

Fitoplancton de la región litoral del río Cupatitzio (Michoacán, México)

Ortega-Murillo M. R. ✉, Díaz Martínez N.T., Alvarado-Villanueva R., Hernández-Morales R., Avilés Vásquez M. L., Aguilar-Gómez M. E., Vázquez Járquin O. y Martínez Martínez M.

Laboratorio de Biología Acuática "J. Javier Alvarado Díaz". Facultad de Biología, UMSNH. Santiago Tapia # 403 Col. Centro, C.P. 58000

Resumen

Dentro de la subcuenca del río Cupatitzio, se incluyen sistemas lóticos y lénticos que han sufrido modificaciones hidráulicas y ecosistémicas, como resultado de actividades antrópicas. Hasta ahora, para esta subcuenca, no se conoce la riqueza específica de su microflora planctónica, y la información existente es fragmentaria y escasa. Por este motivo se pretende determinar la biodiversidad de especies a través de la riqueza de taxa en tres temporadas: seca-fría (Noviembre), seca-cálida (Mayo) y lluvias (Agosto) (2010). Se efectuaron muestreos en las secciones alta, media y baja del río en nueve sitios, en los que se registraron once variables fisicoquímicas. Las muestras ficológicas, se obtuvieron mediante red de plancton (39 µm), y se fijaron con formol al 4%; su identificación se llevó a cabo bajo microscopio compuesto y consulta de bibliografía específica. Los valores de las variables fisicoquímicas indican la existencia de aguas cálidas, oxigenadas, con bajas concentraciones de sales y de iones, pH ligeramente ácido, baja concentración de sólidos disueltos, y aguas duras, con altas concentraciones de fosfatos amonio y materia orgánica. Con respecto al componente biótico, se registraron un total de 238 especies que corresponden a nueve clases de algas; las diatomeas presentaron la mayor riqueza específica (61%), mientras que los valores mínimos estuvieron representados por los criptomónidos, algas verde-amarillas y algas doradas (1%). La mayor riqueza (47%) se presentó durante la época seca-cálida en la zona alta de la cuenca, mientras que el mínimo (21%) se obtuvo durante lluvias en la zona media.

Palabras claves: fitoplancton, riqueza específica, temporadas, subcuenca, río

Abstract

The Cupatitzio river subwatershed includes lotic and lentic sections that have had hydraulic and ecosystem changes, as a result of anthropogenic activities. Up to the present, the phytoplankton richness of this subwatershed is not known, and extant information about it is fragmentary and scarce. For this reason, we determined the biodiversity of phytoplankton species through the richness of taxa during three periods: dry-cold (november), dry-warm (may), and rainy (august) seasons (2010). We surveyed the high, middle, and low sections of the river at nine sites, in which eleven physicochemical variables were recorded. Phytoplankton samples were obtained through plankton net (39 µm), and were fixed with formalin (4%); its taxonomic determination was carried out under a compound microscope and specific literature. The values of the physicochemical variables indicate the existence of hard, warm, and oxygenated waters, with low concentrations of salts, ions and dissolved solids, slightly acidic pH, and high concentration of phosphates, ammonia and organic matter. With respect to the biotic component, we registered a total of 238 species corresponding to nine algae groups; diatoms showed the highest richness value (61%), while the minimum values were represented by the cryptomonads, green-yellow, and golden algae (1%). The highest richness values (47%) occurred during the dry-warm period in the higher sections of the basin, while the minimum (21%) was recorded during the rainy season in the middle section of the river.

Keywords: phytoplankton, species richness, seasons, subwatershed, river.

Introducción

El fitoplancton es considerado un ensamble de organismos planctónicos fotoautotróficos, adaptados a la suspensión de los lagos y ríos, se encuentran sometidos al movimiento pasivo de las corrientes. Constituyen el primer eslabón de la red trófica como productores primarios y su presencia y/o ausencia limita el desarrollo y distribución de otras comunidades (Wetzel 1981, Reynolds 1984 & Allan 1995). Vannote *et al.* (1980) y Scarsbrook & Townsend (1993), definen que los ríos son sistemas lóticos con un flujo unidireccional de agua dentro de un canal y poseen una gran heterogeneidad espacial y temporal, lo que brinda a las comunidades algales, un gran número de microhábitats susceptibles de ser colonizados. En los sistemas lóticos, se presenta un gradiente longitudinal y latitudinal, zona alta, media y baja, se puede mencionar que el fitoplancton en forma general se

encuentra confinado los lugares de remanso cerca del litoral en las tres zonas que presenta el río. Las asociaciones de las microalgas son el reflejo de las condiciones ambientales que se manifiestan en su riqueza específica y su distribución (Sabater *et al.* 1988, Sinsabaugh *et al.* 1991; Rout & Gaur 1994). Por sus respuestas a las condiciones ambientales, así como a sus ciclos de vida corto, entre otras propiedades, son consideradas importantes bioindicadoras (Barbour *et al.* 1999). El estado trófico muestra la concentración de nutrimentos en los sistemas acuáticos, variable que determina las fluctuaciones en la composición de las comunidades biológicas (Round 1981, Goldman & Horne 1983; Wetzel 2001).

La Subcuenca del río Cupatitzio esta conformada por sistemas lóticos de primer, segundo y tercer orden, que se han visto afectados por la actividad antrópica por las construcciones de presas, puentes, carreteras entre otras actividades. Debido a que no se han efectuado estudios previos sobre la calidad del agua ni a la asociación y ensamble fitoplactónico, el siguiente trabajo tiene como objetivo principal realizar un aporte al conocimiento de la riqueza específica y distribución del fitoplancton del río

✉ **Autor de correspondencia:** Maria del Rosario Ortega Murillo. Manantiales de Sindurio # 141. Inf. Los Manantiales, Morelia, Michoacán, México, C.P. 58170. Email: rosaormu@yahoo.com o mariadelrosario007@gmail.com

Cupatitzio durante tres épocas: seca-fría, seca-cálida y lluvias en el año 2010, considerando nueve sitios distribuidos en la cuenca alta, media y baja.

