

RELACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES FITOPLANCTÓNICOS BASADOS EN SU MORFOLOGÍA PRESENTES EN EL EMBALSE DE BETANIA DURANTE DOS PERIODOS HIDROLÓGICOS, YAGUARÁ (HUILA)

Eduardo Pastrana Granados
Servicio Nacional de Aprendizaje SENA - Regional Huila
Centro de Formación Agroindustrial La Angostura
Grupo de Investigación Agroindustrial La Angostura
Fundación Humedales
Autores para correspondencia: epastranag@misena.edu.co

Resumen: Con el propósito de determinar los grupos fitoplanctónicos presentes en el embalse de Betania (Yaguará, Huila) y lograr relacionarlos con los periodos, método y sitio de muestreo (Botella Van Dorn – Superficial Directa) y subembalses de muestreo (Yaguará, Magdalena), se llevaron a cabo dos capturas: el primer periodo comprendido entre el 24/03/2013 hasta el 31/03/2013, y el segundo, entre el 15/06/2013 hasta el 22/06/2013, representando dos momentos hidrológicos. Cada una de las muestras fue fijada con lugol, adicionando 1 ml por cada 100 ml de muestra y con Transeau, adicionando 100 ml por cada 100 ml de muestra. La metodología usada para la determinación de los grupos funcionales fue basada en la morfología establecida por Reynolds y Kruk. La estadística se realizó con el programa RWizard utilizando paquetes de R. Los resultados presentan un total de 28 especies clasificadas en 10 clases taxonómicas; en la mayoría de los casos la abundancia obtenida con ambos métodos fue similar. Sin embargo, existen géneros para los cuales la abundancia fue diferente en función del método de muestreo: en el género *Ceratium* frecuentemente se observaron mayores abundancias con el método de Botella Van Dorm, y también se observaron discrepancias para *Melosira* y *Peridinium*. Durante el periodo 1 se observó con mayor presencia el grupo funcional Mucilago con un total de 42 presencias y durante el periodo 2 se presentó una mayor presencia en el grupo funcional Mucilago y Sílice con un total de 47 presencias cada uno. Se concluye que no existe diferencia significativa en la proporción de grupos funcionales en cuanto al método de muestreo utilizado, ni entre sitios, ni entre los periodos de muestreo, aunque sí existen diferencias significativas en la proporción de grupos funcionales entre subembalses; por lo tanto, sí es necesario diferenciar entre embalses a la hora de realizar los siguientes análisis con las frecuencias entre sitios de muestreo y periodos.

Palabras clave: Fitoplancton, Grupo Funcional Basado en su Morfología (GFBM), Aerótopo, Mucilago, Sílice, Flagelo, Tecado.

THE RELATIONSHIP OF PHYTOPLANKTONIC MORPHOLOGY-BASED FUNCTIONAL GROUPS PRESENT AT THE BETANIA RESERVOIR DURING TWO HYDROLOGIC PERIODS, YAGUARÁ-HUILA, COLOMBIA

Abstract: The aim of this study was to determine the phytoplanktonic groups present at the Betania Reservoir (Yaguará – Huila, Colombia) and to relate them with periods, method and sampling field (Van Dorn Bottles - Direct Method), and sampling sub-reservoirs (Yaguará – Magdalena, Colombia). Two samples were taken: one from 24/03/2013 to 31/03/2013; and the other from 15/06/2013 to 22/06/2013, representing two hydrologic periods. Each of the samples was fixed in Lugol and Transeau solutions, adding 1ml for each 100ml of sample, and 100ml for each 100ml of sample, respectively. The approach taken to determine functional groups was the Morphology-Based Functional Groups (MBFG) by Reynolds and Kruk. Statistics were calculated with RWizard Software using R packages. The results show a total of 28 species classified into 10 taxonomic groups. In most cases, the abundance obtained through both methods was similar. However, there are genus whose abundance was different depending on the sampling method employed. Often there were greater abundances of the genus *Ceratium* with the Van Dorn Bottles, and also discrepancies for *Melosira* and *Peridinium*. During period 1, there was greater presence of Mucilage functional group (total of 42). During period 2, there was greater presence of Mucilage and Silica functional group (total of 47 for each of them). To conclude, there are no significant differences in the functional groups ratios according to the sampling method used, nor related to places or sampling periods, though there are significant differences in the functional groups ratios among sub-reservoirs. Therefore, it is necessary to differentiate among sub-reservoirs, when making subsequent analyses with frequencies in sampling fields and periods.

Key words: Phytoplankton, Morphology-Based Functional Groups (MBFG), Aerotops, Mucilage, Silica, Flagellum.

