

## Fitoperifiton composition and structure of the middle and lower basin of the river Cesar, Cesar Department-Colombia

### Composición y estructura fitoperifítica de la cuenca media y baja del río Cesar, departamento Cesar-Colombia

Ana De la parra-Guerra<sup>1\*</sup> M.Sc, Carlos García-Alzate<sup>1</sup> Ph.D,  
Kelly Rodelo-Soto<sup>1</sup> M.Sc, Luis Gutiérrez-Moreno<sup>1</sup> M.Sc.

<sup>1</sup>Universidad del Atlántico. Facultad de Ciencias Básicas. Programa Maestría en Biología. Grupo de Investigación Biodiversidad del Caribe Colombiano. Km 7 antigua vía Puerto Colombia. Barranquilla. Colombia \*Correspondencia: [acdelaparra25@gmail.com](mailto:acdelaparra25@gmail.com)

Received: April 2016; Accepted: January 2017.

#### ABSTRACT

**Objective.** The composition and structure of Fitoperifiton the middle and lower basin of the Cesar River and its relationship to the physical and chemical variables were characterized. **Materials and methods.** Sampling was conducted between February to September 2011. Samples available natural substrates (rocks, sediment and plant debris) were collected, physical and chemical variables in situ and in vivo were measured. **Results.** 110 Morphospecies classes represented in 9 and 22 orders were found, the Bacillariophyceae had the highest density with 48% (45 species), Cyanophyceae with 35% (18 species), followed by Fragilariophyceae with 7% (9 species), Chlorophyceae 2% (11 species), Euglenophyceae with 2% (5 species) and Trebouxiophyceae Coscinodiscophyceae with 4% and 1% (respectively 4 and 3 species) and finally with Ulvophyceae 0.00005% (1 species). The most representative *Anabaena* sp.1 Morphospecies (136.70 Cel/cm<sup>2</sup>), *Oscillatoria Vaucher* (129.80 Cel/cm<sup>2</sup>) and *Oscillatoria* sp.1 (90.20 Cel/cm<sup>2</sup>). an analysis of principal components (ACP) where segmentation of some sections of the Cesar River and fitoperifiton was observed to characterize the stations for their peculiarities was made excessive growth of species in areas where they are wastewater discharges high were observed organic matter such as blue-green algae. **Conclusions.** The Cyanophyceae were negatively associated with oxygen according to the ACC. It was evident that the sector Puente Salguero is characterized by high concentration of organic phosphorus, plus the Fitoperifiton the Cesar River, identified this sector as the most critical point of organic contamination of the system and its influence stations downstream.

**Keywords:** Algae, organic matter, oxygen (*Sources: UNESCO SPINES*).

#### RESUMEN

**Objetivo.** Se caracterizó la composición y estructura del Fitoperifiton de la cuenca media y baja del río Cesar y su relación con las variables físicas y químicas. **Materiales y métodos.** Los muestreos se realizaron entre febrero-septiembre de 2011. Se recolectaron muestras de sustratos naturales disponibles (rocas, sedimento y restos vegetales), se midieron variables físicas y químicas *In situ* e *In vivo*. **Resultados.** Se encontraron 110 morfoespecies representadas en 9 clases y 22 órdenes, las Bacillariophyceae presentaron la mayor densidad con un 48% (45 especies), Cyanophyceae con 35% (18 especies), seguida de Fragilariophyceae con 7% (9 especies), Chlorophyceae con 2% (11

especies), Euglenophyceae con 2% (5 especies), Coscinodiscophyceae y Trebouxiophyceae con 4% y 1% (4 y 3 especies respectivamente) y por ultimo Ulvophyceae con 0.00005% (1 especie). Las morfoespecies más representativas *Anabaena* sp.1 (136.70 Cel/cm<sup>2</sup>), *Oscillatoria vaucher* (129.80 Cel/cm<sup>2</sup>) y *Oscillatoria* sp.1 (90.20 Cel/cm<sup>2</sup>). Se realizó un análisis de Componentes Principales (ACP) donde se observó una sectorización de algunos tramos del río Cesar y del fitoperifiton, para caracterizar las estaciones por sus particularidades se observaron crecimiento excesivos de especies en zonas donde se encuentran vertimientos de aguas residuales con alto contenido de materia orgánica como las algas verde-azules. **Conclusiones.** Las Cyanophyceae se asociaron negativamente con el oxígeno según el ACC. Se evidencio que el sector de Puente Salguero es caracterizado por alta concentración de fósforo orgánico, además el Fitoperifiton del río Cesar, identifico este sector como el punto más crítico de contaminación orgánica del sistema y sus influencia estaciones río abajo.

**Palabras claves:** Algas, materia orgánica, oxígeno (*Fuente: UNESCO, SPINES*).

## INTRODUCTION

Hydrological and physical-chemical characteristics, as well as disturbances, spatial and temporal heterogeneity in rivers, define distribution, dispersion, colonization and the response of organisms to the environment (1), factors such as light, flow velocity, flow rate, weather, riparian vegetation, the direct intervention of man in extracting materials and changing the course of the river, govern the physical and morphological processes of rivers (2). Phytoplankton dynamics are also controlled by factors such as light, current velocity, as well as substrate type, chemical composition of water, herbivores and temperature; As all these factors interact with each other, it is difficult to say which is the limiting factor for their growth (3).

Phytoplankton has a better development in substrates that provide stability and with minimal current activity. Furthermore, the limiting factor in the production of this community is the type of substrate rather than light intensity or nutrients (2). These algae are among of the dominant primary producers of aquatic ecosystems and are the main source of energy that guides production at the highest trophic levels (1).

Rivers and bodies of water in general are crucial in the development of human settlements, and in order to understand how this complex system works, it is necessary to know the composition and structure of its environment. These ecosystems foster the development of aquatic communities such as phytoplankton, where species appear with varied biological strategies; Such as resistance to environmental changes and fluctuations, explosive type reproduction, short life cycles among others (4). However, in order for development to be optimal, water conditions must have the characteristics required by these communities.

## INTRODUCCION

Las características hidrológicas y fisicoquímicas, así como los disturbios, la heterogeneidad espacial y temporal en los ríos, definen la distribución, la dispersión, la colonización y la respuesta de los organismos al medio (1), factores como la Luz, velocidad de la corriente, caudal, clima, vegetación ribereña, intervención directa del hombre por extracción de materiales y modificación del curso son los que gobiernan los procesos físicos y morfológicos de los ríos (2). La dinámica del Fitoperifiton también es controlada por factores como la luz, velocidad de la corriente, además del tipo de sustrato, composición química del agua, herbívoros y temperatura; como todos estos factores interactúan entre sí es difícil afirmar cual es el factor que limita el crecimiento de ellas (3).

El Fitoperifiton se desarrolla mejor en sustratos que le ofrezcan estabilidad y donde la acción de las corrientes sea mínima. Incluso, en algunos casos el tipo de sustrato más que la intensidad lumínica o los nutrientes, es el factor limitante en la producción de esta comunidad (2). Estas algas son parte de los productores primarios dominantes de los ecosistemas acuáticos y son la principal fuente de energía que direcciona la producción en los niveles tróficos más altos (1).

Los ríos y en general los cuerpos de agua, son vitales en el desarrollo de los asentamientos humanos y para llegar a entender el funcionamiento de este sistema complejo, es necesario conocer la composición y estructura de su entorno. Estos ecosistemas propician el desarrollo comunidades acuáticas como el fitoperifiton, donde aparecen especies con variadas estrategias biológicas; como la resistencia a cambios y fluctuaciones ambientales, reproducción de tipo explosivas, ciclos de vida cortos entre otros (4). Sin embargo para que este desarrollo sea óptimo, es necesario que las condiciones del agua tengan las características necesarias para estas comunidades.