Materiales y métodos

El área de estudio (**Fig. 1**) se localiza en la pendiente sur de la Sierra de Uruapan abarcando los municipios de Uruapan, Gabriel Zamora, Lombardía y Nueva Italia hasta llegar a la parte alta del valle de Apatzingán, ubicada geográficamente entre las coordenadas extremas 19° 25' 01.97" N y 102° 03' 01.30" W. Drena una superficie total de 2,659.03 km², cubriendo un 4.53 % de la superficie del Estado de Michoacán (CNA 2009). Se ubica en la provincia fisiográfica denominada Arco Neovolcánico Transmexicano, en específico en la subprovincia Neovolcánica Tarasca (INEGI 1985). Presenta un gradiente altitudinal de 3,845 msnm hasta los 700 msnm. La parte baja se encuentra al sur, limita con la provincia fisiográfica de la Depresión del Río Balsas,

mientras que la máxima altitud se localiza en el Cerro Tancítaro (Gómez-Tagle 1985, INEGI 1985). Se observa en la superficie basaltos piroclásticos, así como aportes más recientes de materiales volcánicos, depósitos de la erupción del volcán Parícutín (Demant 1976, Gómez-Tagle 1985). Los suelos predominantes de la región son de tipo Andosol con textura media; se encuentran suelos de tipo Litosol y Regosol con textura gruesa (Gómez-Tagle 1985). En base al sistema de clasificación de climas según Köppen modificado por García (1981) va desde templado C (w₂) a semicálido (A) C (m), (A) C (w₂), (A) C (w₁), Aw₁ y Awo, con temperatura media anual que fluctúa entre 18 y 20 °C. Ocurrencia de granizadas de 2 a 4 días al año, mientras que la precipitación oscila de los 1,500 a 2,000 mm, y la frecuencia de heladas puede variar de 5 a 20 días anuales (García 1981, INEGI 1985).

La Subcuenca del Río Cupatitzio se encuentra dentro de la región hidrológica del Río Balsas (RH18), en la cuenca hidrológica Tepalcatepec-Infiernillo (INEGI 1985). Rzedowski

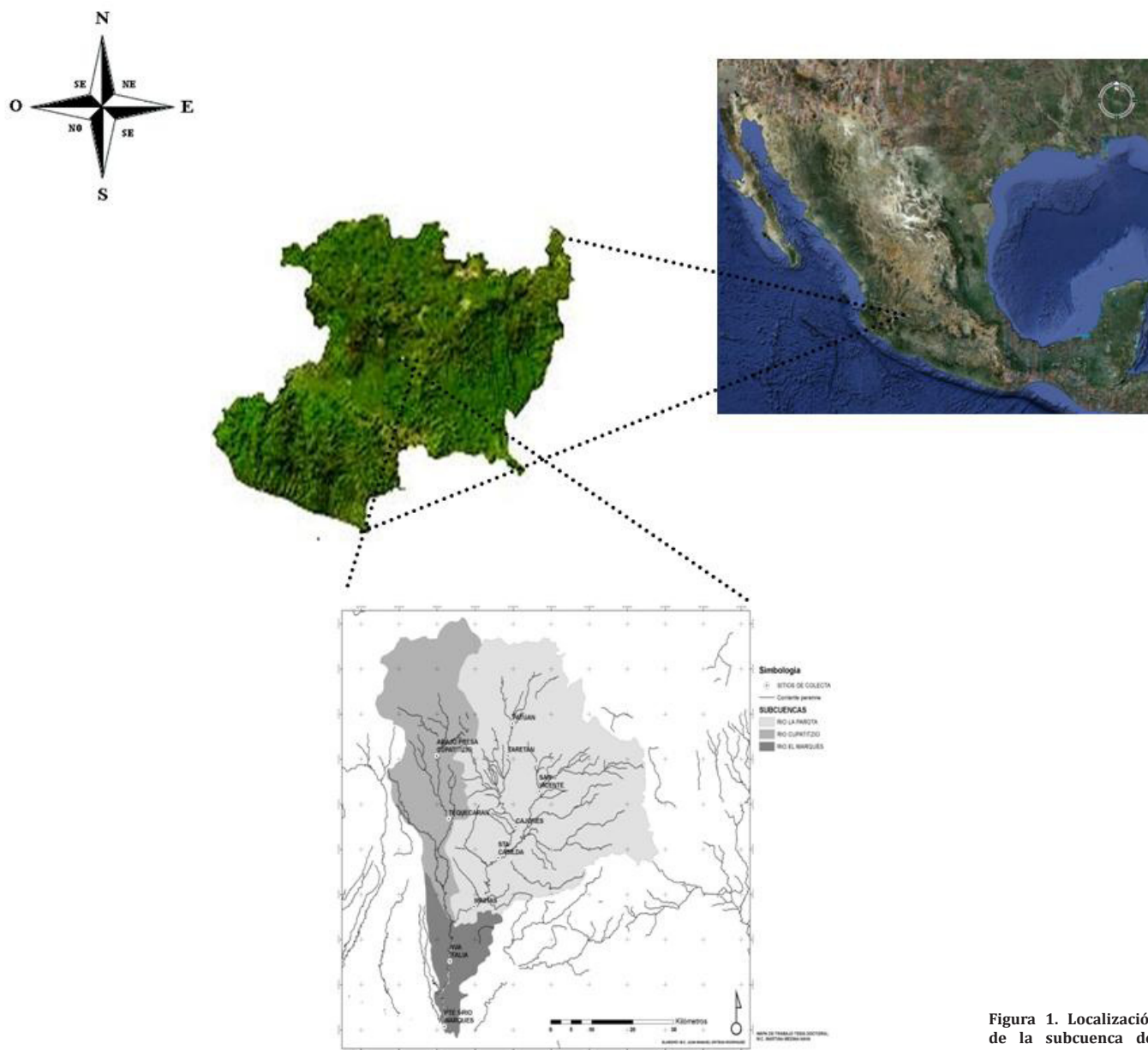


Figura 1. Localización de la subcuenca del Cupatitzio

(1978), menciona que la vegetación predominante en la Barranca del Cupatitzio corresponde a la del “bosque de coníferas”, mientras que Bello & Madrigal (1996), reconocen tres tipos de vegetación en el Área de Montaña: Bosque de Pino, Bosque de Pino-encino y Bosque Mesófilo de Montaña. La vegetación del área de río no ha sido descrita en detalle, aunque se considera que incluye elementos florísticos de Bosque de Pino-encino, Mesófilo de Montaña y de Galería, muy perturbados por la introducción de plantas exóticas.

