidental del departamento del Atlántico y forma parte del sistema costero del Caribe Colombiano (Fig. 1), Mallorquín es una laguna Costera con características estuarinas ubicada entre los 74° 52' 00" Lat. N. y 11° 05' 00" Long. W. con áreas de 650 hectáreas aproximadamente (CORMAGDALENA 1998). Su forma es irregular. Donde sobresale además, la ciénaga Grande de

Santa Marta (Departamento del Magdalena). Esta laguna costera limita al: Norte con el Mar Caribe, al Sur con la carretera que comunica con el corregimiento La playa y Las flores, Oeste con el tajamar, el margen Occidental con la vía alterna (Vía Puerto Colombia) que se comunica la línea de costa en el sector Nor occidental.

RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

Fueron tomadas muestras de aguas superficiales utilizando botellas plásticas de 600 ml, previamente lavadas para el análisis de nutrientes y clorofila *a* en 9 estaciones de muestreo, que fueron estudiadas en un periodo de cuatro meses (marzo-junio de 2008) (Fig. 1). Las muestras fueron almacenadas y refrigeradas a - 4°C, para el análisis de nutrientes. Luego filtradas el mismo día para el análisis de clorofila. En cada estación se midió la profundidad, la temperatura se determinó *in situ* con un termómetro de mercurio de precisión $\pm 0,01$ °C., el pH se midió *in situ* con pH metro portátil (HANNA), con una precisión de $\pm 0,01$ unidades de pH. La salinidad se estimó con un refractómetro (ATAGO). El oxígeno disuelto y porcentaje de saturación se midió con un oxímetro (SCHOOT) con precisión 0,01 mg^l⁻¹.

El amonio se evaluó por el método de azul de indofenol. Los nitratos por la reducción de cadmio modificado por STRICKLAND & PARSONS (1972). Los fosfatos se determinaron por el método del fósforo reactivo modificado por STRICKLAND & PARSONS (1972). Las cuantificaciones de las concentraciones fueron hechas con espectrofotómetro Spectronic, modelo Génesis 2. Para la determinación de la concentración clorofila *a* se realizó una extracción con acetona al 90%. Estos protocolos fueron modificado según STRICKLAND & PARSONS (1972). La absorbancia fue medida con un espectrofotómetro BIOCROM LKB. UltrospecII visible 4051.

Según el test de normalidad de los datos de Chi-Cuadrados, algunas variables presentaron un comportamiento no normal, entonces se procedió con el análisis no paramétricos, Kruskal Wallis (KW) para demostrar la hipótesis alternativa de que las variables varían entre los meses. Para determinar los grados de asociación entre las variables físicos-químicos, nutrientes y clorofila *a* se utilizaron matrices de correlación de Spearman a un nivel $P < 0,05$, utilizando el paquete estadístico Statgraphis plus 5.0. La distribución espacial

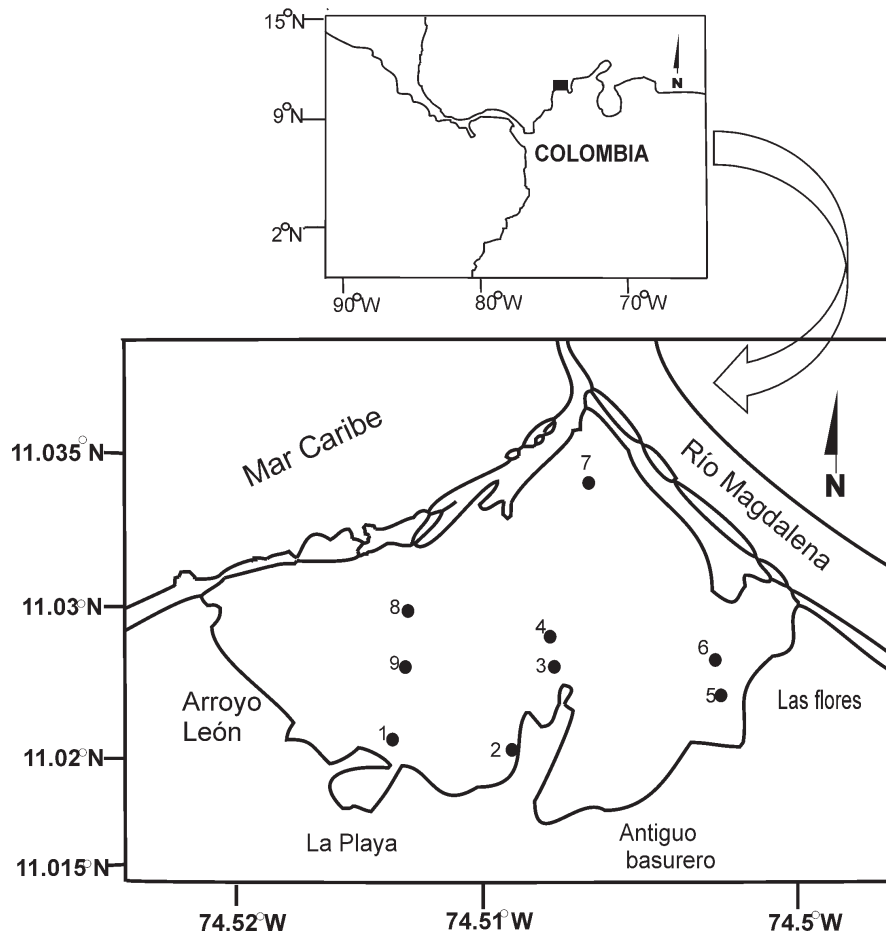


Fig. 1. Área de estudio Ciénaga de Mallorquín Atlántico, Colombia, mostrando las estaciones de muestreo.

se realizó mediante isólinas a lo largo y ancho de la laguna abarcando todas las estaciones y meses muestreados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

FACTORES FÍSICO QUÍMICOS Y PROFUNDIDAD

Los resultados de la profundidad y las variables físico químicas se muestran en la (Tabla 1). Depende de los aportes de las aguas del río Magdalena y del Mar Caribe; también su profundidad depende las condiciones climáticas (sequía y lluvia) y además un ciclo de apertura y cierre de la barra dependiente de los vientos y la pluviosidad. Las máximas profundidades se observaron en el mes de mayo con una profundidad mayor a 1,0 m en casi toda el área de la ciénaga, debido la entrada constante de aguas

provenientes del río Magdalena y el aporte de algunas precipitaciones que ocurrieron en este mes (Fig. 2C). Luego se observó un descenso de la profundidad en la Ciénaga de Mallorquín en el mes de junio, con profundidades menores a 1,0 m, debido a la apertura de la boca (Fig. 2D). Estos resultados son similares a los reportados por MOLINA *et al.* 1999; CORRALES & REDONDO 2008; RAMOS & VARGAS 2008 en el mismo ecosistema.

La temperatura del agua superficial (Fig. 3) mostró diferencias estadísticamente significativas ($KW= 32,8623$; $p < 0.05$) entre la medianas de la variable con respecto a los meses. Los valores mínimos se registraron en abril y los máximos en mayo (Fig.3 B, C), observándose un calentamiento progresivo de 24,0 hasta 30,0 °C, para luego descender a 27 °C en junio. En la Ciénaga de Mallorquín,

