



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**Universidad Nacional Autónoma
de México**

**Facultad de Estudios Superiores
Iztacala**



**“DINAMICA DEL POTAMOPLANCTON DURANTE UN
CICLO ANUAL EN EL RIO LA ANTIGUA, VERACRUZ,
MEXICO”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G O

PRESENTA

Francisco Javier Martínez Bonilla

Director de Tesis: Dr. Pedro Ramírez García



Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, 2018.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice	Páginas
I. Resumen	3
II. Introducción	4
III. Antecedentes	6
IV. Justificación	8
V. Objetivos	9
5.1 Objetivo general	9
5.2 Objetivos particulares	9
VI. Materiales y métodos	10
6.1 Área de estudio	10
6.2 Colecta	12
6.3 Descripción de variables Físico-Químicas	12
6.4 Identificación taxonómica	12
6.5 Biovolumen algal	13
6.6 Análisis estadísticos	13
VII. Resultados	14
7.1 Diversidad	14
7.2 Abundancia	15
7.3 Biovolumen fitoplanctónico	16
7.4 Riqueza	18
7.5 Variables Físicoquímicas	18

7.6 Nutrientes	23
7.7 Índices estadísticos	24
VIII Discusión	26
IX Conclusiones	30
X Literatura citada	31

Agradecimientos para la realización de este trabajo a los proyectos PAPIIT IN 216315 y PAPCA 2013 No. 26 de la FES Iztacala.

I Resumen

En México, son pocos los estudios que existen sobre ficoflora de ríos. Con el propósito de ampliar el conocimiento de estos, se realizó un muestreo anual en el río La Antigua, localizado en el municipio de Cardel, Veracruz.

El río nace al este de la Sierra Madre Oriental, al norte del Pico de Orizaba, con el nombre de río Chichiquila. Cuenta con un área de cuenca de 2,827 km² y una longitud de 139 km hasta desembocar en el Golfo de México (CONAGUA 2011).

El muestreo se realizó mensualmente en 5 estaciones, desde marzo de 2012 hasta febrero de 2013. Los parámetros de temperatura del agua, profundidad, pH y oxígeno disuelto se determinaron *in situ*, en el centro y en ambas márgenes del río y en cada estación. De estos puntos se tomaron volúmenes iguales de agua y se mezclaron en una sola muestra, a partir de ella se determinaron el fósforo reactivo soluble (FRS), nitratos, la clorofila-a, turbiedad y la identificación y conteo de fitoplancton. Para el análisis del fitoplancton se colectaron 500 ml de la muestra y se fijaron con aceto-lugol. El conteo se realizó en un microscopio invertido de luz D-Carl Zeiss (M) en material sedimentado en cámaras de 10 ml, siguiendo el método de Utermhöl.

La diversidad y riqueza de fitoplancton estuvieron influenciadas por los cambios que se dan en el ecosistema y entre los que destaca principalmente las lluvias. La disminución de la conductividad, el aumento de turbiedad y de la concentración de nutrientes durante este periodo confirman dicho fenómeno. No obstante, en el periodo de secas se encontró una cantidad suficiente de FRS para sostener el crecimiento fitoplanctónico, sobre todo en los meses de octubre a febrero, que aunado a la baja turbiedad, permiten el desarrollo de fitoplancton (potamoplancton), el cual estuvo dominado por las diatomeas, tanto en número de taxones (11) como en biovolumen, seguido de clorofitas con 10, y por último las criptofitas y dinofíceas con un taxón por grupo. La presencia de algunas especies de clorofitas indica el estado eutrófico del río. De mayo a agosto se redujo drásticamente la abundancia, pero en el mes de octubre se observa una recuperación muy evidente de la comunidad.

II Introducción

Los ríos son sistemas generadores de nutrientes, alimento y energía para los organismos que en ellos se desarrollan. Un río presenta una estructura cambiante a lo largo del tiempo y el espacio, sometida a la influencia del clima y a las características de su cuenca (Luque *et al.*, 2003). El régimen hidrológico ejerce un importante control sobre la biota, y es un factor determinante en las variaciones de la abundancia y dominancia de las especies a través del perfil longitudinal del río, siendo las comunidades algales un grupo biológico altamente influenciado (Reynolds, 1993).

Estos sistemas son ambientes que se caracterizan por tener un flujo unidireccional, el cual corre a través de un canal y por presentar una gran variedad de nichos a nivel espacial y temporal, lo cual brinda a las comunidades de organismos que habitan en ellos, un gran número de ambientes susceptibles de ser colonizados (Ramirez R. R., 2007).

Los ríos son ecosistemas con una gran diversidad de comunidades. Una de las más importantes es la fitoplanctónica. El fitoplancton es la fracción del plancton formada por organismos autótrofos con capacidad de fotosintetizar, generando oxígeno (Margalef, 1983). La estructura de la comunidad del fitoplancton es resultado de una respuesta adaptativa a las condiciones prevalecientes en su medio (Odum, 1988). A pesar de las distintas necesidades fisiológicas y de las variaciones con respecto a los límites de tolerancia a determinados parámetros ambientales de tipo fisicoquímico, en el fitoplancton coexisten poblaciones de distintas especies. El conocimiento de la base de esta coexistencia casi equilibrada y de los factores que permiten la sucesión estacional de las distintas poblaciones, es fundamental para la comprensión de las comunidades fitoplanctónicas y de su productividad. Además de los requerimientos fisiológicos básicos como la luz y la temperatura, y de las posibilidades existentes dentro de una zona fótica lo suficientemente amplia como para completar el crecimiento y la reproducción.

Los sistemas lóuticos tienen diferentes profundidades, caudal, lecho, turbidez, concentración de nutrientes, y aporte o carga contaminante, debido a la influencia antrópica. Aquí la flora fitoplanctónica es muy diversa, y en dependencia de variaciones estacionales o situaciones espacio temporales, puede existir predominio de clorofitas o cianofitas, y diatomeas, fundamentalmente (Gómez, 2007).

Entre los componentes de la ficoflora de los ríos se destacan las formas epilíticas que pueden desprenderse del sustrato cuando el aumento del caudal permite un mayor arrastre de partículas sólidas. Algunos géneros dentro de las diatomeas como *Nitzschia*, *Navicula*, *Gomphonema*, *Pinnularia*, entre otros, presentan estas condiciones. La representatividad de los diferentes grupos de algas en los distintos sitios de estudio es muy variada en los ríos, depende de las características propias de cada sitio muestreado (Moraña, 2017).

Existen diversos nutrientes tanto orgánicos como inorgánicos que juegan un papel crítico en la sucesión de las poblaciones algales. Con respecto a la interacción con otros organismos del ambiente, la duración y las características del desarrollo de la población pueden estar influenciadas por ciertas condiciones como la depredación y el parasitismo (Margalef, 1983). La periodicidad estacional de la biomasa y la productividad fitoplanctónica en sistemas equilibrados es casi constante de año en año. Las variaciones estacionales en las aguas tropicales son escasas, sin embargo pueden variar con el incremento de la altitud y con los grandes cambios climáticos anuales. Aunque se observa una periodicidad tanto en la biomasa como en la productividad fitoplanctónica, existe un desfase entre ambas cuando predomina la tasa de crecimiento de las especies pequeñas con un corto período de renovación. (Wetzel, 2001).

III Antecedentes

Esqueda-Lara *et al.*, (2016), estudiaron el fitoplancton en el humedal tropical chaschoc en la cuenca baja del río Usumacinta, registrando 129 morfoespecies de 6 grupos taxonómicos: Cyanophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta, Cryptophyta, Euglenophyta y Dinophyta. Entre estos, las Chlorophyta fueron el grupo mejor representado, mientras que las Cryptophyta resultaron el grupo con menos especies. Cabe destacar que dicho estudio se realizó en temporada de secas.

Ortega-Murillo *et al.* (2012), registraron un total de 238 especies de la región litoral del río Cupatitzio, Michoacán, México, que corresponden a nueve clases de algas, de las cuales, Bacillariophyceae o diatomeas presentaron altas cantidades con 151 especies, seguidas de Chlorophyceae o algas verdes con 33 especies, Cyanophyceae o algas verde-azules con 20 especies, Euglenophyceae o euglenidos con 16 especies. La mayor riqueza (47%) se presentó durante la época seca-cálida, mientras que el mínimo (21%) se obtuvo durante la época de lluvias.