Introducción

El fitoplancton es un conjunto de organismos (microalgas y cianobacterias) que viven suspendidos en la columna de agua (Reynolds, 1984). Está compuesto por organismos autótrofos que ocupan un amplio rango de tamaños y formas (Finkel *et al.*, 2009). Además son responsables de aproximadamente la mitad de la producción primaria global (Arrigo, 2005), siendo fundamental para el desarrollo de los ciclos biogeoquímicos globales (oxígeno, dióxido de carbono), Litchman & Klausmeier, 2008.

El fitoplacnton también puede ser agrupado según su función ecológica o con base en rasgos funcionales (Reynolds *et al.*, 2002; Violle *et al.*, 2007; Lichman & Klausmeier, 2008). Kruk *et al.*, (2010) han propuesto la clasificación del fitoplancton partiendo de Grupos Funcionales Basados en las Morfologías (GFBM), las cuales reflejan la fisiología y la adecuación de los organismos al ambiente, como una aproximación para la agrupación de los organismos

de acuerdo a sus rasgos morfológicos individuales, tales como la dimensión máxima lineal (MLD), la relación superficie-volumen (S/V), presencia de aerótopos, entre otros. Dichos rasgos pueden ser medidos empleando métodos más sencillos que aquellos necesarios en otras clasificaciones. En el marco de los GFBM, no es necesario conocer exactamente la afiliación taxonómica de los mismos (Kruk *et al.*, 2010). Esto es una gran ventaja para el reconocimiento de grupos fitoplanctónicos por parte de técnicos no expertos en taxonomía, como pueden ser los encargados del monitorio de los cuerpos acuáticos.

Con base en el modelo de los GFBM, el fitoplancton es clasificado en siete grupos. Los GFBM I y II se caracterizan por el pequeño tamaño y la alta relación superficie-volumen de los organismos que lo componen, siendo la presencia de estructuras silíceas y Flagelo rasgos característicos de este último. Los GFBM

IV y V están conformados por organismos de tamaño intermedio a grande, sin presencia de rasgos particulares en el primero mientras que el último agrupa organismos flagelados unicelulares. El GFBM VI incluye organismos que se caracterizan por la presencia de estructuras síliceas y la ausencia de Flagelo (Diatomeas), este último abarca un amplio rango de tamaños y estrategias de vida. Por último, los GFBM III y VII están compuestos por organismos de mayor tamaño, el primero corresponde a grandes filamentos de alta relación superficie-volumen, y el segundo está compuesto por grandes colonias de baja relación superficie-volumen, rodeadas de Mucilago (Kruk *et al.*, 2010).

En el marco de los GFBM, no es necesario conocer exactamente la afiliación taxonómica de los mismos (Kruk *et al.*, 2010). Esto es una gran ventaja para el reconocimiento de grupos fitoplanctónicos por parte de técnicos no expertos en taxonomía, como pueden ser los encargados del monitoreo de los cuerpos acuáticos.

El presente estudio tiene como finalidad determinar la relación de los grupos funcionales fitoplanctónicos basados en su morfología presentes en el embalse de Betania durante dos periodos hídricos.

Materiales y métodos

La metodología establecida para el muestreo de fitoplancton se determinó con relación a los estudios bibliográficos previos, de acuerdo a investigaciones elaboradas y autores renombrados en Colombia (Duque & Donato, 1988) e internacionalmente (Reynolds, 1984, 2002; Kruk *et al.*, 2010, 2011).

Área de estudio

El embalse de Betania se encuentra localizado a 30 km al sur de Neiva, en el valle alto del río Magdalena a 2°42' de latitud norte y 75°26' de longitud oeste, a una altura de 561 m.s.n.m., tiene una extensión de 7,400 ha, con una altura de cresta de 98 m, almacena 1.971 millones de metros cúbicos de agua y genera 510,000 KW a través de 3 turbinas (C. H. B.). Se encuentra localizado en la zona de bosque seco tropical (bs-T) con temperatura promedio mayor de 24°C y precipitación anual de 1,000 a 2,000 mm, de carácter bimodal con picos de lluvia altos en abril y noviembre (FAO, Apoyo a las actividades regionales de acuicultura en América Latina y el Caribe, 1993).

Localización de puntos

Se determinaron un total de siete puntos o estaciones de muestreo (Figura 1), los cuales fueron identificados basados en un estudio realizado en el 2008, llamado "Seguimiento del repoblamiento y monitoreo pesquero del embalse de Betania", por la Fundación Humedales (Tabla 1).