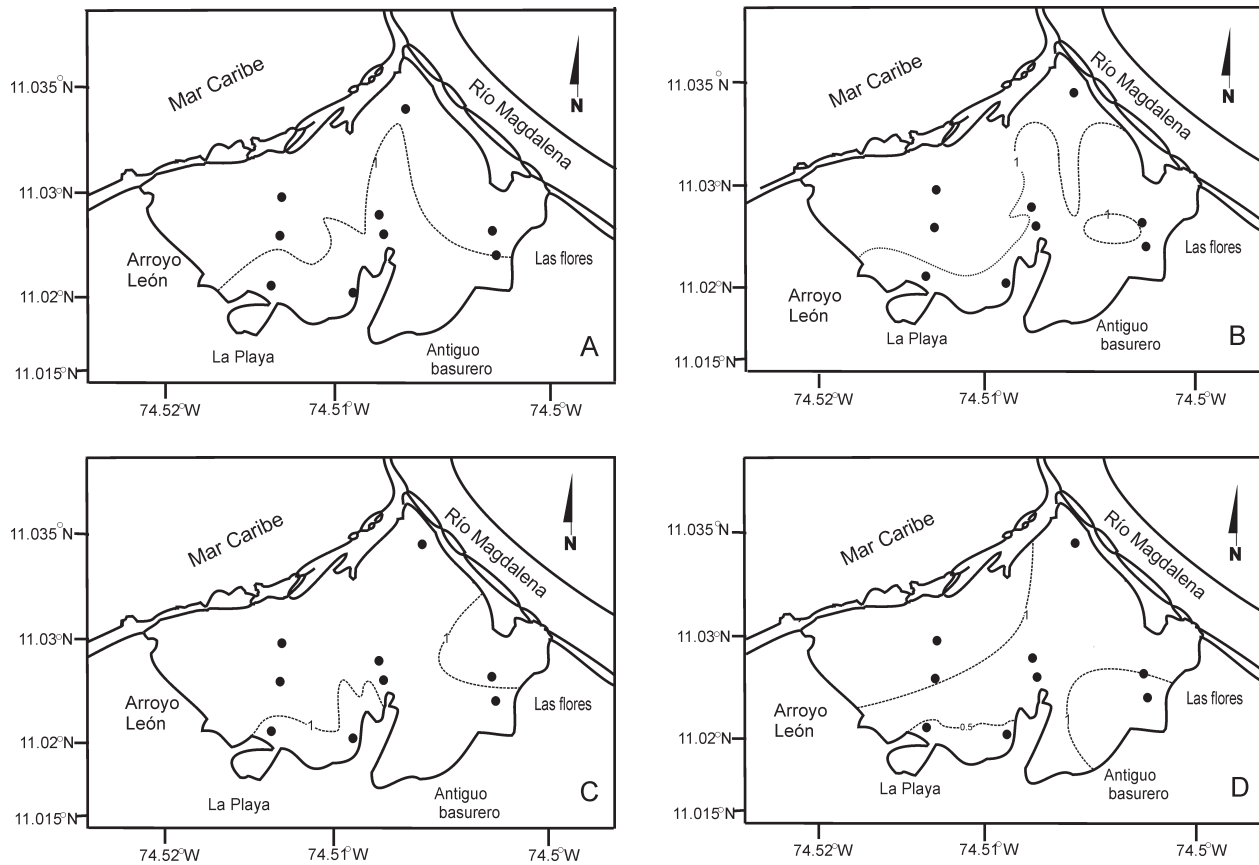


Fig. 2. Comportamiento de la profundidad (m), durante los meses de marzo (A), abril (B), mayo (C) y junio (D) en las aguas superficiales de la Ciénaga de Mallorquín.

TABLA 1. Valores mínimo y máximo media y desviación estándar de los parámetros físico químico, profundidad, nutrientes y clorofila *a* del agua superficial en la Ciénaga de Mallorquín.

VARIABLES	MARGENES	PROMEDIO: DE
Profundidad (m)	(0,35 – 1,56)	1,02 ± 0,35
pH	(7,15 – 8,78)	7,89 ± 0,36
% Saturación	(37,00 – 66,00)	48,92 ± 7,57
OD (mgL ⁻¹)	(2,67 – 4,60)	3,46 ± 0,50
T °C	(24,00 – 30,00)	26,47 ± 2,00
Salinidad	(20,00 - 32,00)	27,57 ± 3,35
Amonio (NH ₄) (mg L ⁻¹)	(0,05 – 0,40)	0,08 ± 0,06
Nitratos (NO ₃) (mg L ⁻¹)	(2,15 – 5,88)	3,63 ± 0,85
Fosfatos (PO ₄) (mg L ⁻¹)	(0,06 – 2,12)	0,82 ± 0,58
Clorofila <i>a</i> (mg/m ³)	(1,48 – 15,89)	5,70 ± 3,46

los máximos de temperatura se deban posiblemente a la poca profundidad de la ciénaga. Investigaciones realizadas por GARCÍA & LUQUE (2008) y RAMOS & VARGAS (2008) reportan valores muy cercanos a los encontrados en este estudio en el mismo ecosistema.

La salinidad (Fig. 4) motró diferencias estadísticamente significativas entre los meses ($KW= 10,4483$; $p< 0.05$). El comportamiento de la salinidad dependió del ingreso de las aguas dulces provenientes del río Magdalena y aguas marinas del Mar Caribe, observándose una disminución progresiva de la salinidad de abril a junio. En abril se observan las mayores salinidades (32,0) considerándose un mayor aporte aguas marinas por el mar Caribe hacia la ciénaga (Fig. 4A) y las bajas salinidades (20,0) se reportaron en junio, posiblemente asociado a la mayor influencia de las aguas del río Magdalena, e inicios de las primeras lluvias en la región

así mismo relacionado a su vez por descenso de las aguas con la disminución de la profundidad (Figura 1D). Además podemos observar que las menores salinidades se encuentran hacia las estaciones cercanas al río Magdalena y el corregimiento La Playa y Las flores y las mayores en las estaciones ubicadas cercas a la boca de comunicación con el mar Caribe (Fig 4. A, B, C, D). Estos valores coinciden trabajos realizados en el mismo ecosistema por GARCÍA & LUQUE (2008) FRANCO & LEÓN (2010).

El pH reveló que no existió diferencia significativa estadísticamente entre los meses de muestreo ($KW= 5.172$; $P>0,05$). Durante el período de muestro, las aguas de la ciénaga presentaron un carácter ligeramente básico. Este comportamiento posiblemente esta asociado al tiempo de permanencia de las aguas marinas durante los tres primeros meses en la ciénaga Fig. (5 A,

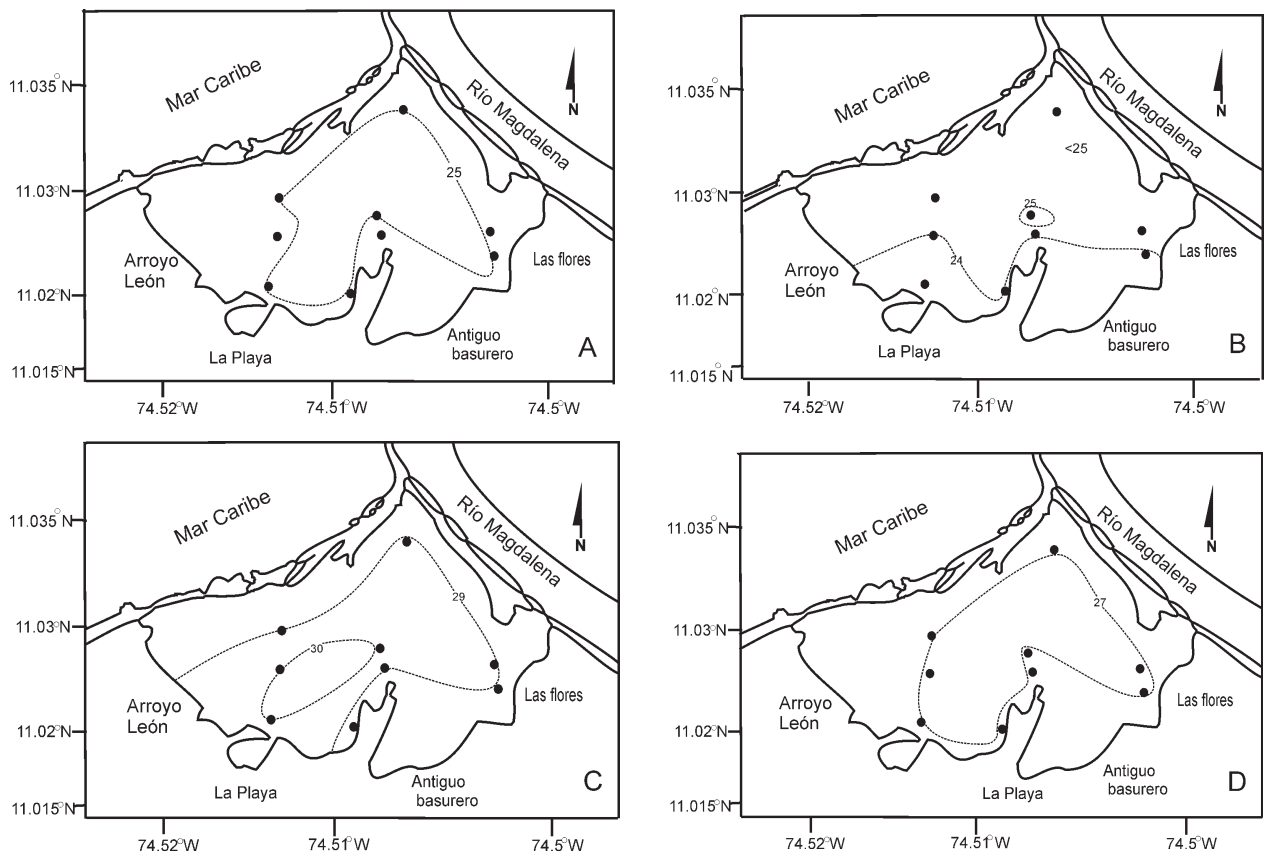


Fig. 3. Comportamiento de la Temperatura (°C), durante los meses de marzo (A), abril (B), mayo (C) y junio (D) en las aguas superficiales de la Ciénaga de Mallorquín.