Moreno-Ruiz *et al.*, (2008) reportaron en el río Tehuantepec en Oaxaca, México, 298 taxones de fitoplancton pertenecientes a siete divisiones, 58 familias, 121 géneros, 273 especies, una subespecie, 75 variedades, 13 formas y un morfotipo. La división Bacillariophyta sobresalió con 125 taxones (42%), Chlorophyta tuvo 88 taxones (18%), Euglenophyta mostró 14 taxones (5%), Dinophyta tuvo 9 taxones (3%), Cryptophyta exhibió 5 taxones (2%) y Chrysophyta 4 taxones (1%). Las familias mejor representadas fueron Scenedesmaceae (24 especies), Oocystaceae (22 especies), Bacillariophyceae (21 especies), Chaetocerotaceae (15 especies) y Euglenaceae (14 especies) quienes mostraron una considerable riqueza de especies.

García *et al.* (2011) estudiaron la composición y distribución del fitoplancton en el Río Amacuzac, en el estado de Morelos, México, enfocándose exclusivamente en especies de las clases Chlorophyceae y Cyanophyceae, encontrando un total de 16 especies, 11 correspondientes a la clase Chlorophyceae y 5 a la clase Cyanophyceae.

Juárez (2005) estudió las microalgas en tres cuerpos acuáticos del Estado de México: la presa Valle de Bravo, la presa Villa Victoria y arroyos tributarios del Río Ameca en el parque nacional Izta-Popo. La composición por especies de Valle de Bravo mostró nueve especies para la división Chlorophyta, las más comunes *Pediastrum duplex*, *P. simplex* y *Staurastrum paradoxum*; se encontraron once especies de diatomeas, las más abundantes: *Navicula* sp., *Fragilaria virescens*, *Cymbella brevistriata*, *Gomphonema crotonensis*, *Asterionella formosa* y *Fragilaria crotonensis*. En la división Cyanoprocaryota, las más comunes fueron: *Anabaena solitaria* y *Aphanocapsa elachista*. En Villa Victoria la división Chlorophyta presentó *Scenedesmus quadricauda*, *Staurastrum paradoxum* y *Pediastrum duplex*, dentro de las 14 especies de diatomeas, las más abundantes fueron *Navicula* sp., *Fragilaria virescens*, *Aulacoseria italica*, *Navicula platalea*, *Cyclotella meneghiniana* y *Melosira varians*. La composición por especies de arroyos del Parque Nacional Izta-Popo, mostró dominantes a las diatomeas con 12 especies, las más importantes fueron: *Amphora birugula*, *Navicula radiosa*, *Navicula platalea* y *Fragilaria capuccina*.

De León Lizet y Chalar Guillermo (2003). Estudiaron la abundancia y diversidad del fitoplancton en el embalse de salto grande (Argentina-Uruguay). Ciclo estacional y distribución espacial. Determinaron 187 taxa de los cuales 25 resultaron abundantes. La comunidad del fitoplancton estuvo compuesta por un número de especies abundantes (14.4%) y un número alto de especies raras (53%). La abundancia de la comunidad presentó un rango de variación entre 16 org/ml⁻¹ y 1963 org/ml⁻¹. Los valores de diversidad oscilaron entre 0.6 y 4.4 bits/ind⁻¹ con un promedio de 2.68 para todo el sistema. La comunidad fitoplanctónica estuvo dominada por Bacillariophyta, Cyanophyta, Chlorophyta y Cyanophyta.

Ramírez-Vázquez *et al.*, (2001) reportaron un total de 72 taxa de flora algal del río La Magdalena, Distrito Federal, México, de los cuales 63 pertenecen a Bacillariophyceae, seguido de Cyanophyceae con 6 taxa y por último Chlorophyceae, Ulvophyceae y Charophyceae con 1 taxa cada uno. Se presentaron 11 nuevos registros para el país.

Oliva-Martínez et al., (2005) presentaron la caracterización taxonómica y ambiental de las diatomeas de tres cuerpos de agua de los humedales de Jilotepec-Ixtlahuaca, Estado de México, a partir de seis muestreos (enero-octubre de 2001). Se colectaron crecimientos algales bentónicos y planctónicos. Los taxa se estudiaron con microscopio de luz y electrónico de barrido. Se identificaron 45 especies y 3 variedades de diatomeas distribuidas en 32 géneros. *Aulacoseira granulata*, *Cymbella affinis*, *Gomphonema acuminatum*, *G. angustatum*, *Pinnularia microstauron*, *Synedra ulna* y *Stephanodiscus niagarae* fueron especies dominantes. El 67% de los taxa estuvieron asociados con la diversidad de sustratos y no presentaron marcada estacionalidad. La riqueza de especies fue mayor durante la época de secas.

Tapia, M.E. (2002), identificó 87 especies en muestras de agua y 110 especies en muestras de red (50µm) en los ríos Daule, Guayas y estero salado en Guayaquil, Ecuador. Encontrando que Bacillariophyceae prevalece dominante, y en menor concentración los dinoflagelados, cianobacterias y flagelados.

IV Justificación

Considerando la importancia ecológica que representa la comunidad de fitoplancton en la dinámica de los sistemas acuáticos loticos y la falta de trabajos que aporten conocimientos básicos sobre su composición biológica, se requiere realizar trabajos constantes de diversidad en los diferentes ríos mexicanos, que contribuyan al conocimiento de esta comunidad (García *et. al.*, 2011),

En México el estudio de la ficoflora en ríos es escaso, enfocándose hacia las algas bentónicas (ejemplo: Montejano *et al.*, 2000; Valadez, 2006), dado que estas se adaptan mejor a la velocidad de corriente existente. No obstante, ríos anchos como La Antigua, en donde la velocidad de corriente disminuye, pueden albergar una verdadera comunidad potamoplanctónica constituida por el fitoplancton y zooplancton (Hynes, 1974).

V Objetivos

5.1 Objetivo general

- ❖ Determinar la diversidad de fitoplancton del Río La Antigua, Veracruz, México.

5.2 Objetivos particulares

- ❖ Determinar la abundancia y biovolumen de fitoplancton presentes.
- ❖ Determinar la riqueza específica de fitoplancton.
- ❖ Evaluar la influencia de algunas condiciones fisicoquímicas como: profundidad, turbiedad, temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto, sobre la dinámica fitoplanctónica.

VI Materiales y métodos

6.1 Área de estudio

El río La Antigua se localiza en el estado de Veracruz, nace en la vertiente este de la Sierra Madre Oriental, al norte del Pico de Orizaba, con el nombre de río Chichiquila. Esta cuenca, con un área de 2,827 Km², está localizada en la porción Suroccidental del Golfo de México, en las coordenadas 19°13'12"-18°51'00" Latitud N y 97°16'12"-95°55'12" Longitud W (Fig. 1). Este río atraviesa varios poblados como Jalcomulco, La Antigua, Tuzamapan, Xico y Teocelo, y a él se unen numerosos tributarios que bajan del Cofre de Perote; desemboca en el Golfo de México donde se forma la barra de La Antigua. Se pueden observar distintos tipos de vegetación a lo largo de la cuenca como: bosque de pino-encino, bosque mesófilo, selva baja caducifolia, vegetación riparia, pastizal inducido y cultivado. Se encuentran cañadas con comunidades ecotonales bien conservadas, por lo contrario, tanto la cuenca alta como la baja se encuentran degradadas por la deforestación o la contaminación. Se presenta una diversidad significativa en cuanto a sus características climatológicas debida principalmente a la diferencia de altitud, que va desde el nivel del mar hasta la máxima altura de 3,340 msnm en la población Suroccidental del Cofre de Perote. El clima de la zona de estudio es cálido subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 18-26° C, con una precipitación total anual de 1500 a 2500 mm. La zona serrana cuenta con arroyos y manantiales y hay intrusión salina cerca de la costa. El río presenta contaminación agroquímica, doméstica y por residuos industriales, así como deforestación en la parte alta y baja de la cuenca. Debido a su diversidad e importancia como región hidrológica, la cuenca del río La Antigua fue declarada como Área de Alta Biodiversidad y Área Hidrológica Prioritaria por la CONABIO (2000) (Fig. 1).