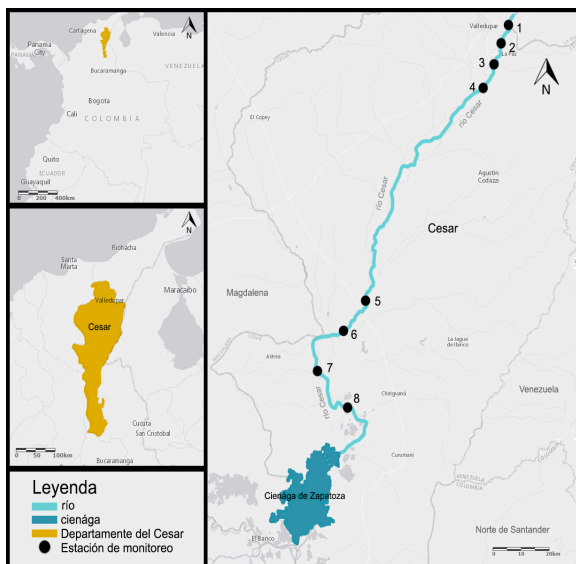
Scant protection at riverbanks which leads to tree and vegetation losses is among the main problems observed in the Cesar River, where better conditions can contribute to soil conservation; indiscriminate deforestation with no awareness of natural dynamics itakes place as an economic activity (artisanal fishing), which is a crucial resource for the inhabitants and neighboring villages. Therefore, the Ministry made a declaration of calamity regarding the Cesar iver in 2014

Therefore, it was necessary to determine phytoperifiton composition and structure in the middle and lower basins of the Caesar River and how it relates with the physical and chemical variables; thus, this study will serve as a basis for numerous studies in the areas of taxonomy, ecology and bioindication .

**MATERIALS AND METHODS**

**Area studied** The Cesar River is born in the snowy peaks of the Sierra Nevada de Santa Marta, at an altitude of approximately 1800 meters above sea level, in the Department of La Guajira, it runs for approximately 380km until it flows into the Zapatosa swamps and on to the Magdalena river. The drainage area of the basin covers about 22931km <sup>2</sup> (Figure 1).

Eight sampling stations with their respective coordinates (Table 1) were placed, covering the middle and lower basins of the Cesar River,



**Figure 1.** Map of the Cesar Department, representing the course of the Cesar River and the location of the sampling stations in the middle and low basin.

Entre las principales problemáticas que se han detectado en el río Cesar están la poca protección en las riberas del río que genera perdida de árboles y vegetación, que con mejores condiciones pueden ayudar en la conservación de suelos, deforestación indiscriminada sin información de la dinámica natural de estos, es usada como actividad económica (pesca artesanal) recurso fundamental de los habitantes y pueblos aledaños. Por consiguiente el ministerio hizo una declaración de calamidad en el 2014 para el río Cesar.

Por lo que fue necesario determinar la composición y estructura del Fitoperifiton de la cuenca media y baja del río César y su relación con las variables físicas y químicas, así este estudio servirá como base para muchas investigaciones en el ámbito taxonómico, ecológico y de bioindicación.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

**Área de estudio.** El río Cesar nace en la Sierra Nevada de Santa Marta a una altura aproximada de 1800msnm, en el departamento de La Guajira, recorre aproximadamente 380km hasta su desembocadura en la ciénaga de Zapatosa y de ahí al río Magdalena. El área de drenaje de la cuenca abarca unos 22931 km<sup>2</sup> (Figura 1).

**Table 1 .** Sampling stations coordinates.

Stations	characteristics	Coordinates	Height (masm)
<b>Middle Basin</b>			
E1	Veracruz	San Juan del Cesar Lat 10° 38' 14.2" N: Lon 73° 04' 55.4" N:	163
E2	Rio Badillo	Valledupar Cesar Lat 10° 31' 58.6" N: Lon 73° 08' 23.1" O	146
E3	Guacochito	Valledupar Cesar Lat 10° 32' 52.0" N: Lon 73° 0.7' 29.3" O	142
E4	Puente Salguero	Valledupar Cesar Lat 10° 26' 23.8" N: Lon 73° 12' 02.4" O	125
E5	Las Pitillas	San Diego Cesar Lat 10° 23' 05.4" N: Lon 73° 14' 01.7" O	112
<b>Lower Basin</b>			
E6	Puente Canoas	El Paso - Cesar Lat 10° 19' 57, 6"N: Lon 73° 14' 57, 6"O.	103
E7	Rabo Largo	La Paz - Cesar Lat 09° 48' 24,3"N : Lon 73° 37' 37,8" O	51
E8	El Paso	El Paso - Cesar Lat 09° 48' 2,785"N : Lon 73 ° 48'13.749 "W	38

with heights ranging from 163 m above sea level to 31 meters above sea level. The type of vegetation where the stations were placed were areas of cultivation, livestock grazing, where we found species in the early stages of succession in the form of shrub and herbaceous growth. The following were found among the tree species: *Crataeva tapia* (toco), *Enterolobium cyclocarpum* (carito), *Guazuma ulmifolia* (guácimo), *Cassia grandis*, *Samanea saman*, *Crescentia cujete* (totumo), *Samanea riparia* (mulatto), elements of advanced stages of succession were found in the riparian vegetation, where tree is greater and with a lower amount of sunlight reaching the soil, given the flood characteristics of some areas of the river.

#### Organism collection and identification.

Sampling was carried out between February and September 2011 during the drought and rain events on the site, samples were collected on available natural substrates (rocks, sediments and plant debris) (5), scaling with 2x2 grids was carried out randomly 10 times for a total area of 40cm<sup>2</sup>, a thin bristle brush was used to protect phytoperifiton structures, the samples were fixed with 4% formalin and lugol solution in order to prevent altering the internal or external structures of organisms (3), and were labeled with field specifications (date, time, substrate and sampling point).

The samples were taken to the Universidad del Atlántico UARC-135 Biological Collections Museum. Individual counting was carried out using the aliquot counting method, which consists in taking an aliquot with a known volume, placing it between the slide and coverslip, for which precision pipettes (Stempel, Eppendorf) were used, they were taxonomically identified through direct observation using an optical microscope (Leica, DIMIN) with a maximum magnification of 100X (6), the taxonomic keys proposed by (7-14) were used with the help of iconographic material from recognized bibliographies such as (15- 17), the taxonomic categories of TheSpecies 2000, Algbase and ITIS Catalog of Life webpages were taken into account, the qualification of individuals was achieved using the formula:

$$N^{\circ}/\text{cm}^2 = (C*TA) / (A*S*V)*(total\ area\ sampled\ in\ the\ field)$$

Where:

TA = coverslip area in mm<sup>2</sup>

TA = A = area of 1 row in mm<sup>2</sup>

C = number of organisms counted.

S = number of rows counted.

V = sample volume under coverslip

Se ubicaron 8 estaciones de muestreo con sus respectivas coordenadas (Tabla 1), abarcando la cuenca media y baja del río Cesar con alturas desde los 163msnm hasta los 38 msnm. El tipo de vegetación en las estaciones fueron zonas de cultivo, pastoreos de ganado encontramos especies de estadios tempranos de sucesión con formas de crecimiento arbustivos y herbáceas, entre las especies arbóreas se encontraron: *Crataeva tapia* (toco), *Enterolobium cyclocarpum* (carito), *Guazuma ulmifolia* (guácimo), *Cassia grandis*, *Samanea saman*, *Crescentia cujete* (totumo), *Samanea riparia* (mulato), se observó en la vegetación ribereña elementos de estadios de sucesión avanzados, donde la densidad de árboles era mayor y la cantidad de luz solar que alcanza el suelo menor, dada la características inundables de algunas zonas del río.