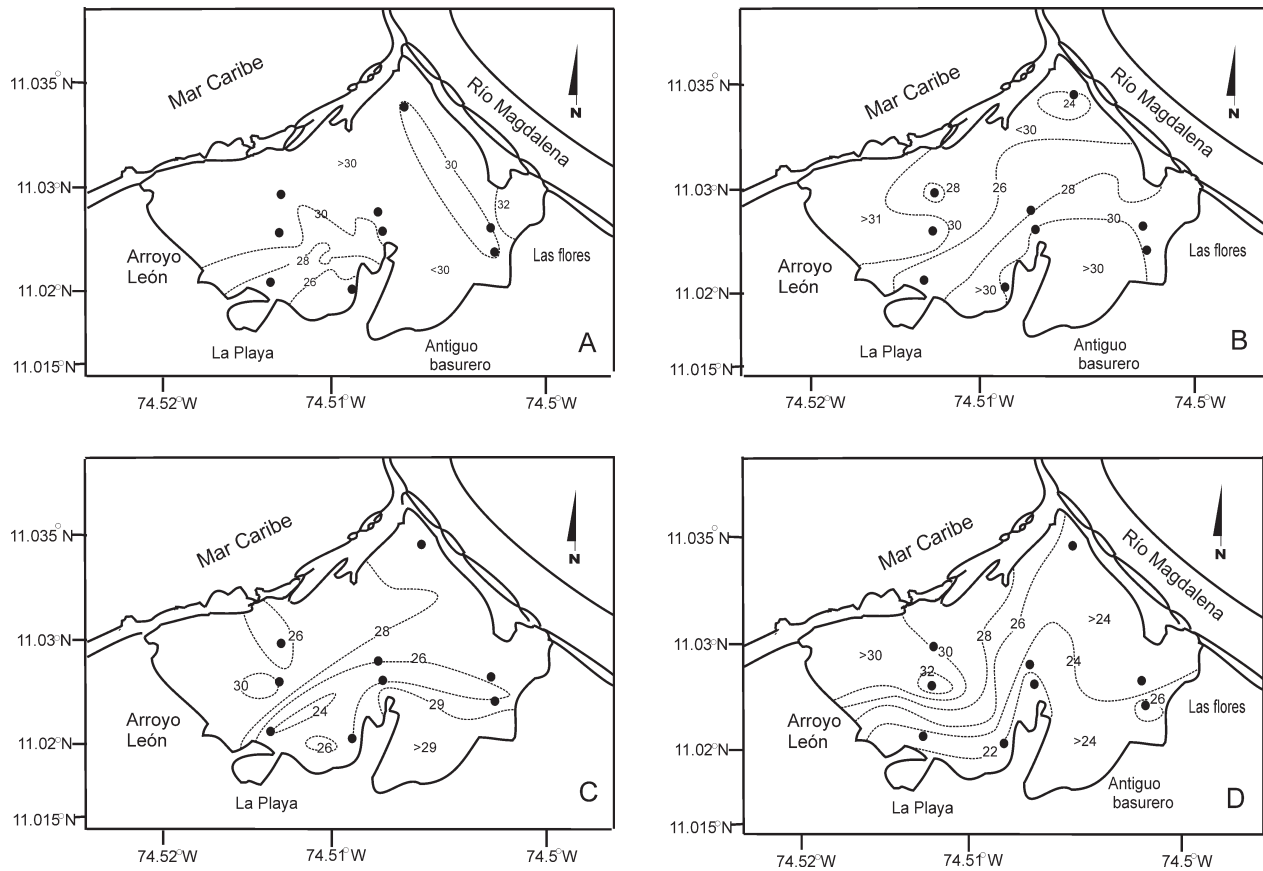


Fig. 4. Comportamiento de la Salinidad, durante los meses de marzo (A), abril (B), mayo (C) y junio (D) en las aguas superficiales de la Ciénaga de Mallorquín.

B, C, D). Los menores valores se observaron en junio posiblemente asociado al mayor ingreso de las aguas del río Magdalena, lo que le confiere valores de pH más bajos, especialmente hacia la zona sur que comunica con los barrios La Playa y Las Flores y el antiguo basurero de la ciudad de Barranquilla (Fig. 5D). Los valores mayores se observaron en Mayo relacionado al ingreso mayor de las aguas marinas del Mar Caribe Colombiano (Fig. 5B). En el mismo ecosistema, RAMOS & VARGAS (2008) encontraron valores similares de pH, pero en época lluviosa, al igual que CORRALES & REDONDO (2008).

El oxígeno disuelto indicó que si existe diferencia significativa ($KW=16.7463$; $P<0.05$) entre las medianas con respecto a los meses. Los valores menores corresponden a abril hacia el sector central de laguna y a las estaciones cercanas a los canales de comunicación con el río Magdalena

(Fig. 6. B, C), sugiriendo así un mayor aporte de materia orgánica, y consumo de oxígeno por parte de las bacterias heterotróficas aeróbicas que lo utilizan como fuente de energía (HERBERT 1999). Los máximos observados corresponden a junio (Fig. 6D) con valores mayores de $4,0 \text{ mg l}^{-1}$ en casi toda el área de la ciénaga, donde posiblemente hay un menor aporte de material orgánico en sus aguas y al vaciado de la ciénaga, el cual genera mayor circulación del oxígeno en la columna de aguas, además está relacionada con el comienzo de las primeras lluvias.

Estudios recientes como los de PADILLA (2005), CORRALES & REDONDO (2008) y FRANCO & LEÓN (2010) señalaron en el mismo ecosistema, subzonas que se encuentran contaminadas por materia orgánica. Atribuyéndolo a los lixiviados del antiguo basurero, río Magdalena, aguas residuales de los barrios Las Flores y La Playa.