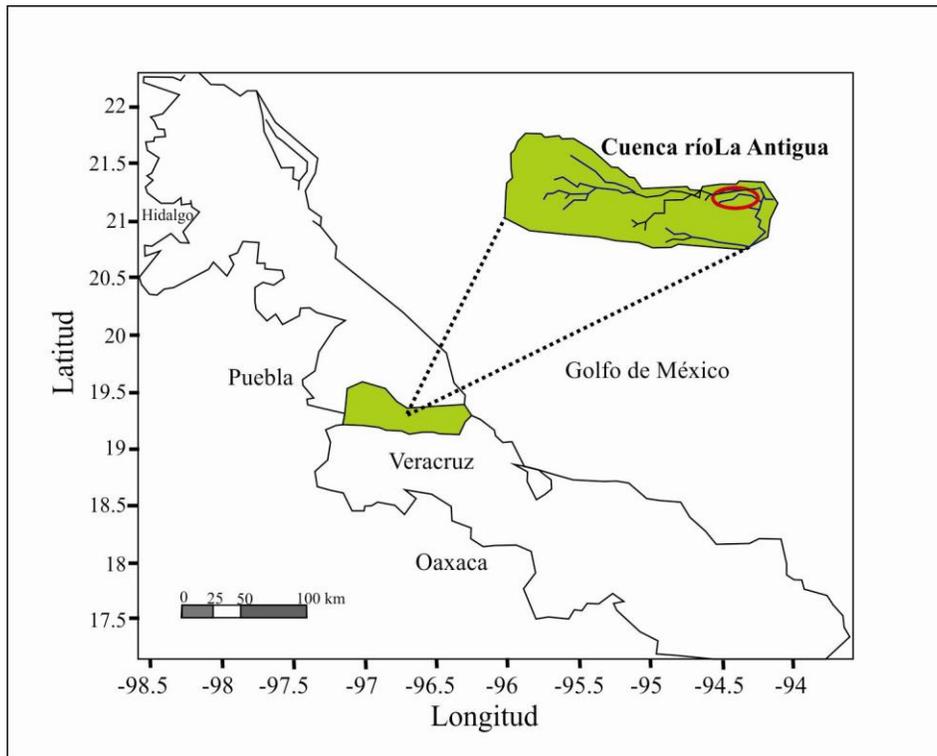


Figura 1. Cuenca del río La Antigua.



Figura 2. Mapa satelital de la zona de muestreo, los puntos rojos indican los sitios donde se realizó la colecta de fitoplancton.

6.2 Colecta

Se tomaron muestras mensuales de marzo del 2013 a febrero del 2014 en 5 estaciones del río cercanas a la desembocadura, con las siguientes coordenadas; Sitio 1: 19° 19.135 N, 96°19.815 W, Sitio 2: 19° 19.461 N, 96°19.599 W, Sitio 3: 19° 19.055 N, 96°19.267 W, Sitio 4: 19° 19.024 N, 96°19.219 W y Sitio 5: 19° 18.861 N, 96°18.437 W. La distancia entre estaciones fue de aproximadamente 1 km, cubriendo una trayectoria desde agua dulce hasta agua salobre (Fig. 2).

6.3 Descripción de variables Físico-Químicas

Se midieron los parámetros ambientales: profundidad con sondaleza y transparencia con disco de Secchi, temperatura con termómetro de mercurio, pH, conductividad con potenciómetro digital Hanna y oxígeno disuelto con oxímetro YSI 55; las mediciones se efectuaron a ambas márgenes del río y en el centro. Se colectó un volumen igual de agua de las márgenes y del centro y se obtuvo una muestra compuesta. De esta se separaron 500 ml de agua en frascos de polietileno oscuros que se mantuvieron en hielo hasta la determinación de la clorofila *a* (Chl-*a*) en el laboratorio. La concentración del pigmento se realizó por medio del método de extracción con acetona al 90% y la lectura en un Fluorómetro Turner Designs, modelo 10-AU, el mismo equipo fue utilizado para la medición de turbiedad. El FRS y el nitrato se midieron con colorímetro portátil modelo YSI 9500. Los nutrientes y clorofila se realizaron de acuerdo a APHA, 1995.

6.4 Identificación taxonómica

Para la identificación y conteo algal se colectaron 500 ml de la muestra compuesta sin filtrar y se fijaron con 1 mL de Aceto-Lugol. EL conteo del fitoplancton fue realizado mediante la técnica de Utermöhl (APHA 1995), colocando las muestras en cámaras de sedimentación de 10mL, para la observación y conteo se utilizó un microscopio invertido D-Carl Zeiss y la abundancia se reportó en cel. mL⁻¹. Al mismo tiempo se tomaron fotos de los organismos en el laboratorio de Bacteriología del edificio UIICSE de la FES-Iztacala, mediante un microscopio óptico Nikon 6000 que cuenta con un programa NISl. Para la identificación taxonómica se utilizaron las claves de Comas (1996), Huber-Pestalozzi (1962, 1968), Komárek (2003), Komárek y Anagnostidis (1999, 2005), Komárek y Fott (1983), Krammer y Lange-Bertalot (1986-1991 a y b), Round (1990), Tell y Conforti (1986), Popovsky (1990) y Wehr y Sheath (2003).

La técnica de montaje de diatomeas se basó en colocar una pequeña muestra encima de un cubre, se mezcló y se esparció con agua destilada, se dejó evaporar sobre una parrilla a una temperatura relativamente baja. Por último, se montaron en resina NAPHRAX para su observación en microscopio de luz con contraste de fases (Zeiss).

6.5 Biovolumen algal

Para la medición de células, fueron utilizadas muestras *in vivo* filtradas a través de una malla de 20 µm de poro, manteniéndose en refrigeración para medir por lo menos 15 organismos y/o 30 células (estas medidas también sirvieron para la identificación). Con base en modelos geométricos y fórmulas se transformaron las dimensiones celulares promedio de cada especie a biovolumen, siguiendo las fórmulas propuestas por Sun & Liu (2003) y este valor se multiplicó por la abundancia para obtener así el biovolumen total de cada taxa durante el estudio, reportándose en mm³ mL⁻¹.

6.6 Análisis estadísticos

La diversidad algal se calculó con el paquete estadístico PRIMER 6 v.6.1.6 (Clarke y Gorley 2006), utilizando la frecuencia de las especies más representativas para obtener el índice de Shannon Wiener (1949) (Fig. 3). Finalmente, los datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y las abundancias de cada especie se relacionaron con el fin de ver si la abundancia está determinada por los factores ambientales. Esto se realizó con un Análisis de Correlación de Pearson utilizando el programa Statgraphics Centurion XVI.I

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Figura 3. Índice de Shannon Wiener

VII Resultados

7.1 Diversidad

Para el análisis de diversidad se utilizaron los datos de abundancia de las especies. Los valores de diversidad oscilaron entre 1.2 y 3.3 bits ind⁻¹ con un promedio de 2.3 para todo el sistema, (Fig. 4)



Figura 4. Diversidad de fitoplancton registrada en el muestreo durante el periodo de marzo de 2012 a febrero de 2013.

7.2 Abundancia

Tabla 1. Abundancia de especies dominantes de fitoplancton (cel / ml).

FAMILIA/ESPECIE	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F
Familia: Aulacoseiraceae												
<i>Aulacoseira granulata</i>	378	3473	48	0	0	46	1203	0	0	0	0	23
Familia: Bacillariaceae												
<i>Nitzschia palea</i>	575	1136	94	104	6	0	0	474	72	63	140	232
Familia: Catenulaceae												
<i>Amphora</i> sp.	353	680	44	100	6	0	0	8	66	7	91	51
Familia: Fragilariaceae												
<i>Fragilaria gouldarii</i>	217	3941	14	9	0	0	9	4614	38	102	15	0
<i>Synedra ulna</i>	38	2321	0	3	7	0	18	549	15	10	33	24
Familia: Gomphonemataceae												
<i>Gomphonema parvulum</i>	22	111	14	18	10	0	0	46	20	6	14	6
Familia: Melosiraceae												
<i>Melosira</i> sp.	447	1760	12	0	117	50	2099	59	90	30	26	3835
Familia: Naviculaceae												
<i>Gyrosigma</i> sp.	2	4	7	2	0	0	0	0	3	13	2	7
<i>Navicula</i> sp.	455	919	63	102	6	0	0	8	69	32	109	119
Familia: Stephanodiscaceae												
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	2450	5486	12	0	117	50	2099	26	84	0	26	47
Familia: Thalassiosiraceae												
<i>Thalassiosira</i> sp.	586	1505	29	17	27	0	17	0	0	0	43	40
Familia: Chlamydomonadaceae												
<i>Carteria cordiformis</i>	7164	20194	258	312	18	0	0	490	216	171	391	590
<i>Chlamydomona</i> sp.	3226	4706	1041	218	377	30	316	1192	52	174	4540	914
Familia: Hydrodictyceae												
<i>Pediastrum boryanum</i>	624	6769	294	13	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pediastrum simplex</i>	0	276	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Familia: Scenedesmaceae												
<i>Coelastrum cambricum</i>	0	657	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0

<i>Scenedesmus acuminatus</i>	528	1262	50	0	0	30	282	66	0	0	25	85
<i>Scenedesmus quadricuada</i>	325	3590	27	0	504	181	61	0	0	29	51	105
Familia: Selenastraceae												
<i>Monoraphidium arcuatum</i>	39	155	41	6	13	0	69	0	6	0	14	20
<i>Monoraphidium contortum</i>	0	0	24	0	29	0	69	8	0	29	6	20
<i>Monoraphidium minutum</i>	394	5036	0	0	32	144	0	0	0	74	30	42
Familia: Cryptomonadaceae												
<i>Cryptomonas</i> sp.	304	3573	0	0	0	10	0	0	19	42	21	397
Familia: Peridiniaceae												
<i>Peridinium</i> sp.	0	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

7.3 Biovolumen fitoplanctónico

Para el Biovolumen de fitoplancton el valor promedio fue $0.0135 \text{ mm}^3 \text{ mL}^{-1}$, los valores máximos se registraron durante los meses de marzo, abril, septiembre y octubre (0.0109 ; 0.0810 ; 0.0109 y $0.0407 \text{ mm}^3 \text{ mL}^{-1}$ respectivamente). De mayo a agosto se observó una reducción en los valores. El biovolumen total anual algal estuvo dominado por las Bacillariophyceas ó diatomeas con un 89%, seguido de las clorofíceas con 8% y por último las Dinofíceas y Criptofíceas con 2 y 1% respectivamente (Fig. 5).