#### Recolecta e identificación de organismos.

Los muestreos se llevaron a cabo entre febrero-septiembre de 2011 durante los eventos de sequía y lluvia para el lugar, se recolectaron muestras en sustratos naturales disponibles (rocas, sedimentos y restos vegetales) (5), se hizo un raspado con cuadrantes de 2x2 10 veces al azar para un área total de 40cm<sup>2</sup>, se utilizó un cepillo de cerdas delgadas para proteger las estructuras del Fitoperifiton, las muestras se fijaron con formalina al 4% más solución de lugol con el fin de no alterar las estructuras internas ni externas de los organismos (3) se rotulo con las especificaciones de campo (fecha, hora, sustrato y punto de muestreo).

Las muestras fueron llevadas al Museo Colecciones Biológicas UARC-135 de la Universidad del Atlántico. El conteo de los individuos fue hecho con el método conteo en una alícuota (microtrasecto), el cual consiste en tomar una alícuota de volumen conocido, colocarla entre el portaobjeto y el cubreobjetos, para esto se utilizó pipetas de precisión (Stempel, Eppendorf), se identificaron taxonómicamente mediante observaciones directas en un microscopio óptico (Leica, DIMIN) en un aumento máximo de 100X (6), se utilizaron claves taxonómicas propuestas por (7-14) con la ayuda del material iconográfico de bibliografías reconocidas tales como (15-17), se tuvo en cuenta las categorías taxonómicas por TheSpecies 2000, Algbase y ITIS Catalogue of Life páginas de la web, la cuantificación de los individuos se obtuvo mediante la fórmula:

$$N^{\circ}/\text{cm}^2 = (C*TA) / (A*S*V)*(área\ total\ muestreada\ en\ campo)$$

Dónde:

TA= área del cubreobjeto en mm<sup>2</sup>

**Characterization of physical and chemical variables**. The following variables were measured on-site: pH, surface water temperature, conductivity, oxygen saturation percentage, dissolved oxygen, flow, Total Suspended Solids and flowrate (Table 2), water samples were collected in 250 mL plastic capable of measuring nutrients ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  and  $\text{BOD}_5$ ), which were analyzed *in vivo* in the Universidad del Atlántico laboratory, following the techniques set forth in the standard method (18).

**Table 2**. Physical and chemical variables measured at each of the sampling stations.

VARIABLE	DEVICE / BRAND / REFERENCE
PH	PH meter-WTW-3210
Temperature (° C)	PH meter - WTW -3210
Conductivity ( $\mu\text{s} / \text{cm}$ )	Conductometer -WTW-3110
Oxygen (mg /L)	Oximeter -WTW- 3205
Saturation (%)	Oximeter -WTW- -3205
SST (mg /L)	Vacuum Pump - Filter ... pores
Turbidity (NTU)	Turbidimeter - HACH-2100 Q
Nitrites ( $\mu\text{g} / \text{L}$ )	Spectrophotometer - Genesis-5
Nitrates ( $\mu\text{g} / \text{L}$ )	Spectrophotometer - Genesis-5
Nitrogen ( $\mu\text{g} / \text{L}$ )	Spectrophotometer - Genesis-5
Phosphates ( $\mu\text{g} / \text{L}$ )	Spectrophotometer - Genesis-5
DBO <sub>5</sub>	Incubation for 5 days at 25° C
Flowrate ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Flow meter

**Data analysis.** The richness and the number of species was determined by sampling, and density as the number of individuals per area. This analysis is coupled with the Shannon-Weaver (1949), Equity of Pielou (1984) and Simpson Dominance (1949) indexes. Statistical techniques were applied to establish central tendency measurements and data dispersion (descriptive statistics), which are required for characterization. The Kolmogorov-Smirnov normality test ( $N > 30$ ) was conducted, which showed that the data do not have a normal distribution ( $p = \geq 0.05$ ). The Jaccard Similarity analysis (CLUSTER) was performed to compare Phytoperiton structure on the stations. Linear regressions were performed to see the relationship and the function that best explains each of the independent variables (physical and chemical variables) with dependent phytoperiton variables (density and richness). The physical and chemical characterization used in sampling (temporal) and stations (spatial) was carried out using Principal Component Analysis (PCA). A Canonical Correspondence analysis (CCA) was conducted with the two most representative classes during the trial period (Bacillariophyceae and Cyanophyceae) to study their relationship with abiotic components. Analisis was carried out using the PAST 3.0 Statistical Software.

A= área de 1 hilera en  $\text{mm}^2$

C=el número de organismos contados.

S= número de hileras contadas.

V= volumen de la muestra bajo el cubreobjeto

**Caracterización de variables físicas y químicas.** De manera *In situ* se tomaron variables como: pH, temperatura superficial del agua, conductividad, porcentaje de saturación de oxígeno, oxígeno disuelto, caudal, Sólidos Suspendidos Totales y velocidad de la corriente (Tabla 2), se recolectaron muestras de aguas en frascos plásticos de 250 mL de capacidad para medir nutrientes ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  y  $\text{DBO}_5$ ), los cuales se les hizo un análisis de manera *In vivo*, en el laboratorio de química de la Universidad del Atlántico, siguiendo las técnicas descritas por el estándar método (18).

**Análisis de los datos.** Se determinó la riqueza como el número de especies por muestreo y densidad como el número de individuos por área. El análisis está acompañado por los índices de diversidad de Shannon-Weaver (1949), Equidad de Pielou (1984) y dominancia de Simpson (1949). Se aplicaron técnicas estadísticas para determinar medidas de tendencia central y de dispersión de datos (estadísticas descriptivas), que se requieren para la caracterización de los mismos. Se realizó el test de normalidad Kolmogorov-Smirnov ( $N > 30$ ), lo cual nos arrojó que los datos poseen una distribución no normal ( $p = \geq 0.05$ ). Se hizo el análisis de Similitud de Jaccard (CLUSTER) para hacer comparaciones de la estructura del Fitoperifiton para la estaciones. Para ver la relación y función que mejor explica cada una de las variables independientes (variables físicas y químicas) con las variables dependientes (densidad y riqueza) del Fitoperifiton se hicieron regresiones lineales. La caracterización física y química de los muestreos (temporal) y estaciones (espacial) se realizó a través de un análisis de componentes principales (ACP). Se realizó un análisis de correspondencia canónica (ACC) con las dos clases más representativas durante el periodo de estudio (Bacillariophyceae y Cyanophyceae) para ver su relación con los componentes abióticos. Los análisis se realizaron con el Software estadístico de PAST 3.0.

## RESULTADOS

**Variables biológicas.** Se determinó 110 especies, una densidad total de 1911.70 Cel/ $\text{cm}^2$ , las especies de Bacillariophyceae fueron las más representativas con 48% (913.40 Cel/ $\text{cm}^2$ ), le siguen Cyanophyceae con 35% (663.40 Cel/ $\text{cm}^2$ ), Fragilariophyceae con 7% (128.80 Cel/ $\text{cm}^2$ ), Zygnemaphyceae con 4% (78.80 Cel/ $\text{cm}^2$ ).

## RESULTS

**Biological variables.** It was established that among 110 species, with a total density of 1911.70 Cel/cm<sup>2</sup>, the Bacillariophyceae species was the most representative at 48% (913.40 Cel/cm<sup>2</sup>), followed Cyanophyceae with 35% (663.40 Cel/cm<sup>2</sup>), Fragilariophyceae with 7% (128.80 Cel/cm<sup>2</sup>), Zygnemaphyceae with 4% (78.80 Cel/cm<sup>2</sup>), Euglenophyceae and Chlorophyceae with 2% (39.60 and 30.30 Cel/cm<sup>2</sup>), Trebouxiophyceae, Coscinodiscophyceae with 1% (29.90 and 27.40 Cel/cm<sup>2</sup> respectively) and lastly Ulvophyceae with 0.00005% (0.10 Cel/cm<sup>2</sup>). The greatest richness was observed in Bacillariophyceae with 45 species, followed by Cyanophyceae with 18 species, Zygnemaphyceae with 14 species, Chlorophyceae with 11 species, Fragilariophyceae with 9 species, Coscinodiscophyceae, Trebouxiophyceae with 4 and 3 species, respectively, and with just one Ulvophyceae species the (Table 3).