Para el presente estudio se llevaron a cabo muestreos en nueve sitios (Tabla 1, Fig. 2) durante los meses de enero, mayo y septiembre del 2010, el fitoplancton se colectó con red de 39 micrómetros de abertura de malla, efectuando el arrastre horizontal por tres minutos, las muestras se fijaron con formol al 4% y se depositaron en el laboratorio de Biología Acuática; se registraron variables abióticas (Tabla 2) en el campo considerando la propuesta de APHA-AWWA-WPCF (1992), temperatura del agua, profundidad, transparencia, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, salinidad, sólidos disueltos totales, además se tomaron muestras de agua en garrafas que fueron trasladadas al laboratorio de Análisis Químico de Biología Acuática “J. Javier Alvarado Díaz” de la Facultad de Biología UMSNH, en la oscuridad y a temperaturas bajas para su análisis posterior de los siguientes parámetros (Tabla 2): alcalinidad (Total y a la fenolfaleína), dureza, fosfatos, amonio, nitratos y nitritos así como DBO. El material biológico colectado se preservó con formol al 4% depositándolo para su resguardo y posterior análisis en el Herbario Ficológico del Laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología “J. Javier Alvarado

Díaz”. La determinación se realizó bajo microscopio compuesto marca Leitz con los objetivos de 40 y 100 X. A través del método de curva de acumulación de especies, según Braun-Blanquet (1979) se obtuvo el tamaño mínimo de muestra de 18 gotas con una pipeta pauster. La identificación y determinación del fitoplancton tomó como base los criterios nomenclaturales de: Patrick & Reimer (1966, 1975); Whitford & Schumacher (1973); Prescott & Vinyard (1982); Conforti (1986); Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a y 1991b); Dillard (1990); Comas (1996); Krammer (2000 a y b 2002); Komárek & Anagnostidis (2001, 2002) y John *et al.* (2003).

Resultados

Los resultados de las variables ambientales se presentan en las tablas 3 y 4 con los mínimos y máximos obtenidos de cada una de las tres época muestreadas, además por cuencas (Alta, Media y Baja), cabe mencionar, que en algunos sitios no se muestrearon las tres épocas, por ser sitios o lugares turísticos o zona Federal.

Tabla 1. Coordenadas de los sitios de colecta

ID	LOCALIDAD	COORDENADAS	CARACTERÍSTICAS
1.	Parque Nacional (PN)	19° 25' 27.30" N 102° 04' 17.19" W	Área conservada de la cuenca alta , con bajo impacto por turismo. Área urbana.
2.	Río Santa Bárbara (RSB)	19° 24' 40.35" N 102° 01' 00.26" W	Cuenca alta , sitio impactado, Zona Urbana
3.	Presa Caltzontzin (PCA)	19° 25' 14.56" N 102° 01' 04.99" W	Cuenca alta , sitio impactado. Zona urbana.
4.	Presa Zumpimito (ZU)	19° 22' 00.47" N 102° 05' 23.49" W	Cuenca alta-media . Bosque de pino-encino con tierra, de cultivo de temporal
5.	Presa Cupatitzio, por Matuguaran (PCU)	19° 25' 14.56" N 102° 01' 04.99" W	Cuenca media . Bosque de pino con cultivos temporales.
6.	Tzararacua (ZA)	19° 20' 59.03" N y 102° 04' 56.85" W	Cuenca media . Bosque de pino-encino y cultivo de aguacate
7.	Presa Jicalán o Charapendo (CH)	19° 18' 16.15" N y 102° 04' 42.65" W	Cuenca media . Bosque de pino-encino con tierras de cultivo de temporal.
8.	Barranca Honda o Tequecaran (BH)	19° 13' 24" N y 102° 03' 27" W	Parte de la Cuenca baja , Río Cupatitzio, Bosque Cauducifolio, con cultivos de riego en las partes altas.
9.	Paso de la Muerte o Mina de Material de la Laguna (PDM)	19° 05' 52.11" N y 102° 04' 10.77" W	Cuenca baja , límite de los Ríos Cupatitzio y Márquez, Bosque caducifolio con cultivos de riego.