También se registraron los valores de biovolumen de las especies más representativas durante el ciclo anual (Fig. 6).

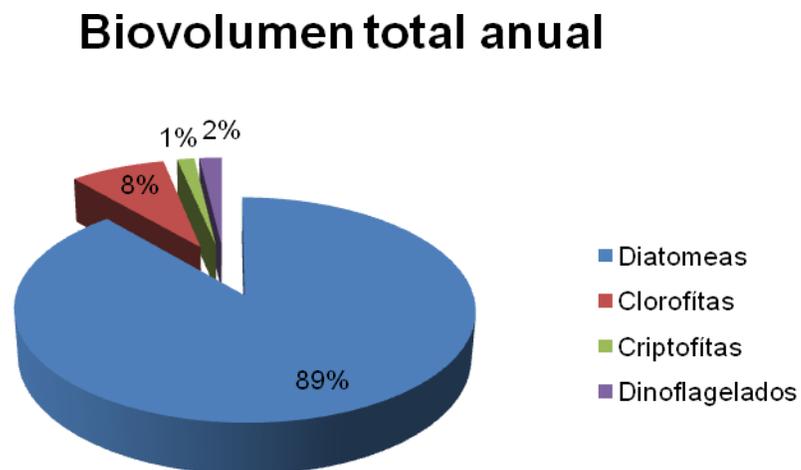


Figura 5. Porcentaje total anual de grupos dominantes de las principales divisiones algales.

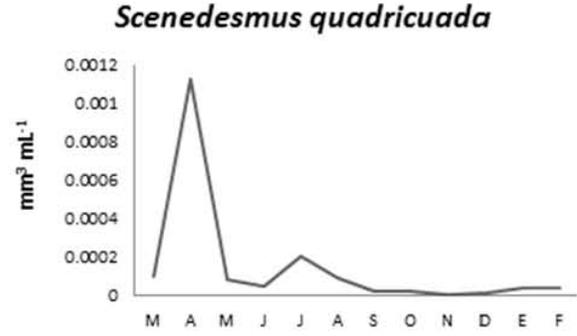
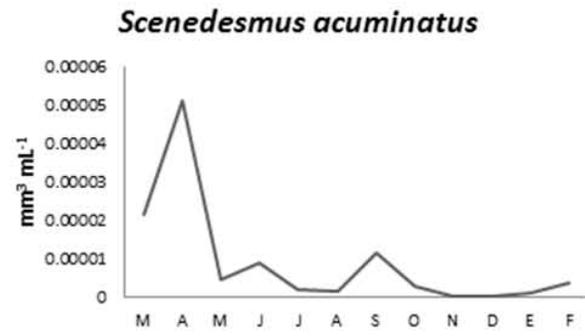
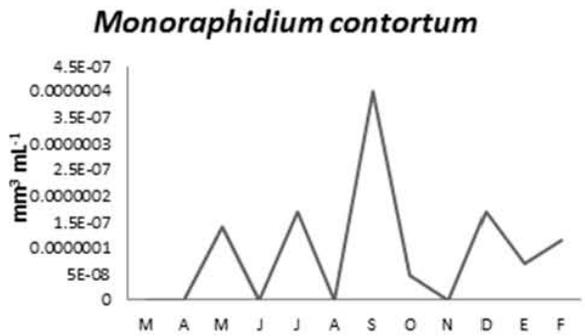
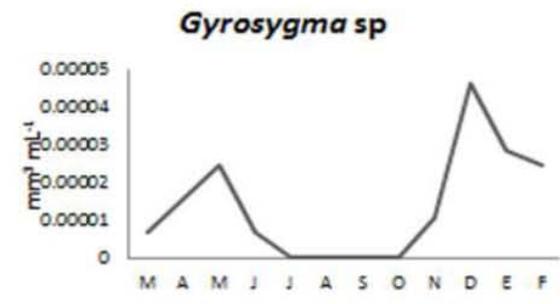
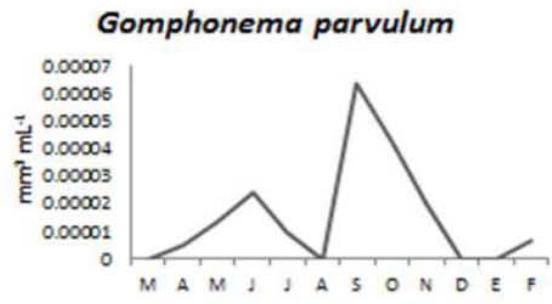
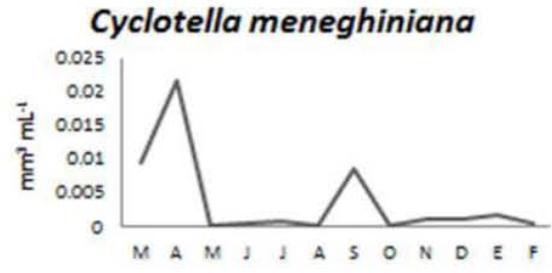


Figura 6. Biovolumen de las especies más representativas a lo largo del estudio. Los valores máximos se registraron en los meses de marzo, abril, septiembre y octubre. De mayo a agosto se observó una reducción de los valores.

7.4 Riqueza específica

Tabla 2. Número de taxones, biovolumen y porcentaje total anual de fitoplancton.

Grupo	Riqueza de especies	Biovolumen total anual	
		mm ³ mL ⁻¹	%
Diatomeas	11	0.145	89
Clorofitas	10	0.013	8
Criptofitas	1	0.002	1
Dinoflagelados	1	0.003	1

7.5 Variables Físico-Químicas

El promedio de la temperatura del agua fue de $26 \pm 3^\circ \text{C}$, las temperaturas más altas (28°C) correspondieron al periodo de marzo a junio, y se observa un descenso gradual hasta llegar a los 21°C en diciembre (Fig. 7).

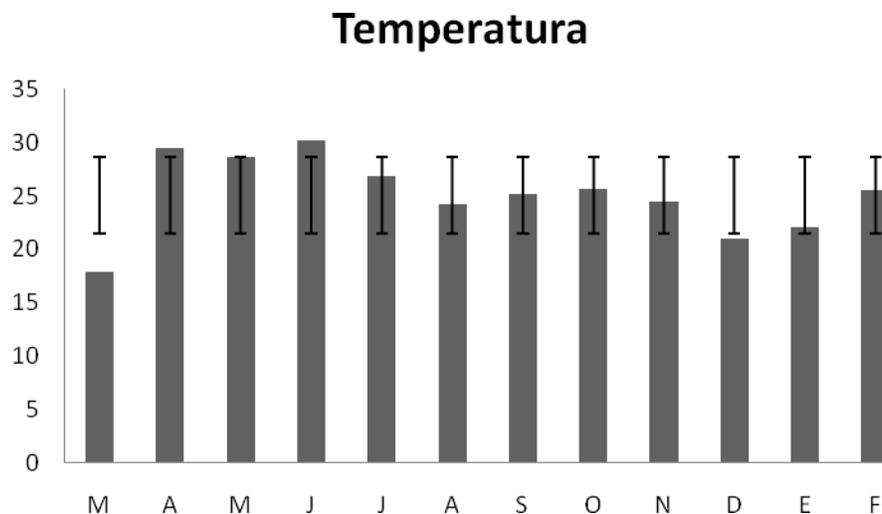


Figura 7. Valores de temperatura registrados en el muestreo durante el periodo de marzo de 2012 a febrero de 2013.

El promedio para la concentración de oxígeno disuelto fue de $8.9 \pm 2.6 \text{ mg L}^{-1}$, registrándose los valores más altos (15.1 mg L^{-1}) en abril y los valores más bajos ($< 8 \text{ mg L}^{-1}$) de mayo a agosto, se muestra una tendencia a aumentar en los siguientes meses excepto en el mes de noviembre cuando se observa un descenso considerable (Fig. 8).