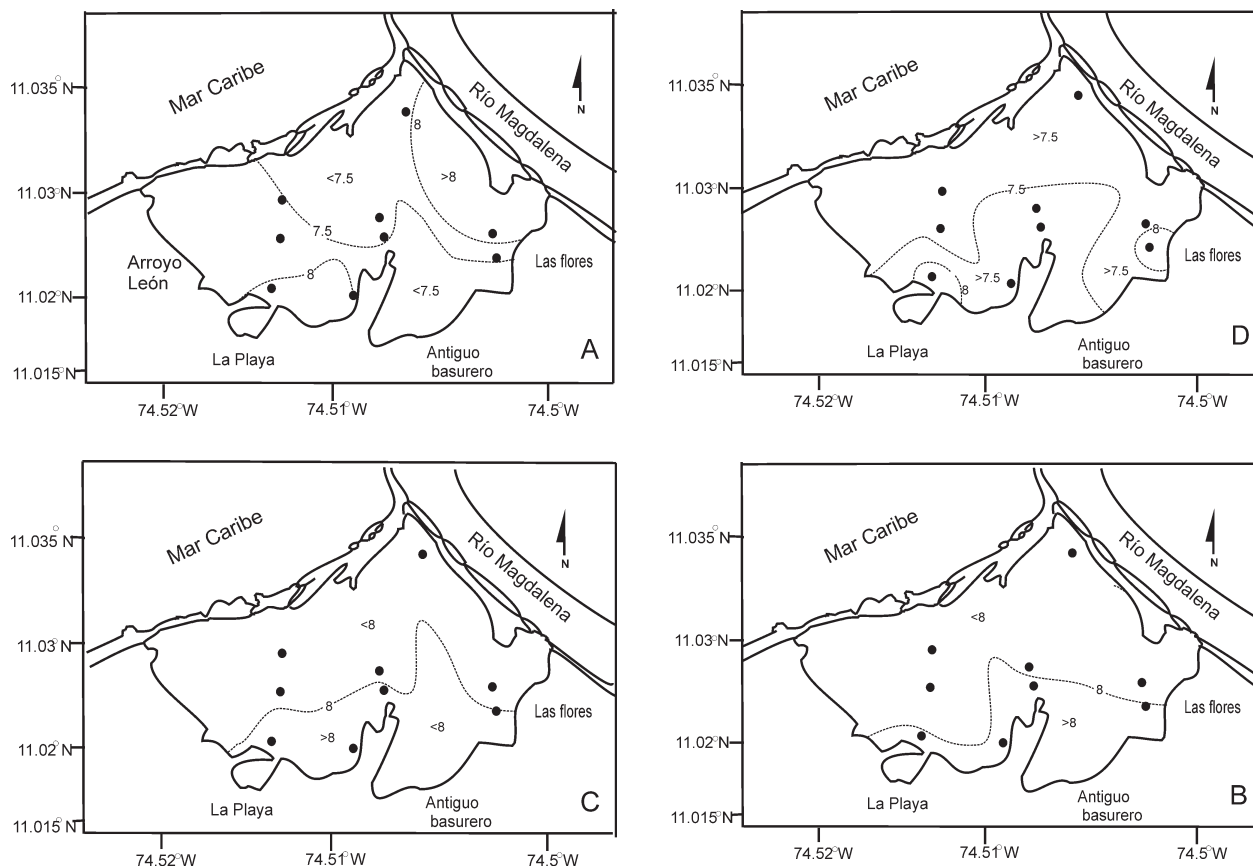


Fig. 5. Comportamiento del pH, durante los meses de marzo (A), abril (B), mayo (C) y junio (D) en las aguas superficiales de la Ciénaga de Mallorquín.

El porcentaje de saturación de oxígeno, con el análisis de variancia mostró diferencias significativas entre las medianas con respecto a los meses ($KW=22,3908$; $P<0.05$), Observándose un aumento en abril y junio (Fig. 7 B, D) y un descenso en marzo y mayo (Fig. 7 A, C), indicando que los porcentajes de saturación de oxígeno está alejado del 100%, esto posiblemente se deba a la época que se muestreo, época seca, donde la columna de agua presentó concentraciones bajas de oxígeno disuelto, temperaturas elevadas, mayores salinidades y su vez la poca profundidad que presenta la ciénaga.

NUTRIENTES Y CLOROFILA *a*

Los resultados de los elementos nutritivos y clorofila *a* se muestran en la (Tabla 1) y las Figuras (8, 9, 10,11). Las concentraciones amonio en el agua superficial según el análisis de Kruskal Wallis indicó que no existen

diferencias significativas ($KW=2.44854$; $P>0,05$), entre las medianas con los meses. La distribución espacial de esta variable en las aguas superficiales en todos los meses mostró valores mínimos de $0,05 \text{ mgL}^{-1}$ en casi toda el área de la ciénaga. En marzo fueron relativamente mayores en relación con los otros meses, teniendo una concentración de $0,1 \text{ mgL}^{-1}$ (Fig. 8A). Además, en abril en la estación 1 se observó un repunte de 4 mgL^{-1} y 2 mgL^{-1} en la estación 2 de mayo (Fig. 8 B, C), estaciones cercanas en las zonas de influencia de descargas de aguas residuales del barrio La Playa, estos valores maximos se deben a las descargas de aguas residuales por parte de las poblaciones humanas que no cuentan con un sistema de depuración. En junio desapareció la isopleta de $0,1 \text{ mgL}^{-1}$ y se observó concentraciones de $0,05 \text{ mgL}^{-1}$ en toda el área de la ciénaga, tal como se observa en la Figura 8D. Estos valores son menores a los encontrados por CORRALES & REDONDO (2008).

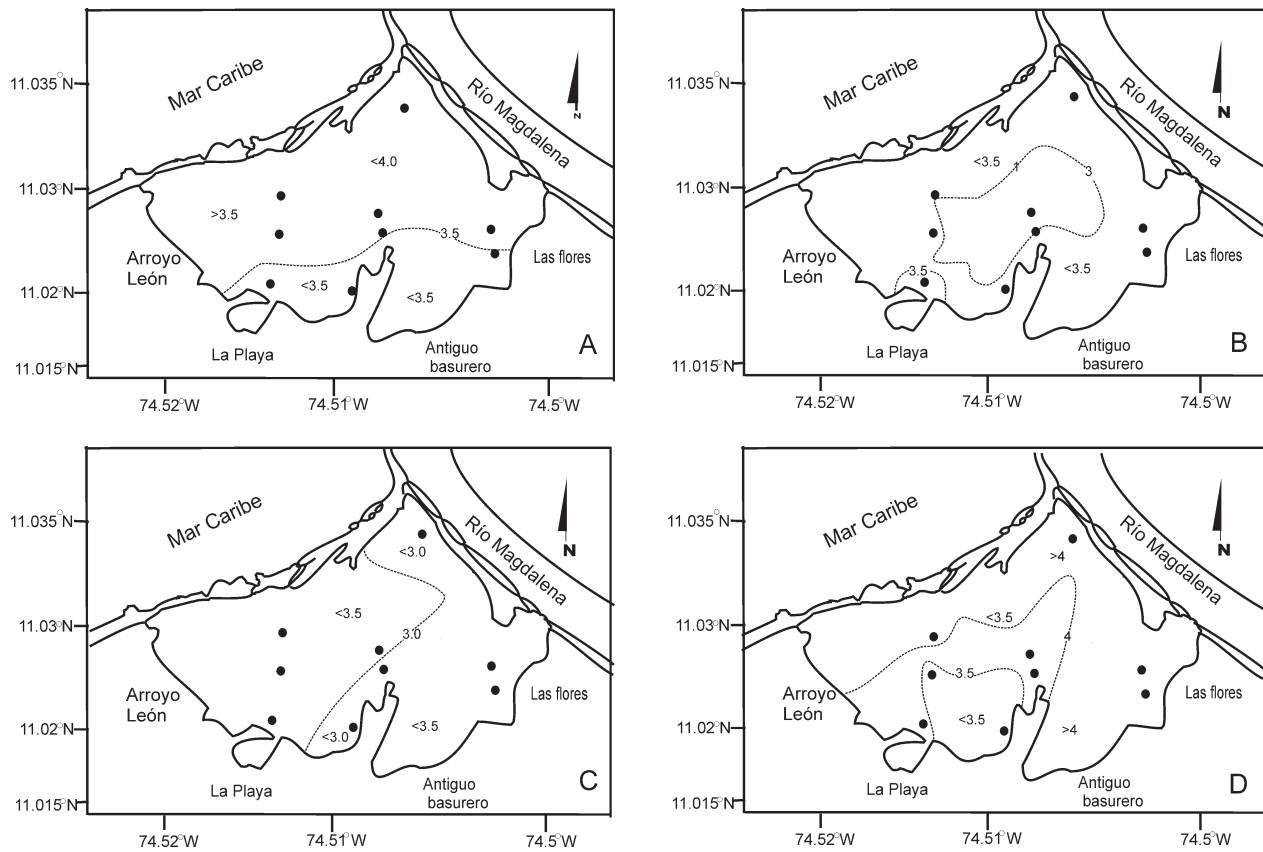


Fig. 6. Comportamiento del oxígeno disuelto (mgL^{-1}), durante los meses de marzo (A), abril (B), mayo (C) y junio (D) en las aguas superficiales de la Ciénaga de Mallorquín

Los valores de los nitrato obtenidos mostraron diferencias significativas ($KW = 10,4$; $P < 0,05$) entre las medianas con los meses. La distribución de las isopletas de nitratos en la CM durante la época seca, en la superficie, evidenció que las mayores concentraciones se ubican frecuentemente hacia las estaciones cercanas a las zonas de influencia de los barrios La Playa y Las Flores, como también del río Magdalena y el antiguo basurero de la ciudad de Barranquilla (Fig. 9 A, B, C). En mayo se presentó un aumento de las concentraciones de nitrato, desapareciendo las isopletas de 3 mgL^{-1} (Fig. 9B) hacia la zona central y zonas cercanas al río Magdalena, sugiriendo un aporte de nitrato al ecosistema posiblemente por la utilización y degradación de la materia orgánica. En junio descendieron las concentraciones (3 mgL^{-1}), debido a posible utilización de nutrientes por parte del fitoplancton y a la dilución de nutrientes, como se observa en la Figura 9C. Por otra parte estos valores son mayores a $0,1 \text{ mgL}^{-1}$ al igual que los reportados por la

REDCAM (2007) en la Ciénaga de Mallorquín, esto es debido por sus condiciones estuarinas y por tener asentamientos humanos en sus riberas, las cuales descargan aguas residuales.