Tabla 1. Codificación y nombre de los puntos de muestreo

Subembalse del río Magdalena	Subembalse del río Yaguará
M1: Nueva York	Y1: Tortugas
M2: Botero	Y2: Mollas
M3: Caraguaja	Y3: La Vaga
	Y4: Planadas

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo



Fuente: Google Earth, 2014.

Se determinaron las coordenadas de cada uno de los puntos o estaciones de muestreo (Tabla 2), utilizando un GPS Garmin e-Trex Vista, los cuales corresponden:

Tabla 2. Geo posicionamiento de los puntos de muestreo

COORDENADAS	PUNTOS DE MUESTREO						
	M2	M1	Y3	Y4	Y2	Y1	M3
N	02°37,375´	02°40,37´	02°40,146´	02°39,705´	02°41,009´	02°40,517´	02°37,155´
W	075°27,856´	075°27,08´	075°30,015´	075°30,567´	075°30,314´	075°28,486´	075°29,665´

Periodo de muestreo

Los periodos de muestreo se determinaron de acuerdo a los antecedentes climatológicos e hidrológicos de la zona de estudio, los cuales comprendieron entre los meses de marzo (aguas altas) y junio (aguas bajas). El estudio abarcó dos periodos de muestreo, el primero comprendido entre el 24/03/2013 hasta el 31/03/2013, y el segundo, entre el 15/06/2013 hasta el 22/06/2013. Los muestreos se desarrollaron en horas de la mañana.

Toma de muestra

Se utilizaron dos (2) metodologías para la captura de la muestra en cada punto de muestreo.

Cada una de las muestras tuvo el siguiente diseño experimental:

La muestra se almacena en un recipiente previamente rotulado e identificado, se fijan las muestras con lugol (solución de yoduro de potasio), adicionando 1 ml por cada 100 ml de muestra y se fija con Transeau, adicionando 100 ml por cada 100 ml de muestra.

- Botella Van Dorn (BT)

Se realizó bajando lentamente a una profundidad definida (Disco Sechhi) en cada punto de muestreo y en lo posible sin generar turbulencia. Se deja suspendida por unos 10 segundos y se envía el mensajero para obtener la muestra, luego se realiza su conservación.

- Toma Directa Superficial (BD)

El método se realizó tomando una muestra directa superficial y luego obteniendo el volumen requerido para luego realizar su correspondiente conservación.

Interpretación de las muestras

Se toman varias muestras de agua y cada una de estas es observada preliminarmente en un microscopio (Leica, 4X, 10X, 40X), para luego interpretarlas gráficamente, con el fin de familiarizarse con las algas presentes en la alícuota. Se utilizó un *software* LAS EZ, el cual nos deja capturar digitalmente la imagen del alga observada, con el fin de realizar una interpretación cualitativa más detallada del alga.

Identificación de los grupos funcionales

La metodología establecida para la determinación de los grupos funcionales basados en la morfología será la establecida por los autores Reynolds, 1984, 2002; y Kruk *et al.*, 2010, 2011.

Análisis estadísticos de la información

Toda la estadística se realizó con el programa RWizard (Guisande *et al.*, 2014) utilizando paquetes de R (R Development Core Team, 2016). Contando con las siguientes variables, periodo, método y subembalse de muestreo.

Resultados y discusión

En la Tabla 3, se representa presencia y ausencia de las especies fitoplanctónicas identificadas durante los periodos y métodos de muestreo, relacionándolo a su vez con los GFBM. Se obtuvo un total de 28 especies representadas en 10 clases.

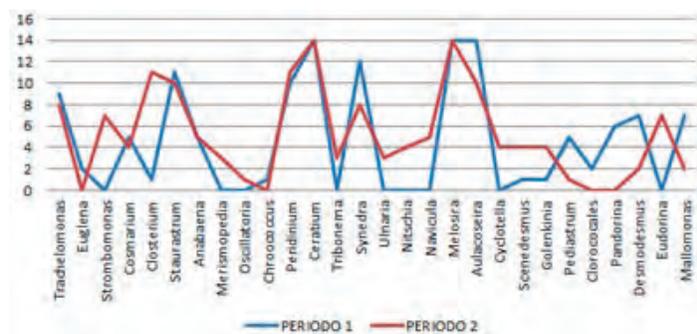
Tabla 3. Presencia de GFBM durante los periodos y los métodos de muestreo