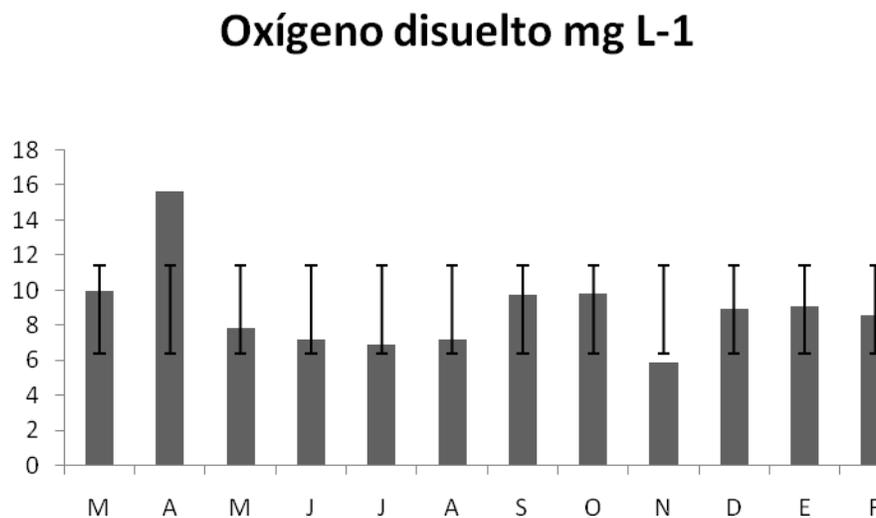


Figura 8. Valores de oxígeno disuelto registrados en el muestreo durante el periodo de marzo de 2012 a febrero de 2013.

El valor promedio para el pH fue de 7.8 ± 0.4 , el valor máximo registrado fue en el mes de octubre (8.9) y el mínimo en septiembre (7.2) (Fig.9).

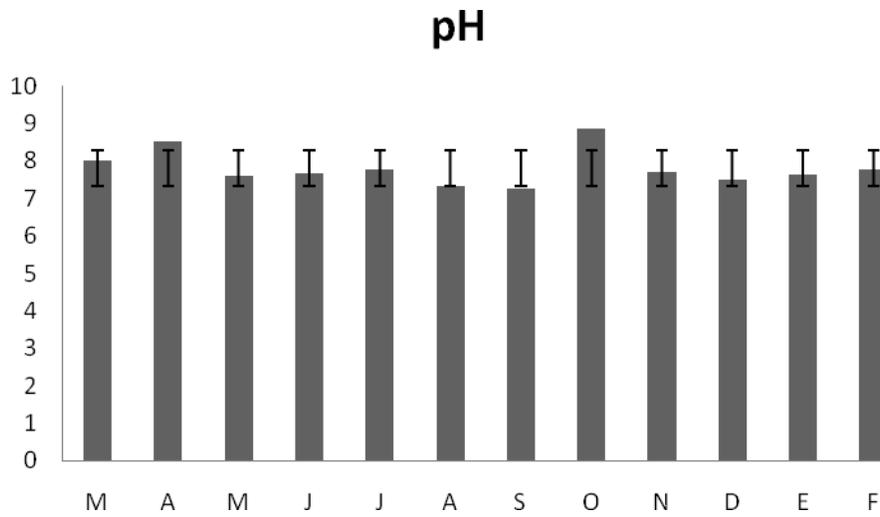


Figura 9. Valores de pH registrados en el muestreo durante el periodo de marzo de 2012 a febrero de 2013.

El valor promedio clorofila *a* fue de $5 \mu\text{g L}^{-1}$, con valores menores de $7 \mu\text{g L}^{-1}$ durante todo el periodo de muestreo con excepción del mes de octubre cuando se observó una mayor concentración, con $18.6 \mu\text{g L}^{-1}$ y $11.8 \mu\text{g L}^{-1}$ en el mes de febrero respectivamente (Fig. 10).

Clorofila-*a*

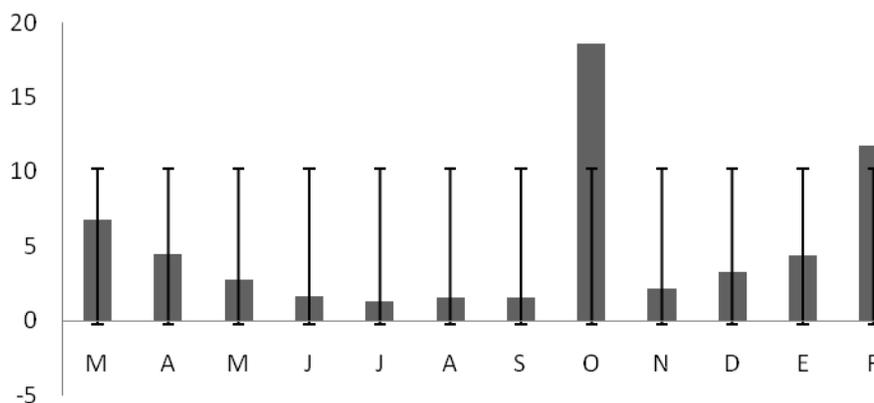


Figura 10. Valores de clorofila-*a* registrados en el muestreo durante el periodo de marzo de 2012 a febrero de 2013

La turbiedad fue de 10.6 ± 7.2 UNT en promedio, con el valor máximo en el mes de septiembre (21.9 UNT) y el valor mínimo en abril (2.7 UNT), presentando valores similares o menores a 5 UNT en los meses de enero a mayo (Fig.11).

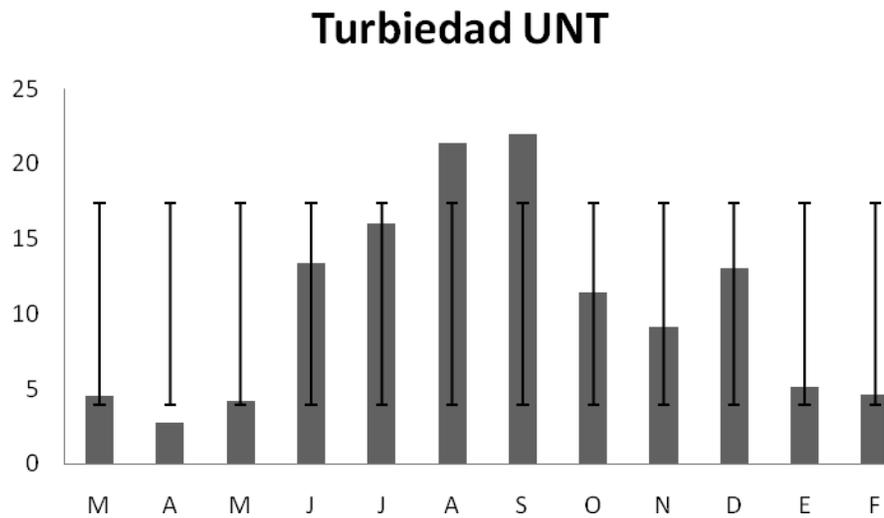


Figura 11. Valores de turbiedad registrados en el muestreo durante el periodo de marzo de 2012 a febrero de 2013.

El promedio de la conductividad eléctrica fue de $488 \pm 432 \mu\text{S cm}^{-1}$, los valores promedio anuales variaron desde bajo contenido de sales, 143 en agosto y $145 \mu\text{S cm}^{-1}$ en el mes de septiembre respectivamente para las estaciones 1 a 3 y se observan valores más altos en los meses de marzo, diciembre, enero y febrero ($752, 849, 840, 906 \mu\text{S cm}^{-1}$) en las estaciones cercanas a la desembocadura del río (4 y 5) (Fig. 12).

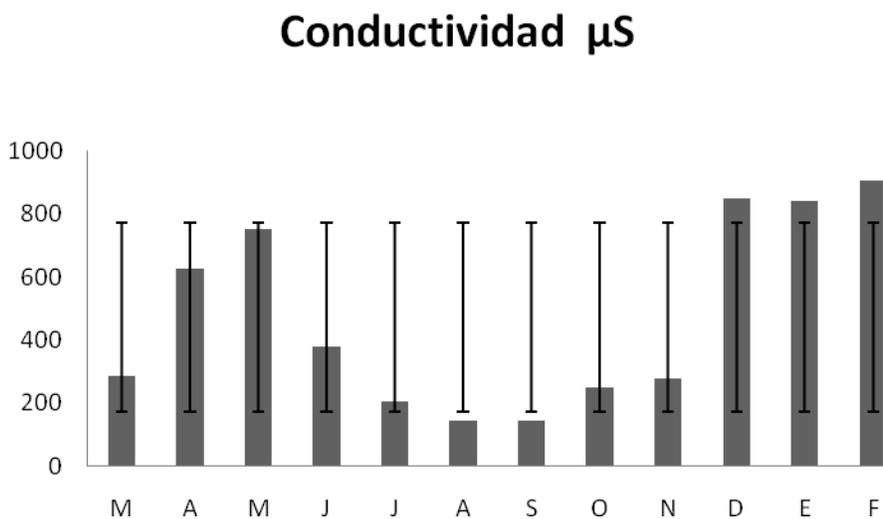


Figura 12. Valores de conductividad registrados en el muestreo durante el periodo de marzo de 2012 a febrero de 2013.