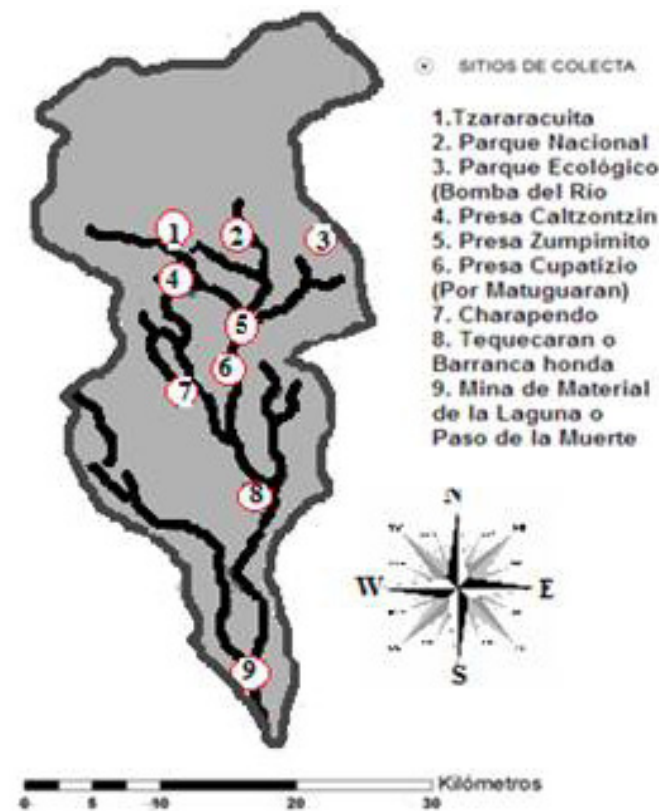


Figura 2. Sitios de colecta en el río Cupatitzio

La temperatura del agua osciló de 24 a 16.3 °C, la transparencia y la profundidad presentaron los mismos valores y fluctuaron de 147 cm a 30 cm, con respecto al oxígeno disuelto las concentraciones oscilaron de 12.48 a 3.25 mg/L, la conductividad eléctrica medida en $\mu\text{S}/\text{cm}$ ondearon de 278 a 137, los sólidos disueltos totales blandieron

Tabla 2. Análisis de variables ambientales del campo y laboratorio

Variable	Técnica
Temperatura (°C)	Con Termómetro de mercurio de 0 a 100
Profundidad (cm)	Sonda graduada en centímetros
Transparencia (cm)	Disco de Secchi
Oxígeno (mg/L)	Técnica de Winkler modificada al ázida de sodio
Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Conductímetro de campo marca "Conductronic" modelo PC-18
SDT (mg/L)	
Salinidad (mg/L)	
pH	Colorimetría
Alcalinidad Total (mg/L)	Técnica volumétrica con H_2SO_4 0.02 N
Alcalinidad a la fenolftaleína (mg/L)	Técnica volumétrica con H_2SO_4 0.02 N
Carbonatos (mg/L)	Cálculo directo
Bicarbonatos (mg/L)	Cálculo directo
Dureza Total (mg/L)	Técnica volumétrica con EDTA 0.01 N
Fósforo (mg/L)	Espectrofotometría Reactivo mixto HANNA HI 3833
Amonio (N-NH_4^+) (mg/L)	Espectrofotometría con reactivo Nesler
Nitratos (N-NO_3^-) (mg/L)	Reducción por Cadmio HANNA HI3874
Nitritos (N-NO_2^-) (mg/L)	Reactivo Ácido Cromotrópico HANNA HI3873
DBO	Técnica de incubación DBO_5 y disolución

Tabla 3. Resultados de las variables ambientales en las tres épocas

Temporada	Secas Frías		Secas cálidas		Lluvias	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Temperatura (°C)	16.3	24	20	22.3	17.5	22.5
Profundidad (cm)	30	60	24	147		
Transparencia (cm)	30	60	24	147		
Oxígeno (mg/L)	3.25	6.3	3.56	12.48	5.28	7.29
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	181.9	250	82.2	278	137.4	269
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	86.9	122.5	38.9	133.7	60	128.9
Salinidad (mg/L)	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1
pH	7	7	6.5	7	6.5	7
Alcalinidad Total (mg/L)	1.5	56	0	6	0	20
Carbonatos (mg/L)	0.25	70	0	12	0	40
Bicarbonatos (mg/L)	0	116	30	74	21	65
Dureza Total (mg/L)	1.5	55	51	116	66	100
Fósforo (mg/L)	0.25	2	0	12	0	0.05
Amonio (mg/L)	0	3	0.1	2	0.5	1.2
Nitratos (mg/L)	0	0.1	0	3	3	3
Nitritos (mg/L)	0	0	0	0.1	0.1	0.1
DBO_5 (mg/L)	0.39	5.13	0.39	5.13	2.73	9.21

de 128.9 a 28.9, el pH indican aguas ligeramente ácidas a neutras, mientras que la alcalinidad fue de 0 a 56 mg/L con ligera presencia de bicarbonatos, la dureza fluctuó de 116 a 1.5 mg/L; los nutrientes el fósforo se encuentra en bajas cantidades con respecto al nitrógeno (en forma de amonio, nitritos y nitratos) y por último el DBO_5 fue de 9.21 a 0.39 mg/L.

Con respecto a las microalgas flotantes del litoral de la cuenca se determinaron un total de 238 especies, que corresponden a 8 clases de algas (Tabla 4), donde Bacillariophyceae se presentó con la mayor riqueza específica (151 especies), seguida de Chlorophyceae (33 especies), Cyanophyceae 20 especies), Euglenophyceae (16 especies), Zygnematomphyceae (nueve especies), Dinophyceae (cinco especies), Chrysophyceae (con dos), por último Xanthophyceae y Cryptophyceae muestran los valores bajos (con una especie respectivamente). En la Figura 3 se muestra la riqueza de taxa en porcentaje, revelándose las Bacillariophyceae o diatomeas con altas cantidades (61%), posteriormente continúan Chorophyceae o algas verdes (15%), Cyanophyceae o algas azul verde (9 %), Euglenophyceae o euglenidos, (6%) Zygnematomphyceae (4%), Dinophyceae o dinoflagelados (2%), mientras que Chrysophyceae o algas doradas, Xanthophyceae o algas verde amarillento y Cryptophyceae o criptomónidos (1%) exteriorizan los valores bajos. La mayor riqueza taxonómica (Fig. 4) ocurrió en la época de secas-cálidas, con el máximo número de especies de diatomeas. Cabe mencionar que las diatomeas, junto con las algas azul verde, euglenidos, criptomónidos, algas doradas, algas verdes y zygnematales estuvieron presentes en las tres épocas de colecta, mientras que las dinofíceas solamente se localizaron en secas cálidas y las algas verde amarillento se restringieron para la época de secas frías (Fig. 5).