The spatial and temporal distribution of Phytoperifiton richness showed that the Badillo station (E2) registered a greater number of species (59) in August, and the Rabo Largo (E7)

cm<sup>2</sup>), Euglenophyceae y Chlorophyceae con 2% (39.60 y 30.30 Cel/cm<sup>2</sup>), Trebouxiophyceae, Coscinodiscophyceae con 1% (29.90 y 27.40 Cel/cm<sup>2</sup> respectivamente) y por ultimo las Ulvophyceae con 0.00005% (0.10 Cel/cm<sup>2</sup>). La mayor riqueza fue observada en las Bacillariophyceae con 45 especies, seguida de las Cyanophyceae con 18 especies, las Zygnemaphyceae con 14 especies, las Chlorophyceae con 11 especies, las Fragilariophyceae con 9 especies, las Coscinodiscophyceae, Trebouxiophyceae con 4 y 3 especies, respectivamente y con una sola especie las Ulvophyceae (Tabla 3).

La distribución espacial y temporal de la riqueza del Fitoperifiton mostro que la estación de Badillo (E2) en agosto, registró un mayor número de especie (59) y la estación con menor número de especies fue Rabo Largo (E7) con 13. Entre los géneros con mayor número de especies se encontraron *Navicula* y *Nitzschia* (9 especies cada una), *Cosmarium* (7 especies), *Oscillatoria* y *Fragilaria* (6 especies cada uno). Las mayores densidades se reportaron en julio y agosto, se observó el dominio de las Bacillariophyceae, las especies más abundantes fueron *Pinnularia*

**Table 3 .** Density and richness of the phytoperifiton present in the Cesar River.

Clase	Orden	Taxas	Abre.	Cél/cm <sup>2</sup>	
Cyanophyceae	Oscillatoriales	<i>Oscillatoria</i> sp.1 ex Gomont, 1892	Osp1	90,20	
		<i>Oscillatoria amphibia</i> C.Agardh ex Gomont, 1892	OA	7,30	
		<i>Oscillatoria tenuisiana</i> ex Gomont, 1982	OT	38,80	
		<i>Oscillatoria tenuis</i> C.Agardh ex Gomont, 1892	Ote	11,20	
		<i>Oscillatoria geminata</i> Schwabe ex Gomont, 1892	OG	0,20	
		<i>Oscillatoria vaucher</i> ex Gomont, 1892	OV	129,80	
		<i>Phormidium</i> sp.1 Kutzing ex Gomont, 1892	Psp1	62,40	
		<i>Spirulina</i> sp Turpin ex Gomont, 1892	Ssp1	9,20	
		<i>Lyngbya</i> sp.1 C.Agardh ex Gomont, 1892	Lsp1	1,00	
	Nostocales	<i>Anabaena</i> sp.1 Bory ex Bornet & Flahault, 1886	Asp1	136,70	
		<i>Rivularia</i> sp.1 C.Agardh Bornet & Flahault, 1886	Rsp1	5,20	
		<i>Nostoc commune</i> ex Bornet & Flahault, 1886	Nco	6,40	
		<i>Nostoc verrucosum</i> ex Bornet & Flahault, 1886	NV	1,80	
		<i>Raphidiopsis</i> sp.1 F.E. Fristsch & F. Rich, 1929	Rsp1	1,60	
		<i>Microcystis</i> sp.1 Lemmermann, 1907	Msp1	12,90	
		Chroococcales	<i>Microcystis aeruginosa</i> (Kützing) Kützing, 1846	MA	22,50
			<i>Chroococcus</i> sp.1 Nägeli, 1849	Csp1	89,20
			Synechococcales	<i>Merismopedia elegans</i> A.Braun ex Kützing, 1849	ME
Oedogoniales	<i>Oedogonium</i> sp Link ex Hirn, 1900	Osp		1,20	
Chlorophyceae	Sphaeropleales	<i>Schroederia setigera</i> (Schröder) Lemmermann, 1898	SS	1,00	
		<i>Scenedesmus</i> sp.1 Meyen, 1829	Scsp1	0,20	
		<i>Scenedesmus quadricauda</i> Chodat, 1926	SQ	9,00	
		<i>Scenedesmus acuminatus</i> (Lagerheim) Chodat, 1902	SA	0,10	
		<i>Scenedesmus acutus</i> Meyen, 1829	Sac	0,10	
		<i>Pediastrum</i> sp.1 Meyen, 1829	Psp1	2,30	
		<i>Pediastrum integrum</i> Nägeli, 1849	PI	0,40	
		<i>Coelastrum</i> sp.1 Nägeli, 1849	Csp1	1,00	
		<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs, 1848	AF	10,70	
		<i>Tetraëdron</i> sp.1 Kützing, 1845	Tsp1	4,30	
		<i>Ulothrix</i> sp.1 Kützing, 1833	Usp1	0,10	
Ulvophyceae	Ulotrichales	<i>Crucigenia</i> sp.1 Morren, 1830	Crsp1	0,30	
		Trebouxiophyceae	Chlorellales	<i>Chlorella</i> sp.1 Beijerinck, 1890	Chsp1
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat, 1897	OL			16,20	
<i>Phacus</i> sp.1 Dujardin, 1841	Pasp1			3,40	
Euglenophyceae	Euglenales	<i>Trachelomonas</i> sp.1 Ehrenberg, 1835	Tsp1	13,80	
		<i>Trachelomonas</i> sp.2 Ehrenberg, 1835	Tsp2	9,00	
		<i>Euglena acus</i> (O.F.Müller) Ehrenberg, 1830	EA	5,70	
		<i>Euglena</i> sp.2 Ehrenberg, 1830	Esp2	7,70	