7.6 Nutrientes

Las concentraciones de nitrato tuvieron un promedio de $0.6 \text{ mg L}^{-1} \text{ NO}_3\text{-N}$, con las mayores concentraciones en los meses de julio a septiembre, derivado de la temporada de lluvias. El valor promedio del fósforo soluble reactivo fue de $2.6 \text{ mg L}^{-1} \text{ PO}_4\text{-}^3\text{-P}$, siendo julio y agosto los meses con mayor concentración, con un descenso a partir del mes de septiembre (Fig. 13).

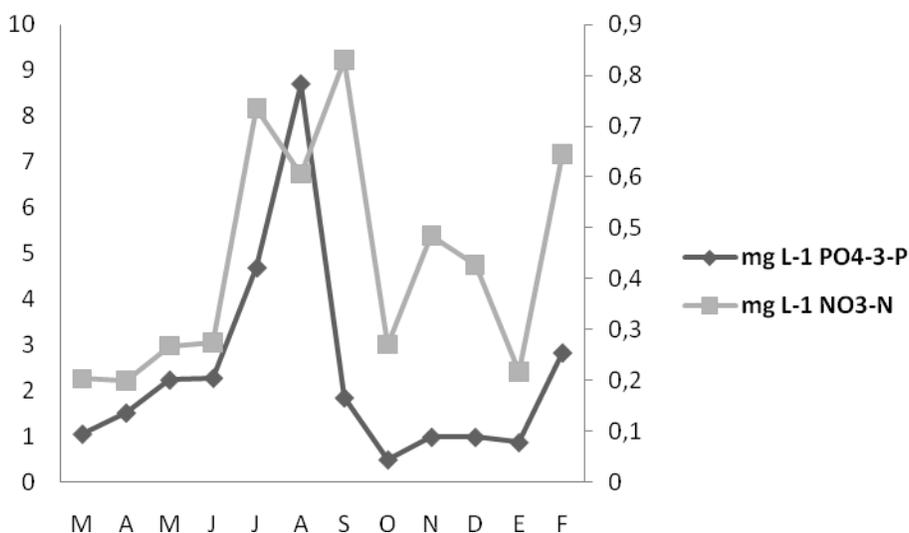


Figura 13. Valores de fósforo y nitratos registrados en el muestreo durante el periodo de marzo de 2012 a febrero de 2013.

7.7 Índices estadísticos

Al aplicar el índice de correlación de Pearson (que va del 0 a ± 1 y mientras más cercano al ± 1 hay una mayor correlación entre las variables), se obtuvo una mayor correlación entre algunas especies y el Oxígeno disuelto (Tabla 3), seguido de algunas correlaciones entre factores fisicoquímicos (tabla 4).

Tabla 3. Coeficiente de correlación de géneros y especies versus la concentración de Oxígeno disuelto en el río (n= 60).

<i>Amphora</i> sp	0.3830
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	0.4021
<i>Fragilaria goulardii</i>	0.4303
<i>Gomphonema parvulum</i>	0.4564
<i>Melosira</i> sp	0.5361
<i>Navicula</i> sp	0.6397
<i>Nitzschia palea</i>	0.4903
<i>Synedra ulna</i>	0.5316
<i>Carteria cordiformis</i>	0.4390
<i>Coelastrum cambricum</i>	0.5838
<i>Pediastrum boryanum</i>	0.5908
<i>Scenedesmus acuminatus</i>	0.5434
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	0.6439
<i>Cryptomonas</i> sp	0.5626

Tabla 4. Coeficiente de correlación entre variables fisicoquímicas

Oxígeno vs. Temperatura	0.5540
pH vs. Oxígeno	0.5713

VIII Discusión

Dentro de las diatomeas se destacó la presencia de *Cyclotella meneghiniana*, lo que podría deberse a que dicha especie puede formar cadenas y las células individuales presentan una morfología cilíndrica, que favorece que pueda mantenerse en suspensión y adherirse a algún sustrato, por otro lado, a veces la densidad de las diatomeas excede mucho más que la del agua circundante y es común que pierdan la suspensión (Reynolds, 2006).

Es común encontrar en ríos géneros como *Scenedesmus*, *Navicula*, y *Nitzschia*, ya que este patrón se encuentra relacionado con la carga contaminante y la actividad antropogénica (Gomez, 2007), lo que se confirma en este estudio con la presencia de dichos géneros y el posible aporte de contaminantes al cuerpo de agua, ya que se realizan diversas actividades económicas cercanas a los lugares de muestreo.

Fueron importantes también en los meses de febrero a abril varios taxones del grupo de las clorofitas; *Carteria cordiformis*, *Chlamydomona* sp., *Coelastrum cambricum*, *Monoraphidium arcuatum*, *M. contortum* y *M. minutum* *Pediastrum boryanum*, *P. simplex*, *Scenedesmus acuminatus* y *Scenedesmus quadricauda*. Su presencia confirma el estado eutrófico del cuerpo de agua, condiciones que se dieron en el río La Antigua, Veracruz, durante la época de lluvias. Schwoerbel (1975) menciona que los grandes ríos y corrientes transportan material alóctono, entre ellos nutrientes y fitoplancton procedente de las partes altas de la zona de cabecera del río, lo que se ve demostrado en este trabajo por la presencia de especies de agua dulce y marina, esto da evidencia de la variedad de fuentes que aportan algas al sistema, sobre todo en la desembocadura.

Reynolds (1997), indica que dentro de las clorofitas existen géneros con asociaciones de organismos cenobiales y coloniales como: *Scenedesmus*, *Coelastrum* entre otros, durante la época de lluvias se registraron dos especies de *Scenedesmus* (*Scenedesmus acuminatus* y *S. quadricauda*) y una para *Coelastrum* (*Coelastrum cambricum*).

Gómez en 2007, menciona que las aguas lólicas con carga mineral pueden tener una representación importante de diatomeas y cianofitas, lo que coincide en este estudio con la dominancia del grupo Bacillariophyceae y el posible aporte de material mineral por medio de la lixiviación.

Debido a su gran distribución y enorme diversidad las diatomeas se consideran los productores más importantes (Odum, 1988). Por consiguiente en este estudio se encontraron dominantes al grupo de las Bacillariophyceae o diatomeas con 11 taxones; *Amphora* sp, *Aulacoseira granulata*, *Cyclotella meneghiniana*, *Fragilaria gouldii*, *Gomphonema parvulum*, *Gyrosigma* sp, *Melossira* sp, *Navicula* sp, *Nitzschia palea*, *Synedra ulna* y *Thalassiosira* sp. (Tabla 2); lo que coincide con el trabajo de Ortega-murillo et al., (2012) en el río Cupatitzio, Michoacán, México, encontrando también dominante al grupo Bacillariophyceae, con 151 especies, seguido de las Chlorophytas, con 33 especies, y también Moreno-Ruíz *et al.*, encontró dominantes a las diatomeas en el río Tehuantepec en Oaxaca, México, con 125 taxones seguido de Chlorophytas, con 88 taxones, lo que nos indica la enorme distribución de estos grupos algales. Darley (1987) sugiere que las Bacillariophyceae, son el grupo con mayor diversidad específica, donde los organismos pennados se hallan principalmente adheridos y pueden desarrollar secreciones mucilaginosas de formas especiales que favorecen su adherencia a diversos sustratos.

También estuvieron presentes los dinoflagelados como *Peridinium* sp., aunque en menor número (1 taxón) ya que dicho grupo es poco frecuente en agua dulce, su mayor biodiversidad ocurre en el medio marino y algunas especies crecen en agua fría, mientras que otras solo se encuentran en verano cuando el agua aumenta su temperatura (Margalef, 1983).

Este trabajo se encuentra estrechamente relacionado con el estudio de Gaytán *et al* en el 2017, registrando un total de 200 taxas, de los cuales las diatomeas dominaron tanto en biovolumen con $6354 \pm 9354 \text{ mm}^3 \text{ m}^{-3}$ respectivamente y en número de especies con 75 registradas, seguidas de las clorofitas con 68 especies y $337 \pm 653 \text{ mm}^3 \text{ m}^{-3}$ en biovolumen, mostrando su máxima abundancia en el

periodo de secas. En el tercer lugar estuvieron las cianofitas con 23 taxa registrados. Por último las euglenofitas, dinofíceas, criptofitas y crisofíceas presentaron una menor riqueza de especies y biovolumen, se registraron principalmente en la temporada de lluvias-cálidas.