Con respecto a la distribución de las microalgas (Fig. 6) en las zonas del río, se detectó que las Cyanophyceae, Euglenophyceae, Bacillariophyceae, Chlorophyceae y Zygnematomphyceae estuvieron presentes en todos los sitios del río y los valores altos de la riqueza específica le perteneció a la cuenca

Tabla 4. Resultado de las variables por cuenca

Secas Frías	Cuenca alta		Cuenca Media		Cuenca baja	
	Máxima	Mínima	Máximos	Mínimos	Máxima	Mínimos
Temperatura (°C)	20	16.3	21.5	18	24	17.5
Profundidad (cm)	147	36	63	30	50	30
Transparencia (cm)	60	60	63	30	24	17.5
Oxígeno (mg/L)	12.4	3.3	6.4	5.3	6.3	4
Conductividad (µS/cm)	269	82.2	230	151.8	278	121
Solidos Disueltos Totales (mg/L)	128.9	38.9	115	72.4	133.7	57.6
Salinidad (mg/L)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
pH	7	6.5	7	7	7	7
Alcalinidad Parcial (mg/L)	65	2	73	46	56	3
Alcalinidad Total (mg/L)	40	0	56	0	30	0
Carbonatos (mg/L)	50	0	70	0	40	0
Bicarbonatos (mg/L)	74	0.5	116	46	74	36
Dureza Total (mg/L)	100	1.5	90	55	116	70
Dureza de calcio (mg/L)	70	1	60	30	50	6
Dureza de magnesio (mg/L)	51	6	43	1.5	76	0
Fósforo (mg/L)	3	0	12	1.5	3	0
Amonio (mg/L)	2	0.1	2	1.2	0.5	0.3
Nitratos (mg/L)	0.1	0	3		3	0
Demanda Biológica de Oxígeno (mg/L)	7.3	2.6	7.3	3.8	7.6	0-4

Tabla 5. Componente taxonómico

Clases	Orden	Familia	Género	Especie
Cyanophyceae	4	9	13	20
Cryptophyceae	1	1	1	1
Dinophyceae	1	1	1	1
Euglenophyceae	2	3	4	16
Xanthophyceae	1	1	1	1
Chrysophyceae	1	1	1	2
Bacillariophyceae	14	24	32	151
Chlorophyceae	6	12	18	33
Zygnematophyceae	1	3	5	9

alta, siguiéndole la parte baja y por último la media, se puede aludir que bacillariophyceae en todos los sitios presentó la mayor riqueza específica.

Discusión

El término “calidad de agua” contempla un conjunto de características físicas, químicas y biológicas que permiten designar como adecuado o no para usos humanos en un espacio y tiempo determinado. Su estudio permite detectar los efectos dañinos

causados por actividades antrópicas que cambian e incluso pueden llegar a modificar severamente las condiciones naturales de los medios acuáticos (Tebbutt 1990). El análisis de las variables ambientales, es importante ya que permite definir las preferencias a las condiciones fisicoquímicas y la distribución de las especies en la cuenca de río Cupatitzio de la comunidad fitoplanctónica, además reconoce cual o cuales son los factores limitantes en la distribución de

las microalgas. En un ecosistema lótico variables a considerar son la turbidez, velocidad de corriente, oxigenación y su grado de disolución (Margalef 1983).

Con respecto a la descripción del ambiente en el río Cupatitzio realizada por Áviles (2012). Con base a la temperatura del agua, la oscilación que se presentó fue muy homogénea durante el periodo de muestreo, lo cual permite clasificar al cuerpo de agua como un sistema cálido con base a Margalef (1983), las temperaturas obtenidas en el presente estudio indican un sistema subtropical, Segura (2011) hace la referencia de un cuerpo de aguas subtropical para el Alto Lerma.

La transparencia del agua, es un factor muy importante en el comportamiento de un sistema lacustre, para la comunidad de los Productores Primarios, en el río Cupatitzio se detectaron los valores altos en las presas o aguas estancadas, mientras que los mínimos fueron en la temporada de secas, con la disminución de la profundidad. Margalef (1983), Wetzel (1981) mencionan que la transparencia es el inverso de la turbidez, en el sistema del Cupatitzio se encontraron zonas muy turbias en los sitios que han sido represados por el hombre, como la Presa de Jicalán y Barranca Honda. Margalef (1983), alude que en forma general las aguas de los ríos suelen ser ricas en oxígeno, debido al movimiento de la masa de agua que es un flujo continuo y horizontal, lo anterior ocurrió en lluvias donde el movimiento del agua es más rápido, además hay que considerar la gran cantidad de biomasa de las algas flotantes o adheridas y a la presencia de vegetación acuática que realizan el proceso de fotosíntesis, (Aguilar 2012 & Díaz 2012).

La conductividad eléctrica fue homogénea, pero en lluvias se manifestó elevada en la presa Zupimito, lo anterior se debe a la presencia de material orgánico y sales disueltas que son arrastradas hacia los cauces del río por la acción erosiva del agua (Magalef 1983). Contreras (1984), alude que los sólidos totales disueltos están constituidos por el aporte de materiales de tipo edáfico, geológico, y orgánico, los cuales son arrastrados por el cauce del río, modificando las características del medio acuático y limitando la penetración de la luz, lo cual sucede en algunos sitios de colecta del río Cupatitzio. Wetzel