Los fosfatos mostraron diferencias significativas ($KW = 25,085$; $P < 0,05$) entre las medianas con los meses al igual que los nitratos, el comportamiento estuvo influenciado por fuentes alóctonas. Los valores mínimos se registraron en marzo, observándose en toda el área de la ciénaga concentraciones menores $0,1 \text{ mgL}^{-1}$ (Fig. 10A). Por el contrario, en mayo se observaron los valores máximos de fosfatos $< 2,0 \text{ mgL}^{-1}$ (Fig. 10C), posiblemente debido a los bajos niveles de oxígeno disuelto como respuesta a descomposición de la materia orgánica. Por otra parte, en junio se observó una disminución en los niveles hasta $< 1,0 \text{ mgL}^{-1}$ hacia la subzona central y sur, hacia el sector que comunica con el tajamar y del barrio Las Flores, donde las concentraciones fueron mayores de $1,0 \text{ mgL}^{-1}$ (Fig. 10 D).

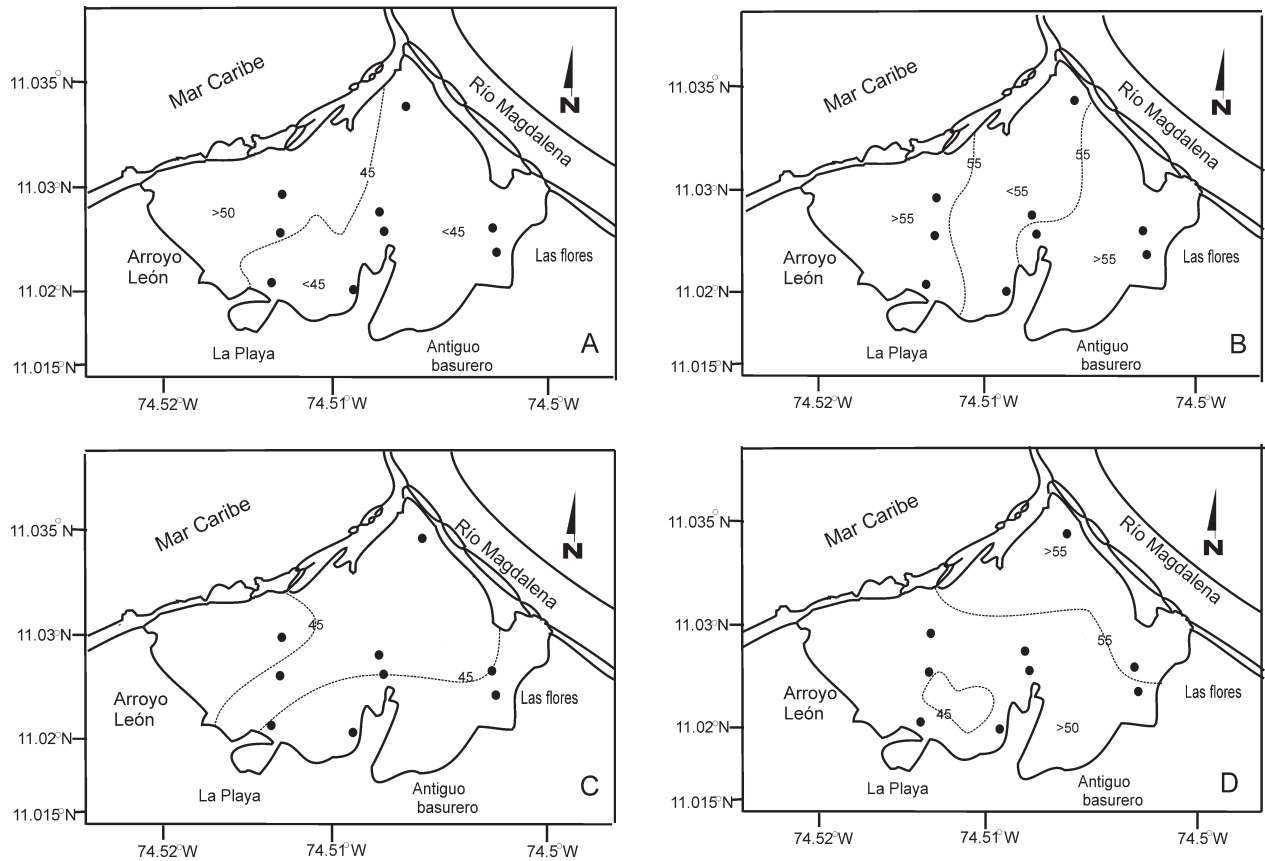


Fig. 7. Comportamiento del porcentaje de saturación, durante los meses de marzo (A), abril (B), mayo (C) y junio (D) en las aguas superficiales de la Ciénaga de Mallorquín.

Posiblemente, esta última observación esté relacionada a las escorrentías del arroyo León y a la influencia de las aguas residuales del barrio Las Flores y a la entrada de aguas del río Magdalena que traen una gran carga de elementos fosfatados. CORRALES & REDONDO (2008) y RAMOS & VARGAS (2008) indicaron que en la Ciénaga de Mallorquín se presenta un posible proceso de eutrofización en sus aguas.

En un trabajo previo, PADILLA (2005) señaló elevadas concentraciones de fósforo en los sedimentos en la ciénaga, asociado posiblemente a la incorporación de elementos fosfatados, principalmente por fuentes alóctonas que llegan a este ecosistema, por los asentamientos humanos que se encuentran a sus alrededores que no cuentan con un sistema de depuración de sus aguas residuales. LÓPEZ *et al.* (1985) señalan que los niveles de fósforo en los sedimentos juegan un papel muy importante en la retención y control del fósforo y estos pueden difundirse en la columna de agua.

La clorofila *a* no presentó diferencias significativas ($KW= 3.61829$; $P>0,05$) entre las medianas con los meses. En abril la distribución de la clorofila *a* mostró valores mínimos en la zona central y sur occidental en la CM, con niveles $< 3 \text{ mg m}^{-3}$, y un núcleo mayor en la zona cercana a la costa, con concentraciones $> 6 \text{ mg m}^{-3}$ (Fig. 11A). En mayo hubo un incremento en los valores en la zona central y oriental, mostrando un núcleo central de mayor concentración, de 12 mg m^{-3} (Fig. 11B), esto se debe posiblemente al aumento de las poblaciones fitoplanctónicas (FERRAZ-REYES 1983). Hubo un descenso en las concentraciones en la zona central y oeste en las cercanías del tajamar en junio, atribuido como al decaimiento de la población que se toma la senescencia (FERRAZ-REYES 1983). Además se observó un máximo de clorofila *a* hacia la estación 1, cercana al barrio La Playa, como una respuesta al aumento de las poblaciones fitoplanctónicas (Fig. 11C). En el mismo ecosistema, RAMOS & VARGAS (2008) señalaron una media de $8,92 \text{ mg}$

m^{-3} , en época lluviosa, valores que están muy cercanos a la media encontrada. Los autores señalaron que el contenido la clorofila *a* depende del estado fisiológico del fitoplancton y no al número de individuos.

Correlaciones

La tabla (2) muestra la matriz de correlación de Spearman para todas las variables en las aguas superficiales de la Ciénaga de Mallorquín. Se observaron correlaciones positivas entre el pH con los nitratos ($r = 0,5650$; $p < 0,05$) y fosfatos ($r = 0,4643$; $p < 0,05$). Esto nos sugiere que el pH controla algunas reacciones químicas en las que intervienen estos nutrientes en la columna de agua, relacionada con una correlación altamente significativa entre los iones nitratos y fosfatos ($r = 0,9331$; $p < 0,05$), las cuales nos sugiere el aporte de dichos elementos a la

ciénaga provienen de una misma fuente de origen aloctono proveniente de aguas residuales y domésticas de los barrios La Playa y Las Flores y el río Magdalena.