CLASE	GENERO	GFBM	PERIODO 1												PERIODO 2																
			M1		M2		M3		Y1		Y2		Y3		Y4		M1		M2		M3		Y1		Y2		Y3		Y4		
			BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	BT	BD	
EUGLENOPHYCEAE	<i>Trachelomonas</i>	F		X		X				X	X	X	X	X	X			X			X	X	X		X	X	X				
	<i>Euglena</i>	F							X	X																					
	<i>Strombomonas</i>	F														X		X			X	X	X	X	X						
ZYGNEAPHYCEAE	<i>Cosmarium</i>	M		X		X	X			X					X	X		X											X		
	<i>Closterium</i>	M		X											X	X	X	X			X	X		X	X	X	X	X	X		
	<i>Staurastrum</i>	M	X	X	X	X			X	X	X	X	X		X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X		
CYANOPHYCEAE	<i>Anabaena</i>	A	X						X					X	X	X	X	X		X		X									
	<i>Merismopedia</i>	A													X	X	X														
	<i>Oscillatoria</i>	A															X														
DINOPHYCEAE	<i>Chroococcus</i>	M							X																						
	<i>Peridinium</i>	M		X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	<i>Ceratium</i>	F	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
XANTHOPHYCEAE	<i>Tribonema</i>	S															X	X													
BACILLARIOPHYCEAE	<i>Synedra</i>	S	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X	X		X				X		
	<i>Ulnaria</i>	S															X	X										X			
	<i>Nitzschia</i>	S																		X								X	*		
COSCINODISCOPHYCEAE	<i>Navicula</i>	S														X			X				X	X	X						
	<i>Melosira</i>	S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	<i>Aulacoseira</i>	S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
CHLOROPHYCEAE	<i>Cyclotella</i>	T														X	X				X										
	<i>Scenedesmus</i>	M							X							X	X				X		X								
	<i>Golenkinia</i>	M														X			X				X						X		
	<i>Pediastrum</i>	M	X	X					X					X	X												X				
	<i>Clorococcales</i>	A	X	X																											
	<i>Pandorina</i>	F	X	X					X		X		X	X																	
CHALAMYDOPHYCEAE	<i>Desmodesmus</i>	M	X	X		X			X		X	X							X	X											
CHALAMYDOPHYCEAE	<i>Eudorina</i>	F																			X	X		X	X	X	X	X			
CHRYSPHYCEAE	<i>Mallomonas</i>	F		X	X				X	X	X		X	X													X		X		

A: Aerótopo, F: Flagelo, S: Silice, T: Tecado, M: Mucilago

La Figura 2 muestra las especies con mayor presencia y ausencia durante los periodos de muestreo; en el periodo 1 el género con mayor presencia es *Ceratium*, *Synedra* y *Melosira*, y durante el periodo 2 de muestreo el género con mayor presencia es *Ceratium* y *Melosira*.

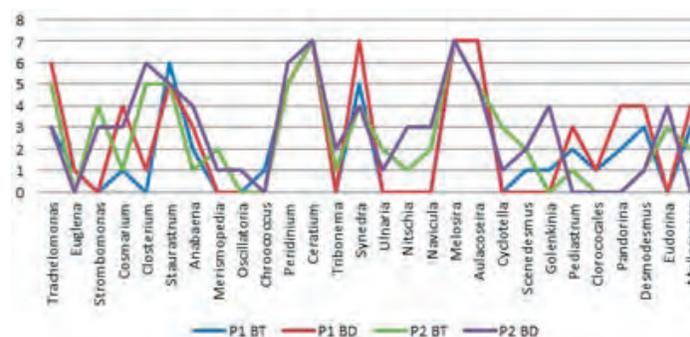
Figura 2. Presencia de especies durante los periodos de muestreo



En la Figura 3, se observa la presencia de las especies identificadas durante los periodos de muestreo y los dos

métodos de captura. Durante el periodo 1, se identificó un total de 58 por el método de BT y 69 por método BD; y durante el periodo 2, se identificaron un total de 69 por el método de BT y 76 por método BD.

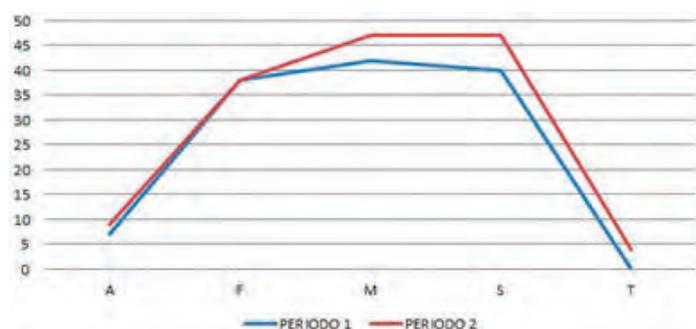
Figura 3. Presencia de especies según el método de captura durante los periodos de muestreo



En la Figura 4, se observa la presencia de especies asociadas a los GFBM durante los dos periodos de muestreo. En el periodo 1, se obtuvo un total de 127 presencias

de GFBM, en donde se presentó mayor presencia de los GF Mucilago con un total de 42; y durante el periodo 2, se obtuvo un total de 145 presencias de GFBM, en donde se presentó mayor presencia de los GF Mucilago y Sílice con un total de 47 cada uno.