La temperatura del agua, con un valor mínimo de 21° C en el mes de diciembre (Fig. 7), confirma el clima tropical que impera en la región. Las aguas presentaron valores altos de oxígeno disuelto (Fig. 8), como corresponde a cuerpos de agua con tramos lentos (Wetzel, 2001). La concentración de oxígeno en agua es inversamente proporcional con la temperatura. No obstante, la concentración de oxígeno disuelto puede verse alterada en ambientes naturales por efecto de los procesos de fotosíntesis y respiración (Fuentes, 2002), como se ve evidenciado en el mes de abril con un valor alto del gas y esto se sustenta con el valor de biovolumen de las diatomeas registrado para el mismo mes. Los valores obtenidos en el índice de correlación de Pearson también muestran valores altos entre varias especies de fitoplancton *versus* oxígeno, hecho que también demuestra que la presencia de oxígeno se debe a la fotosíntesis que lleva a cabo el fitoplancton (Tabla 3). Esto se refuerza por la alta correlación entre oxígeno disuelto y pH (Tabla 4). La actividad fotosintética también eleva los valores de pH, alcalinizando el agua (Wehr & Sheath, 2003). Dichos valores de pH fueron cercanos a 7 durante el periodo más lluvioso (agosto-septiembre) e incrementaron en abril y octubre como resultado de la fotosíntesis evidenciada por el aumento en clorofila-a (Figs. 9 y 10). Los valores menores de turbiedad (≤ 5 UNT) fueron registrados en los meses de marzo a mayo, y de enero a febrero, correspondientes a la temporada de secas. Los valores incrementaron hasta 21.9 UNT en la temporada de lluvias, junio-septiembre, correspondiendo los valores más altos con los meses de mayor precipitación, agosto y septiembre (Fig. 11).

El valor de sales disueltas disminuye en lluvias, junio-septiembre, e incrementa en los meses de secas, marzo, abril, mayo, diciembre, enero y febrero respectivamente (Fig. 12). También se observan variaciones entre las estaciones de muestreo. De la estación 1 a la estación 4 el agua se clasifica como dulce (<

1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$) y la estación 5 presenta condiciones salobres ($> 1,000 \mu\text{S cm}^{-1}$) (Wetzel, 2001). La disminución de agua dulce en la temporada de secas permite una mayor entrada del agua marina hacia el canal del río, debido a este factor es que también se encontraron algunas especies marinas.

Durante los meses de junio a noviembre el aumento de la turbiedad y la disminución de la conductividad y (Figs. 11 y 12) reflejan los cambios que se producen en el ecosistema por la presencia de lluvias.

Las variaciones que se presentaron dentro de los sitios de muestreo específicamente en tres parámetros fisicoquímicos, clorofila *a*, turbiedad y conductividad se ven demostrados con valores altos en la desviación estándar, ya que mientras mayor es el valor mayor es la dispersión o variabilidad. En este caso dichos valores presentan gran variabilidad debido a los cambios en el régimen hidrológico del río (Figs. 10,11 y 12). Además de que el suelo, el desgaste y mineralización de rocas son fuentes edáficas de iones para los cuerpos de agua dulce y eventualmente para los cuerpos salados.

Las concentraciones de FSR fueron siempre mayores de $100 \mu\text{g L}^{-1}$, que es valor umbral que marca condiciones eutróficas (OECD, 1982). Mientras que las concentraciones promedio de nitratos fueron bajas, de $505 \mu\text{g L}^{-1}$, lo que nos indica una limitación de nitrógeno (Fig. 13). Al aumentar el volumen de agua, aumenta la velocidad de corriente que no permite el desarrollo de comunidades planctónicas, lo que se percibe en la disminución drástica de la clorofila *a* y el biovolumen en los meses de julio y agosto (Fig. 10), en el mes de octubre se observa una recuperación, probablemente debido al decremento de la velocidad de corriente, además de una baja turbiedad (207 UNT), aunado a una cantidad apreciable de fósforo soluble reactivo, lo que permite el desarrollo de un verdadero plancton. Dicha recuperación continúa en los meses de enero a abril, periodo que en México se conoce como de secas.

Los valores más altos de diversidad correspondieron generalmente a los meses de secas (marzo, abril, mayo, noviembre y diciembre) mientras que la menor

diversidad fue registrada en los meses de lluvias (agosto, septiembre y octubre). La diversidad del fitoplancton del río La Antigua fue relativamente media (2.3 bits ind⁻¹ promedio, 1.2 – 3.3 bits ind⁻¹) (Fig. 4); comparado con los resultados de Luque (2003), quién reportó valores similares que oscilaron entre 0.48 y 4.15 bits ind⁻¹, se observa que los valores más altos se encontraron en los meses de secas.

Los taxa reportados fueron los que aportaron mayor biovolumen (Fig. 5). Debido al enorme número de especies observadas, se necesita más tiempo para su estudio detallado y también se requiere incorporar otras técnicas para tener una ubicación más precisa de todos los componentes microalgales y por ende de las comunidades y subcomunidades, este trabajo ofrece sólo un panorama general del comportamiento de este río. Lo que deja la puerta abierta para continuar con estudios futuros que registren los cambios estacionales así como los cambios debido a las actividades antropogénicas cada vez más frecuentes a lo largo del cauce de éste importante río.

IX Conclusiones

- ❖ La riqueza específica (21 taxa) y el valor de la diversidad indican un sistema complejo en el cual se incluyen especies de diferentes hábitats.
- ❖ De acuerdo a la abundancia y biovolumen, se encontró dominante al grupo de las diatomeas seguido por las clorofitas.
- ❖ En la época de secas cálidas se presentó el mayor valor de diversidad por la influencia de especies salobres debido a la intrusión de agua marina.
- ❖ La dinámica fitoplanctónica estuvo influida principalmente por la temporada de lluvias y secas.
- ❖ Se encontraron correlaciones positivas entre la concentración de oxígeno disuelto y algunas especies dominantes del fitoplancton, debido al proceso de fotosíntesis.

X Literatura citada

- APHA-AWWA-WPCF (1995), Standard Methods for the examination of water and wastewater. 19th Edition. American Public Health Association. Washington D.C. 10-17, 10-24 Pp.
- Allan JD (1995) Stream ecology: structure and function of running waters. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 389 Pp.
- Barbour MT, Gerritsen J, Snyder BD, and Stribling JB (1999) Rapid Bioassessment Protocols for Use in stream and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrate and Fish. Second Edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Water; Washington, D.C.
- Battarbee, R. W. 1986. Diatom analysis. In: E. B. Berglund (Ed.). Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology. John Wiley and Sons. Chichester. Pp 423-448.
- Clarke, K. y R. Gorley. 2006. Primer v6.1.6: User manual/Tutorial. PRIMER-E. Ltd. Plymouth Marine Laboratory. Reino Unido. 190 p.
- Comas, A. 1996. Las Chlorococcales dulceacuícolas de Cuba [The freshwater Chlorococcales from Cuba]. Bibliotheca Phycologica. Band 99. J. Cramer. Berlin-Stuttgart.
- CONABIO 2000. Programa de regiones hidrológicas prioritarias. México, D. F.
- Comisión Nacional del Agua. 2011. Atlas del Agua en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México D.F.
- Darley WM (1987) Biología de las Algas, Enfoque Fisiológico. Ed Limusa. México. 236 Pp.

Debenest T., J. Silvestre, M. Coste, F. Delmas, E. Pinelli, 2008. Herbicide effects on freshwater benthic diatoms: Induction of nucleus alterations and silica cell wall abnormalities. *Aquatic Toxicology*. 88:88p

De León Lizet y Chalar Guillermo (2003). Abundancia y diversidad del fitoplancton en el embalse de salto grande (Argentina-Uruguay). Ciclo estacional y distribución espacial. Sección limnología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. Iguá 4225 CP: 11400. Montevideo-Uruguay.

Esqueda-Lara *et al.*, (2016). Fitoplancton en el humedal tropical Chaschoc en la cuenca baja del río Usumacinta. Diagnostico y manejo de humedales, división académica de ciencias biológicas, Universidad Juárez Autónoma de tabasco. *Revista mexicana de biodiversidad* 87 (2016) 11-77 11-88.

Fuentes F. 2002. Manual de laboratorios, Ecología de microorganismos. Departamento de Biología del Recinto Universitario de Humacao, Universidad de Puerto Rico.

García-Rodríguez J., Molina-Astudillo F.I., Quiróz Castelán H., Trujillo Jiménez P. y Díaz Vargas M. (2011), Distribución y sistemática del fitoplancton a lo largo del río Amacuzac, Morelos, México. *Acta Universitaria*, **21** (2): 11-23.