Los valores de pH encontrados en esta laguna corresponden a aguas muy productivas y son indicativas de que el CO_2 (dióxido de carbono) producido por oxidación de la materia orgánica y por los procesos de respiración en la atmósfera, es utilizado por el fitoplancton para la síntesis de materia orgánica y producción de oxígeno a través del proceso de fotosíntesis (OCANDO 1992).

Además se encontró una correlación negativa significativa entre el porcentaje de saturación de oxígeno y la temperatura ($r = -0,7363$, $p < 0,05$); esto nos sugiere que en esta laguna debido a su poca profundidad puede

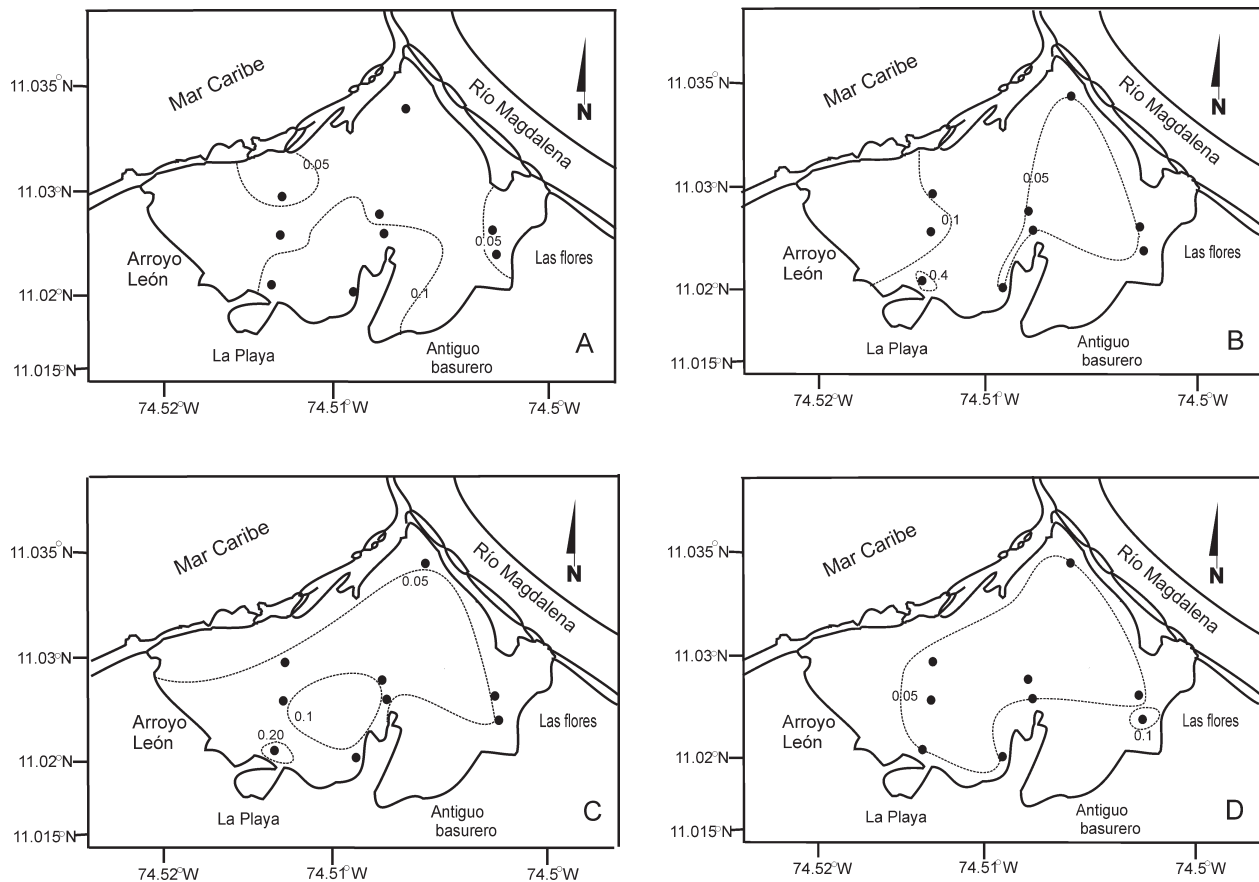


Fig. 8. Comportamiento del amonio (NH_4) (mg l^{-1}), durante los meses de marzo (A), abril (B), mayo (C) y junio (D) en las aguas superficiales de la Ciénaga de Mallorquín.

Elementos nutritivos la clorofila *a* en la ciénaga Mallorquín, Colombia

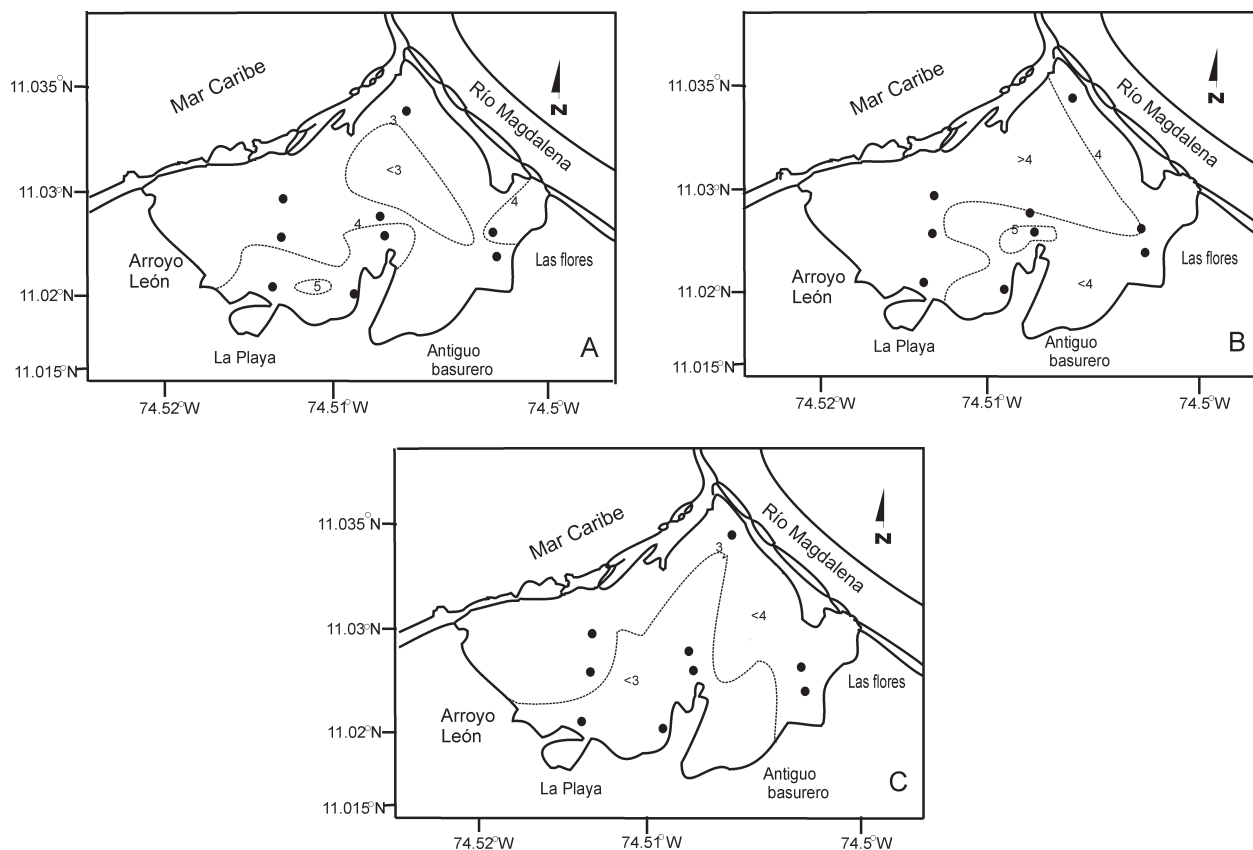


Fig. 9. Comportamiento de los nitratos (NO_3^-) (mg l^{-1}), durante los meses de abril (A), mayo (B) y junio (C) en las aguas superficiales de la Ciénaga de Mallorquín.