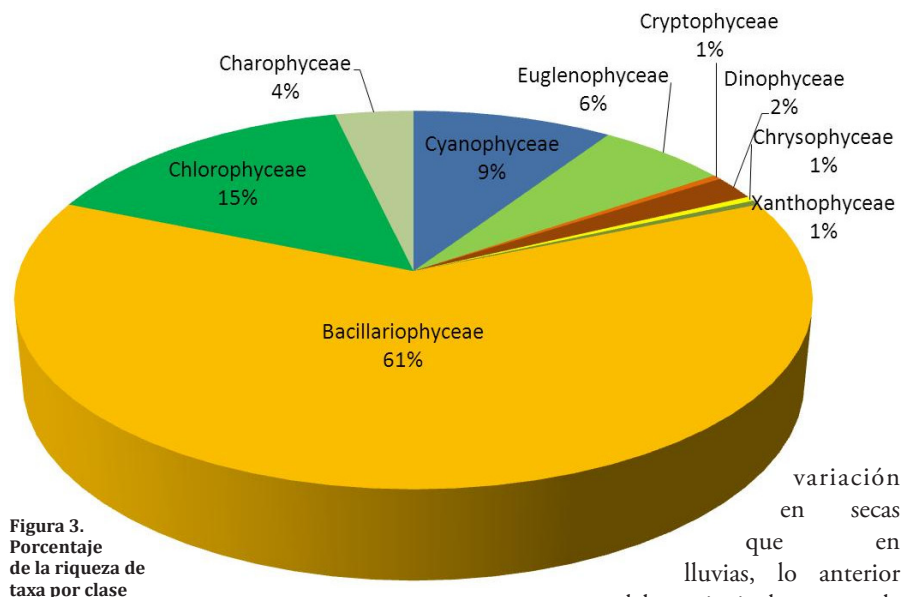


Figura 3.
Porcentaje
de la riqueza de
taxa por clase

(1981) alude que la salinidad de las aguas superficiales es altamente variable, dependiendo de las influencias iónicas de drenaje, del equilibrio e intercambio del volumen de agua con los sedimentos, en el flujo del río existe una homogeneidad en dicha variable, lo anterior quizás se deba al constante movimiento del agua. En el presente estudio el pH es circumneutral detectándose la presencia de ácido carbónico (H_2CO_3) y de bicarbonatos (HCO_3^-), Marín (2002) argumenta que el pH del agua es el equilibrio carbónico, el cual está relacionado con la actividad los microorganismos acuáticos, además menciona que la secuencia de equilibrios de disolución de CO_2 en el agua, y la subsiguiente disolución de carbonatos e insolubilización de bicarbonatos, está relacionada con el pH de cualquier agua, sucediendo en el presente trabajo.

La dureza total exhibió menor

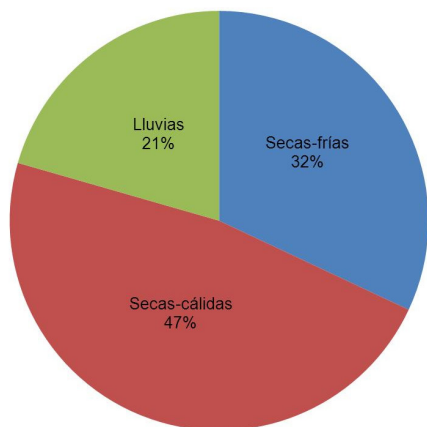


Figura 4. Porcentaje de fitoplancton según la época del año

variación en secas que en lluvias, lo anterior se debe principalmente a la disponibilidad de iones por el fenómeno de precipitación. Pérez (2008) comenta que los valores altos de dureza se deben a la oxidación bacteriana (considerando las aguas residuales) y una alta radiación solar (sitios con un mayor porcentaje de deforestación), en el Paso de la Muerte sitio de baja altitudes y que lleva en sus aguas, lo aportado durante su trayecto, ostentó los valores altos. Con respecto a las concentraciones de DBO_5 , son elevados en época de lluvias indicando un mayor consumo de oxígeno disuelto para llevar a cabo la degradación de materia orgánica, Margalef (1983) menciona que un valor por encima de los 10 mg/L, rebasa la máxima cantidad de oxígeno que puede haber disuelto en el agua, indicando una situación de tensión, para este trabajo los valores altos correspondieron a los sitios (Parque Nacional, río Santa Bárbara, Presa Caltzontzin, Presa Cupatitzio) con mayor actividad antropogénica. Con respecto a los nutrientes, las diferentes formas de nitrógeno no se detectaron en cantidades altas, los compuestos fosfatados contribuyen a las altas presencias sobre todo en los sitios como Presa Cupatitzio, río Santa Bárbara y Presa Caltzontzin.

Margain-Hernández (1989), menciona que México es un país que cuenta con una riqueza biológica extraordinaria y única, poco conocida en la actualidad y corre el riesgo de perderse antes de ser demostrada. Las microalgas no es una excepción, ya que no se conoce con exactitud su diversidad, tal es el caso del río Cupatitzio en Michoacán, donde

no se han realizado estudios sobre dicha asociación, por otra parte la cuenca del río Cupatitzio sufre deterioro ambiental constante ocasionado por la construcción de presas, de hecho es un afluente del río Balsas que discurre por el Estado de Michoacán y que acaba desembocando en el embalse de Infiernillo, los embalses presentes en el cauce del río Lerma son La Presa Caltzontzin, Presa de Cupatitzio, Presa de Zupimito y Presa de Jicalán (en el Municipio de Uruapan), así como la Presa de Barranca Honda en el Municipio de Gabriel Zamora).

Margalef (1983) alude que el desarrollo de las poblaciones en suspensión o plancton así como la sucesión de las especies se ven afectadas por el cambio de las condiciones ambientales, que difieren tanto en las partes altas (cabecera), media y bajas (desembocadura), lo cual se evidenció en el presente estudio, al igual que el efecto de las actividades antrópicas realizadas en la subcuenca del río Cupatitzio, en las partes altas existen actividades turísticas como el Parque Nacional y la Presa Caltzontzin, mientras que la presa Zupimito es una zona Federal, donde van los desechos domésticos y del rastro de la ciudad de Uruapan, con respecto al Río Santa Bárbara también conocido como río Ecológico, alrededor de su cauce tiene uso doméstico. Mientras que en la parte media se encuentran la Tzararacua zona turística, las Presas de Cupatitzio y Jicalán con fines de uso agrícola, eléctrico. En la Parte baja se localiza Barranca Honda donde existe una pequeña compuerta, desviando el cauce, dicha represión es con fines agrícolas, y el canal continúa su trayecto hacia el Paso de la Muerte, este sitio de colecta en las partes altas cerca del santuario de la santa muerte funciona como tiradero de basura.