		<i>Navicula</i> sp.1 Bory, 1822	Nsp1	68,80
		<i>Navicula</i> sp.2 Bory, 1822	Nsp2	59,80
		<i>Navicula</i> sp.3 Bory, 1822	NG	1,20
		<i>Navicula gracilis</i> Ehrenberg, 1842	NP	24,30
		<i>Navicula platalea</i> Ehrenberg, 1842	NR	98,50
		<i>Navicula radiosa</i> Kützing, 1844	NL	2,80
		<i>Navicula lineolata</i> Ehrenberg, 1843	NC	1,00
		<i>Navicula cuspidata</i> (Kützing) Kützing, 1844	NN	1,20
		<i>Navicula pupula</i> Kützing, 1844	NP	0,20
		<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehr.)Cleve, 1841	PM	5,60
	Naviculales	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg, 1843	PV	60,80
		<i>Pinnularia cardinalicus</i> Cleve, ND	PC	49,30
		<i>Pinnularia flexuosa</i> Cleve, 1895	PS	40,50
		<i>Pinnularia nobilis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1843	PN	2,00
		<i>Pleurosigma angulatum</i> var. <i>minutum</i> (Grunow) McCall, 1933	PA	13,40
		<i>Gyrosigma</i> sp.1 Hassall, 1845	Gsp1	18,80
		<i>Gyrosigma</i> sp.2 Hassall, 1845	GB	2,00
		<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve, 1891	DO	0,80
		<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg, 1843	SA	86,40
		<i>Neidium iridis</i> (Ehrenberg) Cleve, 1894	NI	18,30
		<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfizer, 1871	NA	7,00
		<i>Cymbella turgida</i> var. <i>pseudogracilis</i> Cholnoky, 1958	CT	20,70
Bacillariophyceae		<i>Cymbella gracilis</i> (Ehr.) Kützing, 1844	CG	1,20
	Cymbellales	<i>Gomphonema affine</i> Kützing, 1844	GA	0,20
		<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg, 1838	GG	23,20
		<i>Anomoeoneis</i> sp Pfitzer, 1871	Asp	0,60
		<i>Rhoicosphenia curvata</i> (Kützing) Grunow, 1860		10,70
		<i>Surirella striatula</i> Turpin, 1828	ST	3,30
	Surirellales	<i>Surirella nervosa</i> (A.Schmidt) A.Mayer, 1913	SN	16,90
		<i>Surirella elegans</i> Ehrenberg, 1843	SE	12,40
		<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W.Smith, 1851	CyS	3,70
	Thalassiosiphysales	<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing, 1844	AO	9,30
		<i>Amphora</i> sp.1 Ehrenberg ex Kützing, 1844	Amsp1	0,90
		<i>Nitzschia linearis</i> W. Smith, 1853	NTL	20,70
		<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst, 1860	NTD	75,80
		<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W.Smith, 1853	NTS	11,60
	Bacillariales	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith, 1853	NTA	28,50
		<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W.Smith, 1856	NTP	11,80
		<i>Nitzschia obtusa</i> W.Smith, 1853	NTO	45,40
		<i>Nitzschia valens</i> (Ehrenberg) Ralfs in Pritchard, 1861	NTV	31,20
		<i>Nitzschia lanceolata</i> W.Smith, 1853	NTL	2,00
		<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow, 1862	NTAm	10,20
	Eunotiales	<i>Eunotia</i> sp.1 Ehrenberg, 1837	Esp1	1,30
	Achnanthes	<i>Cocconeis</i> sp.1 Ehrenberg, 1836	Ccsp1	8,10
		<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg, 1838	CP	1,00
	Melosirales	<i>Melosira italica</i> (Ehrenberg) Kützing, 1844	MI	0,20
		<i>Melosira varians</i> C.Agardh, 1827	MV	15,80
Coscinodiscophyceae	Thalassiosirales	<i>Cyclotella</i> sp.1 (Kützing) Brébisson, 1838	Csp1	7,10
		<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing, 1844	CM	4,30
	Tabellariales	<i>Tabellaria</i> sp.1 Ehrenberg, ex Kützing, 1844	Tsp1	7,10
		<i>Synedra ulna</i> var. <i>aequalis</i> (Kützing) Brun, 1880	SU	21,30
		<i>Synedra gaillonii</i> (Bory) Ehrenberg, 1830	SG	7,70
		<i>Fragilaria lapuciana</i> Lyngbye, 1819	FL	39,50
Fragilariophyceae	Fragilariales	<i>Fragilaria</i> sp.1 Lyngbye, 1819	Fly	16,30
		<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton, 1869	FC	25,40
		<i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow, 1862	Fco	10,70
		<i>Fragilaria pinnata</i> Ehrenberg, 1843	FP	0,70
		<i>Fragilaria striatula</i> Lyngbye, 1819	FS	0,10
		<i>Netrium</i> sp.1 (Nägeli) Itzigsohn & Rothe, 1856	Nsp1	14,60
	Zygnematales	<i>Spirogyra</i> sp.1 Link, 1820	Spsp1	1,90
		<i>Cylindrocystis</i> sp.1 Meneghini ex De Bary, 1858	Cysp1	18,70
		<i>Cosmarium contractum</i> O.Kirchner, 1878	CC	4,60
		<i>Cosmarium</i> sp.1 Corda ex Ralfs, 1848	Cosp1	0,40
		<i>Cosmarium notabile</i> Brébisson, 1856	CN	0,20
		<i>Cosmarium hornavanense</i> Gutwinski, 1909	CH	0,20
Zygnemaphyceae	Desmidiiales	<i>Cosmarium subtumidum</i> Nordstedt in Wittrock, Nordsted & Lagerheim, 1878	CS	0,10
		<i>Cosmarium quadrifarium</i> P.Lundell, 1871	CQ	0,10
		<i>Cosmarium</i> sp.2 Corda ex Ralfs, 1848	CR	0,20
		<i>Closterium angustatum</i> Kützing ex Ralfs, 1848	CA	1,40
		<i>Closterium</i> sp.1 Nitzsch ex Ralfs, 1848	Cisp1	21,20
		<i>Closterium diana</i> Ehrenberg ex Ralfs, 1848	CD	15,10
		<i>Closterium lineolatum</i> Ehrenberg, ND	CL	0,10
<b>Total</b>	<b>22</b>			<b>1911,70</b>

station had the lowest number of species, which was 13. *Navicula* and *Nitzschia* (9 species each), *Cosmarium* (7 species), *Oscillatoria* and *Fragilaria* (6 species each) were among the genera that had the highest number of species. The highest densities were reported in July and August, the dominance of the Bacillariophyceae species was observed, and the most abundant species were *Pinnularia viridis*, *Navicula* sp.1, *Navicula* sp.2, *Nitzschia dissipata*, *Navicula platalea* and *Stauroneis anceps*.

The *Cosmarium*, *Scenedesmus* and *Pediastrum* Chlorophyceae genera were the ones that contributed to phytoplankton density. Although Cyanophyceae did not have a high density, they are part of the composition of this community, the most representative genera were *Oscillatoria*, *Nostoc* and *Mycrocystis*. The lowest densities were seen in April presented when compared to other sampling months. The highest diversity was found in the Rabo Largo station (E7) in the month of February ( $H' = 3.64$ ) and the lowest value was recorded at the Puente Canoas station in August ( $H' = 1.13$ ). Dominance showed low values at all sites ( $D = 0.031$ ).

The Jaccard similarity index, considering an arbitrary value with a similarity of over 76%, showed that the final sector of the middle area (Guachito-E3) and the beginning of the lower area (Puente Salguero-E4, Las Pitillas -E5 and Rabo Largo-E7) are a conglomerate (Figure 2), this result is associated with the hydraulic characteristics of these sites; however, the Las Pitillas (E5) and Rabo Largo (E7) stations were more closely related and had a greater degree of similarity. This situation coincides with the use of the resource that is present in this sector, where the affected downstream stations with the largest wastewater discharge volumes, corresponding to the sewage system of the city of Valledupar, at the station located in Salguero Bridge, this may be corroborated with

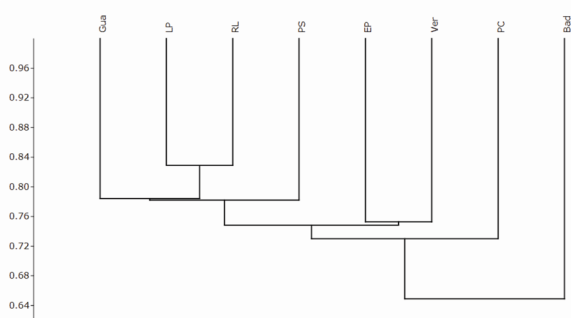
*viridis*, *Navicula* sp.1, *Navicula* sp.2, *Nitzschia dissipata*, *Navicula platalea* y *Stauroneis anceps*.

Los géneros de las Chlorophyceae que contribuyeron a la densidad del Fitoperifiton fueron *Cosmarium*, *Scenedesmus* y *Pediastrum*. Las Cyanophyceae aunque no presentaron una gran densidad, hacen parte de la composición de esta comunidad los géneros más representativos fueron *Oscillatoria*, *Nostoc* y *Mycrocystis*. En abril se presentó las más bajas densidades en comparación con los demás meses de muestreo. La mayor diversidad se encontró en la estación Rabo Largo (E7) en el mes de febrero ( $H' = 3.64$ ) y el menor valor fue registrado en la estación Puente Canoas en el mes de agosto ( $H' = 1.13$ ). La dominancia presentó valores bajos en todos los sitios ( $D = 0.031$ ).