Figura 4. Presencia de especies encontradas en cada GFBM durante los periodos de muestreo



A: Aerótopo, F: Flagelo, S: Sílice, T: Tecado, M: Mucilago

Estos resultados indican que en la mayoría de los casos la abundancia obtenida con ambos métodos fue similar. Sin embargo, existen géneros para los cuales la abundancia fue diferente en función del método de muestreo. Por ejemplo, en el género *Ceratium* frecuentemente se observaron mayores abundancias con el método de botella, y también se observaron discrepancias para *Melosira* y *Peridinium*.

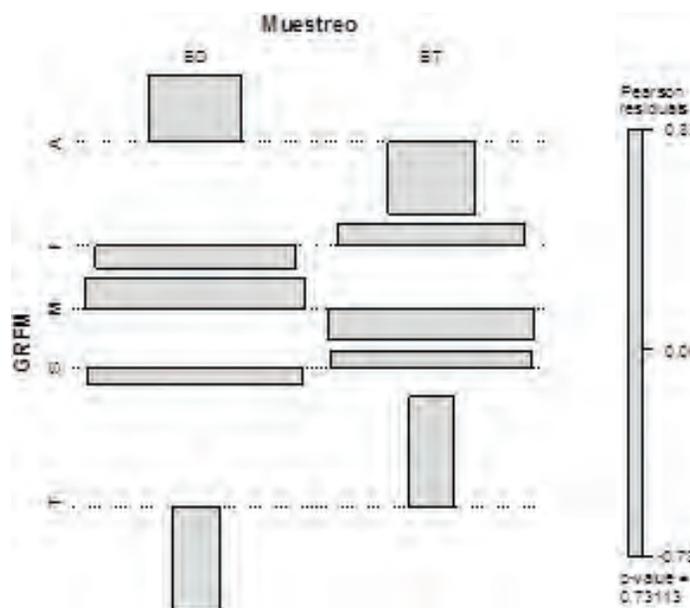
Relación de los grupos morfo-funcionales en función de los métodos de muestreos

La Figura 5 muestra que no existen diferencias significativas en la proporción de grupos funcionales en función del método de muestreo utilizado (test χ^2 , $p = 0,73$).

El hecho de que no existan diferencias significativas entre métodos de muestreo significa que no es necesario diferenciar entre los métodos de muestreo a la hora de realizar los siguientes análisis entre embalses, sitios de muestreo y periodos, cuando trabajemos con la variable cualitativa de frecuencias de grupos funcionales. Si hubiesen existido diferencias en función del método de

muestreo utilizado, hubiese sido necesario realizar los análisis por separado para cada método de muestreo.

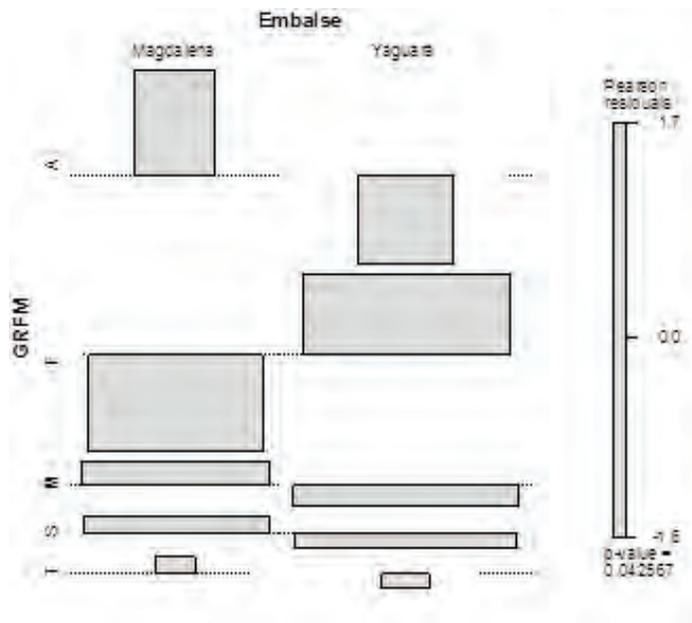
Figura 5. Frecuencias observadas de los grupos funcionales entre métodos de muestreo (BD - BT)