TABLA 2. Coeficiente de correlación de Spearman entre elementos nutritivos, clorofila *a* y las variables físico químicas. La correlación es significativa al nivel ($p < 0,05$).

	pH	%Sat	OD	T°C	Sal	NH_4^+	NO_3^-	PO_4^-	Cl <i>a</i>
pH									
% Sat	0,2840								
OD	0,1746	0,6053							
T°C	0,0024	-0,7363	-0,0729						
Sal	0,1296	-0,0703	-0,2319	-0,0599					
NH_4^+	0,3074	0,0606	0,1380	-0,1871	0,0348				
NO_3^-	0,5650	-0,1409	-0,0481	0,1474	0,2894	0,1260			
PO_4^-	0,4643	-0,3382	-0,1782	0,3336	0,2728	0,1830	0,9331		
Cl <i>a</i>	0,1005	-0,1789	0,1228	0,4179	-0,3099	-0,0076	-0,0124	-0,0074	

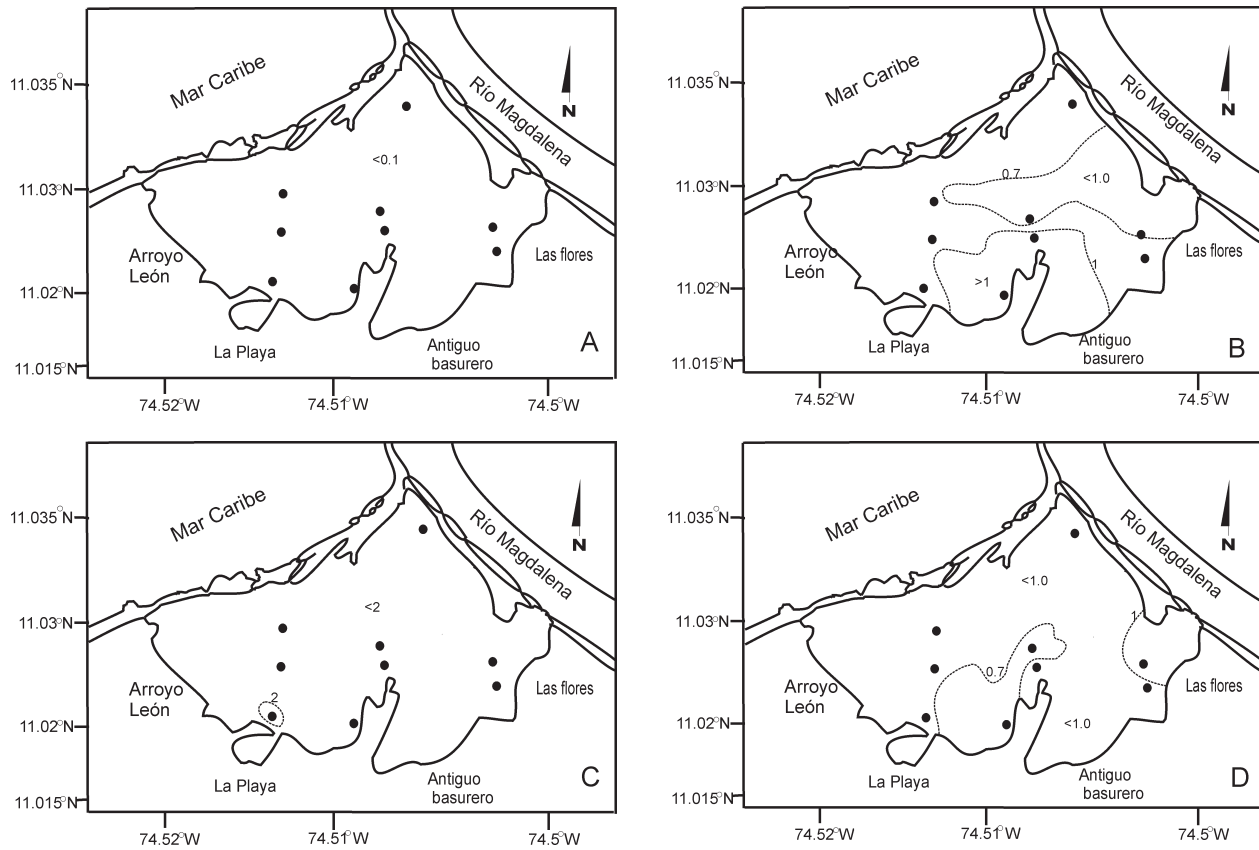


Fig. 10. Comportamiento de los fosfatos (PO_4) (mg l^{-1}), durante los meses de marzo (A), abril (B), mayo (C) y junio (D) en las aguas superficiales de la Ciénaga de Mallorquín.

calentarse excesivamente la columna de agua, cuando en las últimas horas cesan los procesos de fotosíntesis, debido a la disminución del oxígeno disuelto y aumento de la velocidad de reacciones químicas (OCANDO 1992), y empiecen a dominar los procesos de respiración y descomposición de la materia orgánica.

CONCLUSIONES

En la Ciénaga de Mallorquín durante el periodo seco, la distribución espacial y temporal variables físico-químicas y biológicas presentaron algunas variaciones. Esta diferencia es producida por la apertura y cierre de la barra de arena, y el ingreso de las aguas del Mar Caribe, del río Magdalena y escorrentías del arroyo León y aguas residuales de las poblaciones aledañas en esta laguna costera.

Durante los meses de marzo hasta mayo la ciénaga no tuvo conectividad con las aguas del Mar Caribe donde se

presentaron aumentos en la clorofila *a*, salinidad y nutrientes y como también una disminución del oxígeno disuelto. Lo que podría interpretarse como una manifestación de los procesos de fotosíntesis, degradación de la materia orgánica y el aporte de fuentes alóctonas.

En relación con el mes de junio, donde se produjo la apertura de la barra de arena, los valores de nutrientes, clorofila *a* y salinidad disminuyeron, además se observó un aumento en las concentraciones del oxígeno disuelto. Estos cambios posiblemente se deban al ingreso del agua dulce, utilización de nutrientes a su vez también relacionado con las primeras lluvias durante este mes.

El aumento de las concentraciones de la clorofila *a* podrían indicar un aumento en productividad primaria, como respuesta al posible cambio de la estructura de la comunidad fitoplanctónicas en la Ciénaga de Mallorquín.