El índice de similitud de Jaccard, considerando un valor arbitrario superior al 76% de similitud, se pudo observar que el sector final de la zona media (Guachito-E3) y la parte inicial de la zona baja (Puente Salguero-E4, Las Pitillas-E5 y Rabo Largo-E7) se muestran como un conglomerado (Figura 2), este resultado se asocia con las características hidráulicas de estos sitios, sin embargo existe una relación más cercana entre Las Pitillas (E5) y Rabo Largo (E7) estaciones con mayor similitud. Esta situación coincide con el uso del recurso que se refleja en este sector, siendo las estaciones afectadas aguas abajo del mayor volúmenes de vertimientos de aguas residuales, que corresponde al alcantarillado de la ciudad de Valledupar en la estación ubicada en Puente Salguero, esto se corroborar con las variables físicas y químicas del agua y las condiciones hidrológicas medidas.

**Variables físicas y químicas.** El área de estudio presentó una temperatura superficial entre 25.5 a 31.7°C, El pH fue neutro propio de un sistema tropical, y se correlacionó positivamente con la abundancia ( $r = 0.41$ ;  $p \geq 0.05$ ), el oxígeno presentó diferencias significativas entre los meses febrero-abril ( $p \geq 0.05$ ) y junio-agosto ( $p \geq 0.05$ ). En febrero se reportaron los valores máximos de oxígeno (8.3 mg/L; CV=41.1) en la estación Badillo (E2) y los valores mínimos (1.3mg/L; CV=41.1) en la estación Las Pitillas (E5). El porcentaje de saturación de oxígeno no presentó diferencias significativas entre los meses de muestreos, el oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación de oxígeno se correlacionaron negativamente con la  $DBO_5$ , ( $r = -0.3549$ ;  $p \geq 0.05$  y  $r = -0.3764$ ;  $p \geq 0.05$  respectivamente). La conductividad presentó diferencias significativas temporalmente ( $p \geq 0.05$ ) y espacialmente ( $p \geq 0.05$ ).

**Figure 2.** Station Jaccard Similarity Dendrogram Gua=Guacochito; LP= Las Pitillas; RL=Rabo Largo; EP=El Paso; Ver=Veracruz; PC=Puente Canoas y Bad=Badillo.





the physical and chemical water variables and the hydrological conditions measured.

**Characterization of physical and chemical variables**. The study area had a surface temperature of 25.5 to 31.7°C, the pH was neutral as can be expected from a tropical system, and had a positive correlation with abundance ( $r=0.41$ ;  $p \geq 0.05$ ), oxygen showed significant differences between the months of February-April ( $p \geq 0.05$ ) and June-August ( $p \geq 0.05$ ). The maximum oxygen values (8.3 mg / L; CV = 41.1) were reported in February at the Badillo station (E2) and minimum values (1.3 mg/L; CV=41.1) were reported at Las Pitillas station (E5). The oxygen saturation percentage did not show significant differences between sampling months, the dissolved oxygen and oxygen saturation percentages had a negative correlation with BOD<sub>5</sub>, ( $r=-0.3549$ ;  $p \geq 0.05$  and  $r=-0.3764$ ;  $p \geq 0.05$  respectively). Conductivity showed significant temporary ( $p \geq 0.05$ ) and spatial ( $p \geq 0.05$ ) differences.

**On nutrients**. Total Suspended Solids showed significant differences between samples and stations ( $p \geq 0.05$ ), the highest values were recorded in the month of April during the low rainfall season, turbidity showed significant differences between months and seasons ( $p \geq 0.05$ ). The maximum Biochemical Demand values of Oxygen were reported at the Puente Salguero station in February and April (60 mg/L;

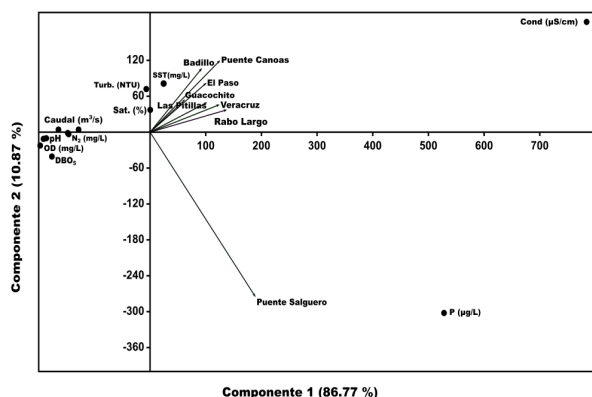
CV=128.4). Nitrates reached their highest levels in February at the Puente Salguero station (723.44 mg.l-1), as nitrites in the month of April (44.13 mg.l-1). The maximum phosphates value was reported at the Puente Salguero station in February (756.21 mg.l -1), the hydrological variable (flow) showed significant differences in the months of February and August ( $p \geq 0.05$ ) and maximum values were observed in stations placed at the lower segment.

The CPA (Figure 3), shows a sectorization of some stations at the Cesar River, which records a group of variables associated with these sites such as turbidity, Total Suspended Solids and oxygen saturation percentage. Salguero Bridge (E4) was seen as a completely different station characterized only by organic phosphorus concentrations (where the the Star Salguero discharge is located), which were used as indicator of spill contamination caused by the effect of wastewater inflow with high organic material content.

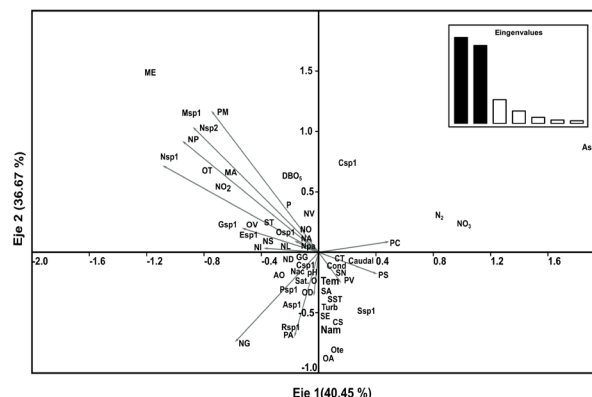
**Con respecto a los nutrientes**. Los Sólidos Suspendidos Totales presentaron diferencias significativas entre muestreos y estaciones ( $p \geq 0.05$ ), los valores más altos se registraron en el mes de abril que corresponde a la época de bajas precipitaciones, la turbidez presentó diferencias significativas entre meses y estaciones ( $p \geq 0.05$ ). Los valores máximos para la Demanda Bioquímica de Oxígeno se reportan en la estación Puente Salguero en el mes de febrero y abril (60 mg/L; CV=128.4). Los nitratos alcanzaron su máximo valor en el mes de febrero en la estación Puente Salguero (723.44 mg.l-1) de igual forma los nitritos en el mes de abril (44.13 mg.l-1), El máximo valor de fosfatos se reportó en el mes de febrero en la estación Puente Salguero (756.21 mg.l-1), la variable hidrológica (caudal) presentó diferencias significativas en el mes de febrero y agosto ( $p \geq 0.05$ ) y sus valores máximos se observaron en las estaciones del tramo bajo.

El ACP (Figura 3), mostró una sectorización de algunas de las estaciones del río Cesar, registrando un grupo de variables asociadas con estos sitios como: turbidez, Sólidos Suspendidos Totales y porcentaje de saturación de oxígeno. Se observó a Puente Salguero (E4) como una estación completamente diferente caracterizada solo por las concentraciones de fósforo orgánico (estación donde se encuentra el vertimiento del Star Salguero), utilizado como indicador de contaminación por vertimientos efecto del ingreso de aguas residuales con altos contenidos de materia orgánica.