Relación de los grupos morfo-funcionales entre subembalses

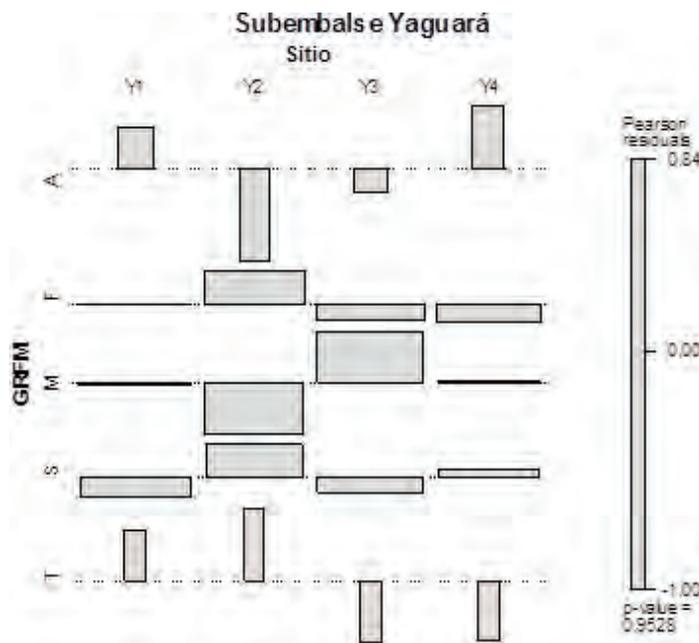
La Figura 6 muestra que existen diferencias significativas en la proporción de grupos funcionales entre subembalses (test χ^2 , $p = 0,042$). En el subembalse del Magdalena predomina el grupo funcional Aerótopo mientras que no predomina el grupo funcional Flagelo. En el caso del subembalse Jaguará ocurre exactamente lo contrario, predomina Flagelo y es menos frecuente Aerótopo (Fig. 6). Por lo tanto, sí es necesario diferenciar entre embalses a la hora de realizar los siguientes análisis con las frecuencias entre sitios de muestreo y periodos.

Figura 6. Frecuencias observadas de los grupos funcionales entre embalses



Relación de los grupos morfo-funcionales entre sitios de muestreo

Figura 7. Frecuencias observadas de los grupos funcionales en los sitios de muestreo en el subembalse Magdalena y Yaguará



La Figura 7 muestra que no existen diferencias significativas en la proporción de grupos funcionales entre sitios de muestreo ni en el subembalse Magdalena (test χ^2 , $p = 0,91$) ni en Yaguará (test χ^2 , $p = 0,95$).

Tampoco se observó que hubiese diferencias en la abundancia de los diferentes grupos morfo-funcionales entre sitios en ninguno de los dos subembalses. Un Análisis Discriminante mostró que el porcentaje de acierto por validación cruzada fue del 50 % tanto en Magdalena como Yaguará, lo cual indica un acierto muy bajo, que se considera igual al azar.

Relación de los grupos morfo-funcionales entre periodos de muestreo

La Figura 8 muestra que no existen diferencias significativas en la proporción de grupos funcionales entre periodos de muestreo ni en el subembalse Magdalena (test χ^2 , $p = 0,42$) ni tampoco en el de Yaguará (test χ^2 , $p = 0,41$).

Figura 8. Frecuencias observadas de los grupos funcionales para los dos periodos en el subembalse Magdalena y Yaguará