En su definición de ríos Vannote *et al.* (1980) y Scarsbrook & Townsend (1993) establecen que son sistemas lóticos con un flujo unidireccional de agua y poseen una gran heterogeneidad espacial y temporal, y un gran número de microhábitats susceptibles de ser colonizados. Esto se ve reflejado en la parte alta de la cuenca donde se detectaron los valores más altos en la diversidad de especies de microalgas. Margalef (1983) y Scarsbrook & Townsend (1993) indican que se debe considerar la interacción de las variables ambientales tanto en el espacio como en tiempo, ya

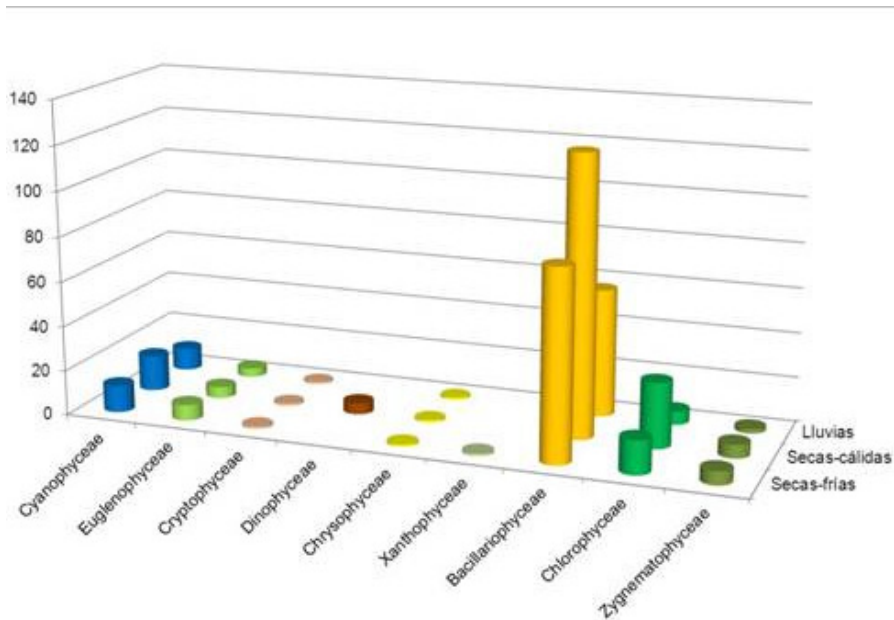


Figura 5. Distribución de las clases por época

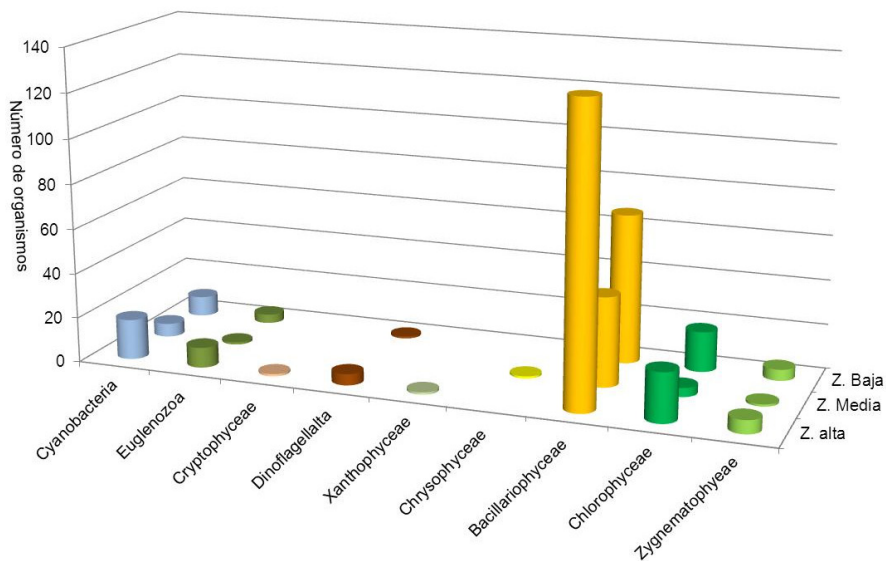


Figura 6. Distribución de la riqueza de especie en río Cupatitzio

que ejercen una fuerte influencia sobre la distribución de los organismos, en su relación y adaptación, lo anterior se manifiesta en la presencia de dinofíceas localizadas en los sitios de colecta de las partes alta y baja del río Cupatitzio durante la época de seca-cálida, mientras que las algas verde amarillentas estuvieron presentes en la parte alta en seca-fría.

El alto número de especies de diatomeas encontradas en el presente trabajo confirma el cosmopolitismo de este grupo mencionado por varios autores (Margalef 1983, Scagel *et al.* 1987, Round

et al. 1990), encontrándose en aguas quietas o ambientes lénticos, o en aguas corrientes o lólicas. Tales ambientes se estudiaron en esta investigación, al muestrear sitios de ambiente netamente lótico como aquellos de situación léntica. 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. Los resultados obtenidos de la subcuenca del

río Cupatitzio la mayoría de las especies identificadas correspondieron a los géneros de *Navicula* Bory de Saint-Vicent, *Nitzschia* Hassall (ambos organismos secretan una sustancia mucilaginosas), *Gomphonema* Ehrenberg, *Cymbella* C. Agardh (forma pedúnculos gelatinosos las cuales poseen secreciones que permiten su adherencia al sustrato rocoso del lecho del río, conformando el epilíton, entre otras. Además Margalef (1983), Darley (1987) y Round *et al.* (2000), indican que el grupo de las pennales se localizan principalmente formando parte del rícoplankton, organismos que una parte de su vida pueden vivir adheridos algún sustrato y otra permanecer flotando en la superficie.