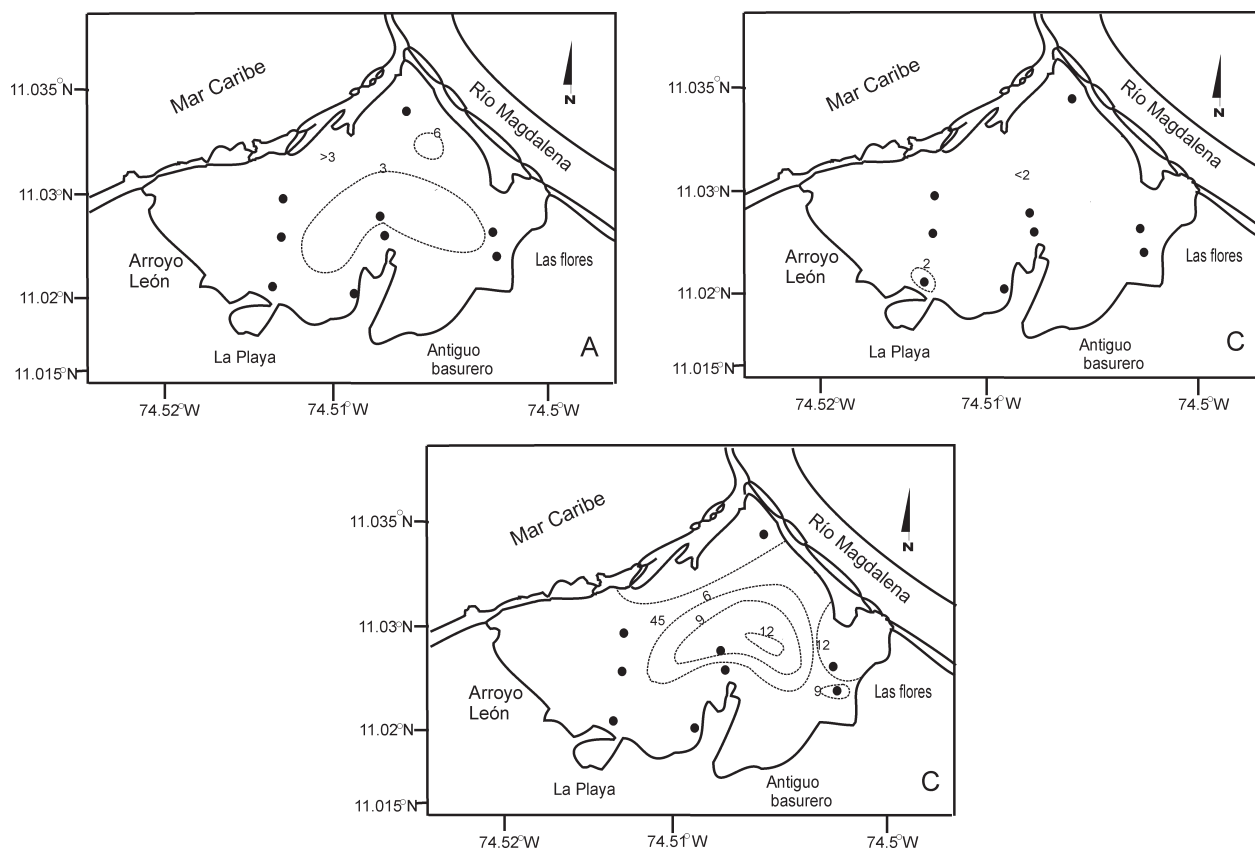


Fig. 11. Comportamiento de la clorofila *a* (mgm^{-3}), durante los meses abril (A), mayo (B) y junio (C) en las aguas superficiales de la Ciénaga de Mallorquín.

Las estaciones cercanas al barrio La Playa y Las Flores registraron las mayores concentraciones de elementos nutritivos en especial nitrato y fosfato, lo que podría interpretarse como una influencia negativa de estos asentamientos humanos sobre la Ciénaga de Mallorquín, debido a que estos no cuentan con un manejo apropiado de depuración de sus aguas residuales y domésticas.

AGRADECIMIENTO

Mis agradecimientos están dirigidos todas las personas que me colaboraron e hicieron parte de este trabajo. El incondicional apoyo de mi Director de tesis, Ph.D IVÁN MARTIN LEÓN LUNA, por su confianza y sugerencias en la realización del presente trabajo. A todos los profesores que aportaron un granito de arena, agradezco su ayuda al profesor GENISBERTO BARRETO por su colaboración en el Laboratorio de Bromatología, al profesor EDGARDO ANGULO, en el Laboratorio de

Microalgas, Dr. LUIS BENAVIDES por la colaboración en el Laboratorio de aguas de la triple AAA de Barranquilla, por facilitar la realización de análisis químicos. A mis compañeros de Semillero “Zona Costera”, en especial a EFREN CASTRO, JACKELYN REDONDO y MAIKOL CORRALES, por su compañía y ayuda.

REFERENCIAS

- ARRIETA, L. & DE LA ROSA J. 2003. Estructura de la comunidad íctica de la Ciénaga de Mallorquín, Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost. Santa Marta, Colombia*, 32: 231-242
- CAMARGO, J.A. & A. ALONSO. 2007. Contaminación por nitrógeno en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Ecosistemas*. 2: 1-13.

- CORRALES, M. & J. REDONDO. 2008. *Determinación de los metales pesados (Fe, Mn, Cr, Ni, Cu, Zn, Cd y Pb) en un especie de interés comercial de camarón (Litopenaeus schimitti) en la ciénaga de Mallorquín departamento del Atlántico*. Trab. Grad. Ciencias Básicas. Universidad del Atlántico. Barranquilla, Colombia. 1-134 pp.
- CORMAGDALENA. 1998. Laboratorio de ensayos hidráulicos de las Flores, Estudio de la factibilidad de saneamiento de la ciénaga de Mallorquín. 35 pp.
- CRA. 2005. Corporación Autónoma Regional del Atlántico. Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica de la cianaga de mallorquín. Conservación internacional de Colombia. pp 18. www.crautonomia.gov.co/documentos/mallorquin/.../CaractBiolSistem.pdf.
- EEA. 2005. Source apportionment of nitrogen and phosphorus inputs into the aquatic environment. Environmental Assessment Report No 7. European Environment Agency, Copenhagen. 48 pp.
- EPA. 2001. Nutrient criteria technical guidance manual. estuarine and coastal marine waters. EPA, Office of Water. EPA-822-B-01-003. 32 pp.
- FERRAZ-REYES, A. 1983. Estudio del fitoplancton en la cuenca Tuy-Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 22 (1,2): 111- 124.
- FRANCO, R. & I. LEÓN. 2010. Geoquímica y concentraciones de metales pesados en un organismo de interés comercial (*Corbula caribaea*. D'orbigny, 1842). En la zona submareal superficial de la ciénaga de Mallorquín Atlántico. *Bol. Cient. CIOH*, 28: 69-83.
- GARCÍA, G. & C. M. LUQUE. 2008. *Análisis de metales pesados (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb y Zn) en el tejido muscular de la mojarra rayada Eugerres plumieri y en la Lisa Mugiliclis de la Ciénaga de Mallorquín- Atlántico*. Trab. Grad. Ciencias Básicas. Universidad del Atlántico. Barranquilla. Colombia. 1-70 pp.
- HERBERT, R.A. 1999. Nitrogen cycling in coastal marine ecosystems. *FEMS Microbiol. Rev.* (29): 563-590.
- LÓPEZ, D., J. R. DOMÍNGUEZ & N. A. DUARTE. 1985. Parámetros que controlan los niveles de fosforo en aguas y sedimentos de una laguna costera (Laguna de Tacarigua). *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 24 (1-2): 225-236.
- MARGALEF, R. 1999. *Teoría de los sistemas ecológicos*. Publicaciones Universidad de Barcelona, Barcelona. pp 49.
- MOLINA, A., C. GIRALDO & R. BARRERA. 1999. Características estratégicas y morfodinámicas de la franja litoral Caribe colombiano (Sector Barranquilla (Bocas de Ceniza) Flecha de Garelazamba). Santa Marta, Colombia. *Bol. Invest. Mar. Cost*, 28: 61-94.
- OCANDO, L. 1992. *Distribución espacial y temporal de parámetros físico químicos y materia orgánica en la laguna de Unare periodo Noviembre 1998-Julio 1989. Venezuela*. Trab. Grad, M.Sc. Ciencias marinas. Universidad de Oriente. Cumaná. Venezuela. 147pp.
- PADILLA, S. K. 2005. *Formas químicas de los metales pesados (Fe, Pb, Zn, Cu) y su relación con los macroinvertebrados bentónicos asociados al sedimento superficial de la Ciénaga de Mallorquín*. Trab. Grad. Ciencias básicas. Universidad del Atlántico. Barranquilla. Colombia. 101 pp.
- PINO, J. 2005. Corporación autónoma regional del atlántico (CRA). Síntesis de la situación actual de la Ciénaga de Mallorquín con énfasis en la contaminación. Barranquilla Atlántico. 2 pp.
- REAL, E. & D. VALDÉS. 1994. Flujos de Amonio, nitrito, nitrato y fosfatos a través de la interfase sedimentos-aguas, en una laguna costera tropical. *Cienc. Mar*. Vol 20 (00.1): 65-80.
- RAMOS, C. & O. VARGAS. 2008. *Producción fitoplanctónica de la Ciénaga de Mallorquín. – Atlántico entre los meses de septiembre a noviembre del 2007*. Trab. Grad. Ciencias

- Básicas. Universidad del Atlántico. Barranquilla. Colombia. 32 pp.
- ROLDÁN, G. 1992. *Fundamentos de limnología*. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín. 529 pp.
- REDCAM. 2007. Diagnostico y evaluación de la calidad ambiental marina del Caribe y Pacifico Colombiano. *Inst. Invest. Marin. Cost.* Santa Marta. 1-160.
- STRICKLAND, J.D.H. & T.R. PARSONS. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Fish. Res.* Board of Canada. Segunda edition. Ottawa. 310 pp.

RECIBIDO: Marzo 2013

ACEPTADO: Noviembre 2014