Gaytan-Herrera *et al.*, (2017). Annual phytoplankton dynamics in La Antigua River, Veracruz, Mexico. *Journal of Environmental Biology*. Research and Postgraduate Division, UNAM, FES-Iztacala, Estado de México, México.

Goldman CR, Horne AJ (1982) *Limnology*. Mc Graw-Hill Book Co., New York. 464 Pp.

Gomez-Luna L.M. (2007), Microalgas: Aspectos ecológicos y Biotecnológicos. *Revista Cubana de Química*, VOL. XIX, núm. 2, 2007, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. pp.3-20.

- Huber-Pestalozzi, G. 1968. Das phytoplankton des süßwassers: Systematik und biologie. 16 (3,2). Cryptophyceae, Chloromonadophyceae, Dinophyceae. E. Schweizerbart'sche Verlangsbuchhanlung. Stuttgart.
- Hynes, H.B.N. 1974. The biology of polluted waters. University of Toronto Press, Toronto. 201 pp.
- Juárez, A. O. 2005. Microalgas en tres sistemas acuáticos del Estado de México. Tesis de Licenciatura. UNAM. FES ZARAGOZA. México. Pp. 2-8
- Komárek, J. 2003. Coccoid and colonial cyanobacteria. In: Wehr, J.D. y R.G. Sheat (Eds.) Freshwaters algae of North America. Ecology and classification. Academic Press. New York. Pp. 117-196
- Komárek, J. & K. Anagnostidis. 1999. Cyanoprokaryota 1 Teil: Chroococcales. Susswasserflora von Mitteleuropa. H. Etts, G. Gartner, H. Heynig and D. Mollenhauer (Eds.) Jena, Gustav Fischer.
- Komárek, J. & K. Anagnostidis. 2005. Cyanoprokaryota 2 Teil/ 2nd Part: Oscillatoriales. Susswasserflora von Mitteleuropa 19/2. B. Budel, L. Krienitz, G.Gartner and M. Schagerl (Eds.) Heidelberg, Elsevier/Spektrum.
- Komárek, J. and Fott, B. 1983. Das phytoplankton des süßwassers, Systematik und biologie. 7/1. 16. Chlorophyceae (Grüalgen). Ordnung: Chlorococcales. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1986. Süßwasser flora von Mitteleuropa. Band 2/1: Bacillariophyceae. 2. Teil: Naviculaceae. Gustav Fisher. 586 pp.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1988. Süßwasser flora von Mitteleuropa. Band 2/2: Baccillariophyceae (Epithemiaceae, Surirellaceae). Gustav Fisher. 596 pp.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1991a. Süßwasser flora von Mitteleuropa. Band 2/2: Baccillariophyceae (Centrales, Fragilariaceae, Eunotiacea). Gustav Fisher. 576 pp.

- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1991b. Süßwasser flora von Mitteleuropa. Band 2/4: Baccillariophyceae (Achnanthes, Kristiche Ergannzung zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema. Gustav Fisher. 576 pp.
- Luque, M. E. y Martínez de F., A. L. 2003. Distribución temporal del fitoplancton y epilíton en el río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina). Departamento de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Exactas Físico-Químicas y Naturales. UNRC. *Limnetica* 22 (3-4): 19-34.
- Margalef, R. (1983) *Limnología*, Ediciones Omega, Barcelona, Pp: 178.181.
- Moraña-Liliana B., (2017). Fitoplancton de ríos y arrollos de la Alta Cuenca del Río Bermejo, Argentina. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.
- Montejano, Z.G., Carmona-Jiménez, J y Cantoral-Uriza, E. 2000. Algal communities from calcareous springs and streams in La Huasteca, central Mexico: a synthesis. In: Munawar, M., Lawrence, S.G., Munawar, I.F. y Malley, D.F. (Eds.). *Aquatic Ecosystems of Mexico: Status & Scope*. Backhuys Publishers, Leiden. Pp 135-149.
- Moreno-Ruíz J.L., Tapia-García M., González-Macías M. del C. y Figueroa-Torres M.G. (2008), Fitoplancton del río Tehuantepec, Oaxaca, México y algunas relaciones biogeográficas. *Int. J. Trop. Biol.* (ISSN-0034-7744). **56** (1): 27-54.
- Odum, H. P., 1988. *Environmental systems and Public Policy*. Ecological Economics Program. University of Florida, USA.
- OECD, 1982: *Eutrophication of Waters. Monitoring Assesment and Control*. Organization for Economic cooperation and Development, Paris, 152 pp.

- Oliva-Martínez *et al.*, (2005). Caracterización diatomológica en tres cuerpos de agua de los humedales de Jilotepec-Ixtlahuaca, Estado de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM. Laboratorio de Botánica. *Hidrobiológica* **15**(1):1-26.
- Ortega-Murillo M.R., Díaz-Martínez N.T., Alvarado-Villanueva R., Hernández-Morales R., Avilés-Vásquez M.L., Aguilar-Gómez M.E., Vázquez-Jarquín O. y Martínez-Martínez M. (2012). Fitoplancton de la región litoral del río Cupatitzio, Michoacán, México. *Biológicas*, **14** (2): 57-66.
- Popovsky, J. and Pfister, L. A. 1990. Süßwassers von Mitteleuropa. Begr. A. Pascher Bd 6, 1 Aufl. Dinophyceae (Dinoflagellida). Gustav Fisher. Verlag, Jena/Stuttgart
- Ramírez, R.R., J.J. Carmona and D.C. Martorell: Microhabitat and morphometric variation in two species of *Prasiola* (Prasiolales, Chlorophyta) from streams in central Mexico. *Aquat. Ecol.*, **41**, 161-168 (2007).
- Ramírez-Vázquez M., Beltrán-Magos Y., Bojorge-García M., Carmona-Jiménez J., Cantoral-Uriza E.A. y Valadez-Cruz F. (2001). Flora algal del río La Magdalena, Distrito Federal, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **68**: 45-67.
- Reynolds, C.S. (1984) The ecology of freshwater phytoplankton, Cambridge University Press. New York. 384 pp.
- Reynolds, C.S. (1993) Scales of disturbance and their role in phytoplankton ecology. *Hydrobiology* 249: 157-171.
- Reynolds C.S. (1997) Vegetation Processes in the Pelagic: A model Ecosystem the dry in Ecology. In: O Kinna (Ed.). Pp. 1-15.
- Reynolds C.S. (2006) The ecology of Phytoplankton. Cambridge University Press. UK. 524.
- Round, E.F. (1984) The ecology of Algae. Cambridge. 654 pp.

- Round, E., Crawford, R. and Mann D. 1990. The Diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge University Press, USA.
- Rout J and Gaur JP (1994) Composition and dynamics of epilithic algae in a forest stream at Shillong (India). *Hydrobiologia*, 291: 61- 74.
- Sabater S, Sabater F and Armengol J (1988) Relationships between Diatom Assemblages and Physico-chemical variables in the River Ter (N. E. Spain). *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 73: 171- 179.
- Scarsbrook MR and Townsend CR (1993) Stream community structure in relation to spatial and temporal variation: a habitat templet study of two constrasting. *New Zealand streams. Freshwater Biology* 29: 395-410.
- Schwoerbel J (1975) *Metioden der Hydrobiologie*. H. Blume Ediciones. España. 261 Pp.
- Sinsabaugh RL, Weiland T and Linkins AE (1991) Epilithon patch structure in boreal river. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 10 (4): 419-429.
- Sun, J. & Liu, D. 2003. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 25(11):1331-1346.
- Tapia, M.E. (2002), Estudio de las comunidades del fitoplancton en los ríos Daule, Guayas y Estero salado, Guayaquil, Ecuador. *Acta oceanográfica del Pacífico*, Vol. 11 (1): 79-90.
- Tell, G. and Conforti, V. 1986. *Euglenophyta pigmentadas de la Argentina*. Biblioteca. Band 75. J. Cramer. Berlin/Stuttgart.
- Valadez Cruz, F., Carmona Jiménez, J. y Cantoral Uriza E.A. 2006. Algas de ambientes lóticos en el estado de Morelos, México. *Anales Inst. Biól. Univ. Nac. Autón. México. Ser. Bot.* **67**(2):227-282.

Vannote RL, Minshall GW, Cummins KW, Sedell JR y Gushing E (1980) The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Sci. 37:130-137.

Wehr, J.D. & Sheath G. (2003) *Fresh Water of North America, Ecology and Classification*. Series editor, Lawrence, Kansas, USA. 918pp.

Wetzel RG (2001) *Limnology*. Third edition. Academic Press. San Diego California USA. 1006 Pp.