Figura 8. a

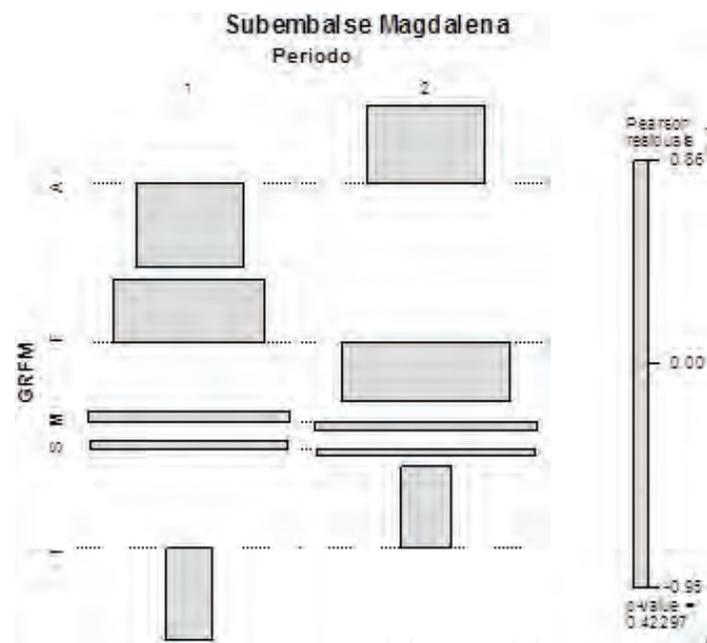
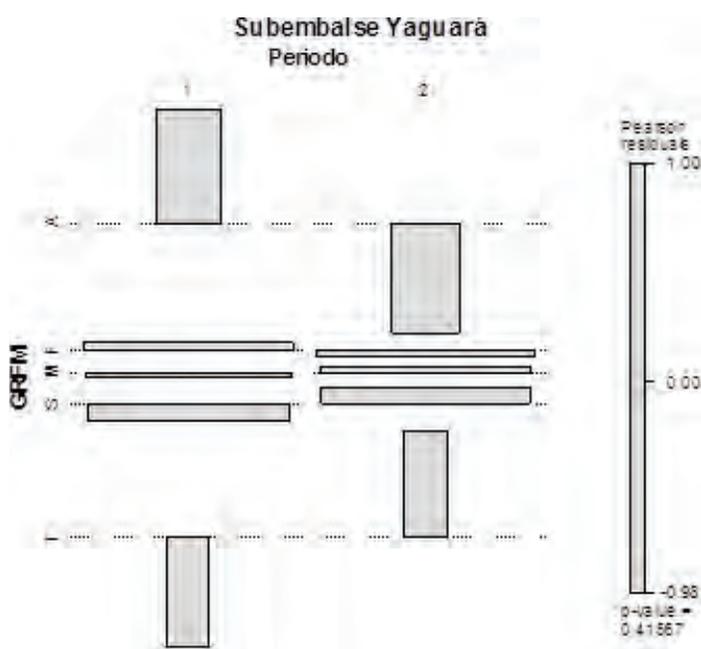


Figura 8. b



Conclusiones

Se logró cumplir con el objetivo general de este estudio acerca de la relación de los grupos funcionales fitoplanctónicos basados en su morfología (GFMB), durante dos periodos hidrológicos. La utilización de GFMB para agrupar los organismos del fitoplancton también reflejó la mayor presencia de organismos con Mucilago, pero no existe significancia en la proporción de grupos funcionales en función del método de muestreo, ni entre sitios, ni entre los periodos de muestreo, aunque sí existen diferencias significativas en la proporción de grupos funcionales entre subembalses.

Determinación de grupos morfo-funcionales fitoplanctónicos en el embalse de Betania

En el periodo 1 se obtuvo un total de 127 presencias de GFMB, en donde se presentó mayor dominancia del grupo Mucilago con un total de 42, y durante el periodo 2 se obtuvo un total de 145 presencias de GFMB, en donde se presentó mayor dominancia de los grupos conformados Mucilago y Sílice con un total de 47 cada uno. Se presenta diferencia significativa con el estudio realizado por Nogueira (2011) en Río de Plata, Montevideo, donde

comenta que el grupo con menor número de organismos tuvo un total de 27 Aerótopo y el grupo con mayor cantidad estuvo constituido por 464 Tecados. Tres grupos estuvieron constituidos por individuos de una única clase taxonómica. Estos fueron los grupos Tecados (dinoflagelados tecados), Sílice (diatomeas céntricas) y Aerótopo (cianobacterias filamentosas). El 99,4 % del total de los organismos tuvieron un nivel de organización unicelular mientras que el 0,4 % fue colonial y el 0,05 % filamentosos. El rasgo morfológico categórico más común fue la presencia de Flagelo (95 %), seguido por la presencia de Teca (30 %), mientras que el menos frecuente fue la presencia de Aerótopo (0,1 %). El Flagelo estuvo presente en cuatro de las seis clases taxonómicas observadas, mientras que la presencia de Teca fue exclusiva de la clase *Dinophyceae*.

Composición de La comunidad fitoplanctónica

Se obtuvo un total de 28 especies representadas en 10 clases: *Euglenophyceae*, *Zygnemaphyceae*, *Cyanophyceae*, *Dinophyceae*, *Xanthophyceae*, *Bacillarophyceae*, *Coscinodiscophyceae*, *Chlorophyceae*, *Chlamydomophyceae* y *Chysophyceae*. En el periodo 1, las especies con mayor presencia son *Ceratium*, *Synedra* y *Melosira*, y durante el periodo 2, las especies con mayor presencia son *Ceratium* y *Melosira*. Se presenta significancia con el estudio realizado por Mora (2011) en las clases identificadas en Bogotá, en el Humedal Juan Amarillo, donde se obtuvo un total de 54 especies en los muestreos del 2007 y 2011, conformados por las clases *Bacillarophyceae*, *Chlorophyceae*, *Cryptophyceae*, *Cyanophyceae*, *Dinophyceae* y *Euglenophyceae*. De las 54 especies, 21 pertenecieron a la clase *Chlorophyceae* con un porcentaje del 38.8 %, 11 a *Cyanophyceae* con un 20.37 %, 10 a *Bacillarophyta* con 18 %, 5 a *Euglenophyceae* con 9.25 %, 4 a *Dinophyceae* con 7.40 %, y 3 a *Cryptophyceae* con un 5.55 %.