En el análisis de Correspondencia Canónica (Figura 4), se observó el comportamiento de las variables físicas y químicas con las biológicas, si estas influyeron para el desarrollo y crecimientos del Fitoperifiton. Se hizo un análisis para los dos grupos más representativos como: Cyanophyceae y Bacillariophyceae. Las Cyanophytas se asociaron negativamente con el oxígeno y porcentaje de saturación de oxígeno en general. En la estación de Puente Salguero el variables fósforo orgánico y el nitrógeno son las condiciones destacables en este sitio, en Las Pitillas (E5) se observó que el nitrito (NO<sub>2</sub> -N) y nitrato (NO<sub>3</sub> -N), son los factores destacables de esta estación, de menor manera el caudal y la conductividad, también se observan las algas más representativas del sitio. En relación a Badillo, el pH tiene los valores más altos (básicos), los Sólidos Suspendidos Totales y la turbidez son las variables definitorias para este sitio.



**Figure 3.** Principal component analysis of the physical and chemical variables at the sampling stations.



**Figure 4.** Canonical Correspondence Analysis of the Cyanophyceae and Bacillariophyceae with the physicochemical variables of the Cesar River. OD and SST in mg / L.  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{N}_2$  and P in  $\mu\text{g}$  / L. Tem in  $^{\circ}\text{C}$ . Sat. O in%. Cond in  $\mu\text{S}$  / cm. Turb in NTU and flow in  $\text{m}^3/\text{s}$ . Abbreviation of the species see Table 3.

In the Canonical Correspondence (Figure 4) analysis, the way physical and chemical variables behave with biological variables was observed, and whether they influenced Phytoperifiton development and growth. The two most representative groups were analyzed, namely: Cyanophyceae and Bacillariophyceae. Cyanophytes were negatively associated with oxygen and overall oxygen saturation percentage. At the Puente Salguero station, the organic phosphorus and nitrogen variables are the notable conditions at the site; at Las Pitillas (E5), it was observed that nitrite ( $\text{NO}_2$ -N) and nitrate ( $\text{NO}_3$ -N) are the notable factors of this station, as are lower flow and conductivity at a lesser degree, the most representative algae of the site were also observed. As for Badillo, it has the highest pH values(basic), Total Suspended Solids and turbidity are the defining variables of this site.

## DISCUSSION

Various physical and chemical conditions influence Phytoperifiton structure. when this community is studied in fluctuating (lotic) systems, it is difficult to find the factors that regulate it. The total density was positively correlated with pH and conductivity and negatively correlated with Total Suspended Solids. Nutrients ( $\text{NO}_3$ -N,  $\text{NO}_2$ -N and P) were positively related to abundance and were more available, as were carbonates and bicarbonates, which are the carbon dioxide source source in the water. Rivers are oligotrophic when they are born, but their conductivity and ion concentration increase progressively as they reach the valleys due

## DISCUSIÓN

En la estructura del Fitoperifiton influyen diversas condiciones físicas y químicas que están relacionadas, cuando se estudia esta comunidad en sistemas fluctuantes (lóticos), es difícil encontrar los factores que la regulan (19). La densidad total se correlacionó positivamente con el pH, conductividad y negativamente con Sólidos Suspendedos Totales. Los nutrientes ( $\text{NO}_3$ -N,  $\text{NO}_2$ -N y P), estuvieron relacionados positivamente con la abundancia y están más disponibles al igual que los carbonatos y bicarbonatos que son fuente de dióxido de carbono en el agua. Los ríos son oligotróficos en su nacimiento, pero su conductividad y su concentración de iones aumentan progresivamente a medida que llegan a los valles, por efectos de erosión del cauce, el arrastre de sedimentos y escorrentía provocada por lluvias, los valores máximos de conductividad se encontraron en el mes de agosto donde hubo precipitaciones, en muchos ríos neotropicales estos valores aumentan drásticamente, por la actividad agrícola, la contaminación de origen industrial y doméstico (3).

Los mayores registros de temperaturas se asocian o favorecieron el crecimiento de las Chlorophyceae y Cyanophyceae, debido a que estas afectan al metabolismo fotosintético, con una mayor densidad de células. Las algas verdes (Chlorophyceae) crecen entre  $15^{\circ}\text{C}$  y  $30^{\circ}\text{C}$  y las Cyanophyceae a  $30^{\circ}\text{C}$  (20).

to channel erosion, sediment trailing and rainfall runoff, maximum conductivity values were found in the month of August where precipitation was present; in many neotropical rivers, these values increase drastically due to agricultural activity and pollution arising from industrial and domestic activities (3).

The highest temperature records were associated with or favored the growth of Chlorophyceae and Cyanophyceae, due to the fact that they have an impact on the photosynthetic metabolism, with a higher cells density. Green algae (Chlorophyceae) grow between 15°C and 30°C, and the Cyanophyceae algae at 30°C (20).

During the trial, diatoms represented a high percentage (41%) of phytoplankton, due to their ability to develop in benthic habitats; this medium has a variety of microhabitats available for colonization, in addition to the physical and chemical variables that define the type of organisms that grow on the substrate (21). According to this, two growth strategies were defined, the first consists of small unicellular diatoms adhered to a prostrate substrate which provided greater water flow resistance and flow variations (22); and in the second strategy, species of larger sizes with peduncles or basal adhesion structures found in areas with weaker currents were involved.

The most abundant species at the highest flow rate were *Anabaena* sp.1, *Oscillatoria vaucher*, *Phormidium* sp.1, *Chroococcus* sp.1, *Navicula platalea* and *Oscillatoria* sp.1, and *Oscillatoria vaucher*, *Oscillatoria* sp.1, *Navicula* sp.1 and *Navicula platalea* in the dry season. These are species that morphologically develop structures that help them endure the changes that take place in the system. The *Anabaena* sp.1 species is known for its proliferation in polluted waters, and had the highest density in the entire study at 136.70 Cel/cm<sup>2</sup>, which was peculiarly recorded at Las Pitillas (E5), a site with a heavy wastewater influence from the neighboring population and located downstream of Puente Salguero, which suggests a plume effect caused by discharges from the sewage system of the city of Valledupar, which does not achieve degradation in its course.

Species density had a positive correlation with conductivity, and therefore high densities were observed in the first stations and during August; however, substrate washing caused by excess flow kept the community in its primary development stages. Thus, species with morphological adaptations such as elongated forms and the presence of raphe have a greater substrate adhesion, as is the case with some Bacillariophyceae and Cyanophyceae (22).

Durante el estudio las diatomeas constituyeron un buen porcentaje de riqueza (41%) del Fitoperifiton, debido a la capacidad que tienen para desarrollarse en hábitats bentónicos; este medio ofrece una variedad de microhábitats disponibles para su colonización, junto con las variables físicas y químicas, que definen el tipo de organismos que crecen en el sustrato (21). De acuerdo a esto, se definen dos estrategias de crecimiento, el primero consiste en pequeñas diatomeas unicelulares adheridas a un sustrato en una forma postrada ofreciendo una mayor resistencia al flujo del agua y a las variaciones en el caudal (22) y la segunda estrategia incluyen especies de mayor tamaño que poseen pedúnculos o estructuras basales de adhesión encontradas en zonas de menores corrientes.