Agradecimientos

A Claudia Milena Rodríguez Sierra, Mgs. Bióloga, docente de la Universidad Surcolombiana, Universidad Nacional de Colombia (Sede Leticia).

Referencias

- Arrigo, K. (2005). Marine microorganisms and global nutrient cycles. *Nature*, 437, pp. 349-355.
- Duque, Santiago (1988). Estudio del fitoplancton durante las primeras etapas del llenado del embalse de la central hidroeléctrica de Betania, Huila (Colombia). *Revista de la Facultad de Ciencias. Universidad Javeriana*.
- FAO (1993). Apoyo a las actividades regionales de acuicultura en América Latina y el Caribe.
- Finkel, Z. V.; Berardall, J.; Flynn, K.; Quigg, A., Ress, A. T.; y Raven, J. A. (2009). Phytoplankton in a changing world: cell size and elemental stoichiometry. *Journal of Plankton Research*.
- Fox, J.; Weisberg, S.; Adler, D.; Bates, D.; Baud-Bovy, G.; Ellison, S.; Firth, D.; Friendly, M.; Gorjanc, G.; Graves, S.; Heiberger, R.; Laboissiere, R.; Monette, G.; Murdoch, D.; Nilsson, H.; Ogle, D.; Ripley, B.; Venables, W.; & Zeileis, A. (2016). Companion to Applied Regression. Versión de R 2.1-2. Disponible en: <http://CRAN.R-project.org/package=car>.
- Friendly, M.; & Fox, J. (2016). Visualizing Generalized Canonical Discriminant and Canonical Correlation Analysis. R package version 0.7-0. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=candisc>.
- Fundación Humedales (2008). Seguimiento del repoblamiento y monitorio pesquero del embalse de Betania.
- Gross, J. (2016). Tests for Normality. Versión de R 1.0-4. Disponible en: <http://CRAN.R-project.org/package=nortest>.
- Guisande, C. & Vaamonde, A. (2012). Gráficos estadísticos y mapas con R. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, p. 367.
- Guisande, C. *et al.* (2014). RWizard Software. <http://www.ipez.es/RWizard>. University of Vigo. Spain.
- Guisande, C.; Barreiro, A.; Maneiro, I.; Riveiro, I.; Vergara, A. R.; & Vaamonde, A. (2006). Tratamiento de datos. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, pp. 137.
- Guisande, C.; Vaamonde, A.; & Barreiro, A. (2011). Tratamiento de datos con R, SPSS y STATISTICA. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, p. 978.
- Kruk, C.; Huszar, V. L. M.; Peeters, E. T. H.; Bonilla, S.; Costa, L.; Lurling, M.; Reynolds, C. S.; & Scheffer, M. (2010). A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton temporal and replacement. *Freshwater Biology*.
- Kruk, C.; Peeter, E. T. H. M.; Van Nes, E. H.; Huszar, V. L. M.; Costa, L. S.; & Scheffer, M. (2011). Phytoplankton community composition can be predicted best in terms of morphological groups. *Limnology and Oceanography*, 56, p. 1.
- Litchman, E.; y Klausmaier, C. A. (2008). Trait-Based Community Ecology of Phytoplankton. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 39, pp. 615-39.
- Mora, P. Cabeza (2011). Comparación de la morfología funcional del fitoplancton y su relación con factores físicos y químicos en el primer periodo del 2007 y 2011, en el tercio alto del Humedal Juan Amarillo.
- Nogueira, L.; Traverso (2011). Determinación de los grupos morfo funcionales fitoplanctónicos en el Río de la Plata.
- R Development Core Team (2016). R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Reynolds, C. S. (1984). The ecology of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press.
- Reynolds, C. S.; Huszar, V.; Kruk, C.; Naselli-Flores, L.; y Melo, S. (2002). Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 24, pp. 417-428.
- Roldan, G. E. (1982). Algunas consideraciones ecológicas, acerca de embalses colombianos. *Contaminación Ambiental*, 2(3), pp. 13-20.
- Roldán G. (1992). Fundamentos de limnología neotropical. Medellín (Colombia). Editorial Universidad de Antioquia, p. 529.
- Roldán, G. (2008). Fundamentos de limnología tropical. Medellín, Colombia.