Las especies más abundantes en época de mayor caudal fueron *Anabaena* sp.1, *Oscillatoria vaucher*, *Phormidium* sp.1, *Chroococcus* sp.1, *Navicula platalea* y *Oscillatoria* sp.1 y en época seca *Oscillatoria vaucher*, *Oscillatoria* sp.1, *Navicula* sp.1 y *Navicula platalea*. Especies que morfológicamente desarrollan estructuras que las ayudan a mantenerse durante los cambios que se dan en el sistema. La especie reconocida por su proliferación en aguas contaminadas, es *Anabaena* sp.1 la cual presentó la mayor densidad en todo el trabajo con 136.70 Cel/cm<sup>2</sup>, esta fue registrada de forma particular en Las Pitillas (E5), sitio que está fuertemente influenciado por aguas residuales de población aledaña y queda aguas abajo de Puente Salguero, lo que sugiere un efecto de la pluma de los vertimientos del alcantarillado de la ciudad de Valledupar, que no logra la degradación en su recorrido.

La densidad de especies se correlacionó positivamente con la conductividad, por esto se observan altas densidades en las primeras estaciones y en el mes de agosto, sin embargo, durante esta época el lavado de los sustratos por el exceso de flujo mantiene la comunidad en etapas primarias de desarrollo, por esta razón especies que poseen adaptaciones morfológicas tales como formas alargadas y presencia de rafe les permite más la adhesión al sustrato como algunas Bacillariophyceae y Cyanophyceae (22).

Los géneros como *Anabaena* sp.1; *Euglena acus*, *Trachelomonas* y *Phacus* sp.1; *Melosira varians* son indicadoras de aguas ricas en materia orgánica, estos organismos estuvieron distribuidos ampliamente en las estaciones de muestreo, sin embargo, se reportaron altas densidades en las estaciones de Puente Salguero, Las Pitillas y El Paso. Las especies *Cymbella gracilis*, *Nitzschia palea*, *Surirella*

Genres such as *Anabaena* sp.1; *Euglena acus*, *Trachelomonas* and *Phacus* sp.1; *Melosira varians* are indicative of water with rich organic matter contents, these organisms were widely distributed throughout the sampling stations; however, high densities were reported at the Puente Salguero, Las Pitillas and El Paso stations. The species *Cymbella gracilis*, *Nitzschia palea*, *Surirella elegans* and *Pinnularia viridis* are characteristic of clean water with a low organic matter content (23), these species were found to be more abundant at the Badillo station, in the area where the Badillo River crosses the Cesar River.

### Acknowledgements

To COORPOCESAR (Regional Autonomous Corporation of Cesar) for financing the project under Agreement No. 19-6-0094-0-2010 dated September 23, 2010, under the project: Characterization and Environmental Impacts of Discharges in sections of the middle and lower basins of the Cesar River, Valledupar. To the Universidad del Atlántico Biology Program and the Colombian Caribbean Biodiversity research group.

*elegans* y *Pinnularia viridis* son características de aguas limpias y con un bajo contenido de materia orgánica (23), estas especies se observaron en mayores abundancias en la estación de Badillo, zona de intercepción del río Badillo con el río César.

### Agradecimientos

A COORPOCESAR (Corporación Autónoma regional del Cesar) por el financiamiento del proyecto en el marco del contrato N° 19-6-0094-0-2010 del 23 de septiembre del 2010 con el proyecto: Caracterización e impactos ambientales por vertimientos en tramos de la cuenca media y baja del río Cesar, Valledupar. Al programa de Biología de la Universidad del Atlántico y al grupo de Investigación Biodiversidad del Caribe colombiano.

### REFERENCES

- Rivera-Rondón CA, Zapata AM, Pérez D, Morales Y, Ovalle H, Álvarez JP. Caracterización limnológica de humedales de la planicie de inundación del río Orinoco (Orinoquía, Colombia). *Acta Biol Colomb* 2010; 15(1):145-166.
- Donato J. (ed.) *Ecología de un río de montaña de los Andes Colombianos (río Tota, Boyacá)*. Bogotá D.C: Universidad Nacional de Colombia; 2008.
- Roldán G, Ramírez J. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Segunda Edición. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia; 2008.
- Bustamente-Toro CA, Dávila-Mejía CA, Ortíz-Díaz JF. Composición y abundancia de la comunidad fitoperifiton en el Río Quindío. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío* 2008; 18:15-21. .
- Dodds WK. Eutrophication and trophic state in rivers and streams. *Limnol Oceanogr* 2006; 51(1, part 2):671-680.
- Moresco C, Rodrigues L. Structure and dynamics of the periphytic algae community of Iraí reservoir, Paraná State, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 2010; 32(1):23-30.
- Oliveira-Filho EC, Da-Matta AC, Cabral LL, Veiga LF, Paumgarten FJR. Comparison between four and seven-day *Ceriodaphnia dubia* survival and reproduction test protocols using oil refinery effluent samples. *Braz Arch Biol Techn* 2008; 51:137-142.
- Krammer K, Lange-Bertalot H. 'Bacillariophyceae', in *Suswasserflora von Mitteleuropa*. Band 2: Teil 2, Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae: 2008.
- Krammer K, Lange-Bertalot H. 'Bacillariophyceae', in *Suswasserflora von Mitteleuropa*. Band 2: Teil 4 Achnanthaceae, Navicula s. Str., Gomphonema: 2004.
- Lange-Bertalot H, Genkal SI. *Diatomeen aus Sibirien I. Inseln im Arktischen Ozean (Yugorsky-Shar Strait)*. Königstein, Germany: Distributed by Koeltz Scientific Books; 1999.

11. Bicudo CEM, Menezes M. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. 2. ed. São Carlos, Brasil: Rima; 2006.
12. Zapata AM, Donato JC. Cambios diarios de las algas perifíticas y su relación con la velocidad de corriente en un río tropical de montaña (río Tota -Colombia). *Limnetica* 2005; 24(1-2):327-338.
13. Lange-Bertalot H. *Navicula sensu stricto 10 genera separated from Navicula sensu lato - Frustulia*. *Diatoms of Europe*. 2: 1-526. Gantner Verlag, Ruggell. 2001.
14. Krammer, K. *Cymbella*. *Diatoms of Europe*. 3: 1-584. Gantner Verlag, Ruggell. 2002.
15. Dunck B, Majewski V, Vinicius M, Rodrigues L. Functional diversity and trait-environment relationships of periphytic algae in subtropical floodplain lakes. *Ecological Indicators* 2016; 67:257-266.
16. Komarek J, Anagnostidis K. *Cyanoprokaryota 2. Teil/2nd Part: Oscillatoriales*. En: Budel B. et al (eds.). *SuBwasserflora von Mitteleuropa Band/ Volume 19/2*. Jena. Pag; 759. 2005.
17. Lu H, Wan J, Li J, Shao H, Wu Y. Periphytic biofilm: A buffer for phosphorus precipitation and release between sediments and water. *Chemosphere* 2016; 144:2058-2064. .
18. APHA-AWWA-WEF. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, Washington. 2005.
19. Majewski V, Dunck B, Aparecida J, Rodrigues L. Periphytic diatom ecological guilds in floodplain: Ten years after dam. *Ecological Indicators* 2016; 69:407-414.
20. Floriane A, Lambert S, Frédéric R, Agnès B, Bernard M. The effect of temperature and a herbicide mixture on freshwater periphytic algae. *Ecotoxicol Environ Saf* 2013; 98(1):162-170.
21. Cavati B, De Oliveira F. Algas perifíticas em dois ambientes do baixo rio Doce (lagoa Juparanã e rio Pequeno - Linhares, Estado do Espírito Santo, Brasil): variação espacial e temporal. *Acta Scientiarum Biological Sciences* 2008; 30(4):439-448.
22. Flynn K, Chapra S, Suplee M. Modeling the lateral variation of bottom-attached algae in rivers. *Ecological Modelling* 2013; 267:11-25.
23. Montoya-Moreno Y, Aguirre N. Asociación de algas perifíticas en raíces de macrófitas en una ciénaga tropical Colombiana. *Revista Hidrobiológica* 2009; 18(3):189-198.