En este trabajo la mayor biodiversidad se detectó en las presas del Cupatitzio y Caltzontzin, durante las temporadas de lluvias y seca-fría, en dichos sitios existe una gran cantidad de microhábitat para que las especies se adhieran a algún sustrato. Cabe mencionar que en otras investigaciones realizadas en diferentes localidades, las diatomeas rafiadas (presentan rafe) y arrafidas (carecen de rafe) son el principal componente en la riqueza taxa, como sucedió en el río Pánuco en México (Margain-Hernández 1989), así como en algunos sitios del Estado de Morelos (Valadez-Cruz *et al.* 1996) y en Piedras Blancas en Argentina (Luque & Martínez de Fabricius 2003) entre otros coincidentes con el presente estudio.

Las algas verdes, ocupan el segundo lugar respecto a la riqueza específica, Scagel *et al.* (1987), aluden que dichos organismos son característicos de ambientes con poca humedad y luz, situación coincidente con época donde evidenció el mayor número de especies en la época seca-cálidas, cuando empieza a bajar la profundidad del cuerpo de agua y por lo tanto la transparencia en la cuenca del río Cupatitzio. Margalef (1983) y Wetzel (2001), comentan que existen algunas especies que suelen ser planctónicas durante el periodo estival, especialmente en aguas eutróficas, ricas en calcio, y con una relación nitrógeno, fósforo muy alta, condiciones que se dieron en algunos sitios de colecta del río Cupatitzio y con mayor diversidad de especies detectadas en la época seca-

cálidas. Reynolds 1997, indica que dentro de las chlorophyceae pueden existir asociaciones de organismos cenobiales y coloniales como: *Scenedesmus* Meyen, *Ankistrodemus* Corda, y *Coelastrum* Naegeli, entre otros, su presencia confirma el estado eutrófico del cuerpo de agua, condiciones que se dieron en las Presas del Cupatitzio y Caltzontzin, durante la época de secas-cálidas, donde se registraron cinco especies de *Scenedesmus* y dos tanto para *Ankistrodemus* y *Coelastrum*.

Margalef, (1983) y Scagel *et al.* (1987), aluden que las algas azul verde son comunes en medios alcalinos, donde los bicarbonatos o carbonatos dominan, condiciones que pueden existir en algunos sitios muestreados en el río Cupatitzio. Además Margalef (1983), Scagel *et al.* (1987), Komárek & Anagnostidis (2001 y 2002) así como John *et al.* (2003), manifiestan que pueden vivir libremente en suspensión en cualquier medio acuático, aún siendo características de regiones tropicales o aguas cálidas, condiciones que existen en algunos sitios de la Subcuenca del río Cupatitzio localizados sobre todo en la parte baja de la cuenca, a lo cual se puede mencionar que la mayor variación ocurrió en la época de secas-cálidas. La presencia de especies de Cyanophyceae estaría vinculada a la presencia de materia orgánica (Margalef 1983, Scagel *et al.* 1987, Komárek & Anagnostidis 2001, 2002; John *et al.* 2003), situación inferida por la mayor diversidad aportada por las formas filamentosas como *Phormidium* Kutzing ex Gomont y *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont.

Euglenophyta, fue el cuarto grupo con mayor diversidad Margalef (1983) y Scagel *et al.* (1987), explican que son frecuentes en aguas ricas en materia orgánica en descomposición, situación que se dio principalmente en los sitios conformados por las Presas de Caltzontzin y Cupatitzio. Scagel *et al.* (1987) aluden que se encuentran con frecuencia en el suelo, sobre el limo húmedo de las riberas de las corrientes, condiciones que se revelaron en algunos de los sitios muestreados en la parte alta y baja de la cuenca. Los euglenidos se detectaron en la temporada de seca-fría. Además se le asocia con la presencia de amonio (Margalef 1983 y Reynolds 1997), elemento que proviene por el proceso de lixiviación de las zonas agrícolas que rodean al sistema acuático y que se acumulan durante el máximo llenado de la cuenca y acaecido en la época de seca-fría.

Margalef (1983) indica que Zygnematoceas de agua dulce proliferan en ambientes poco mineralizados, condiciones que se manifestaron en algunos sitios localizados en la parte alta de la cuenca. Jhon *et al.* (2002) sugieren que en su mayoría son cosmopolitas, presentes en pequeños cuerpos de agua estancadas, sistemas lénticos, aunque algunas especies se han asociado al agua que fluye como ríos y arroyos y aumentan en primavera (época secas-cálida) condiciones que registradas en la presa Caltzontzin y Barranca Honda.

La presencia de dinofíceas con una riqueza menor en el río Cupatitzio, se debe a que dicho grupo es poco frecuente en agua dulce, su mayor biodiversidad ocurre en el medio marino (Margalef, 1983). Jhon *et al.* (2002) mencionan que algunas especies crecen en agua fría, mientras que otras sólo se encuentran en verano cuando el agua aumenta su temperatura, como las registradas en la presa Caltzontzin y río Santa Bárbara durante la época secas-cálidas. Scagel *et al.* (1987) sugieren que las especies de dinofíceas son planctónicas y muy frecuentes de encontrar en

lagos, así como en aguas de corrientes frías y rápidas, condiciones que coinciden en la parte alta, parque Nacional y baja de la cuenca. Paso de la Muerte, donde fueron localizados.

Los criptomónidos son más frecuentes en el agua dulce y son comunes donde existe materia orgánica particulada y en descomposición; para la subcuenta del río Cupatitzio dicha situación ocurre en la presa Caltzontzin y Paso de la Muerte, mientras que las algas doradas y verde amarillento viven en aguas puras, oligotróficas, así como el desarrollo de algunas o de muchas especies parecen estar asociados a concentraciones relativamente bajas de nutrientes (Margalef 1983 y Scagel *et al.* 1987), como es el caso del Parque Nacional.

Schwoerbel (1975) menciona que los grandes ríos y corrientes transportan material alóctono, entre ellos fitoplancton procedente de las partes altas remansadas de la zona de cabecera del río. En el caso del Parque Nacional en la sección de la parte media la lixiviación aumenta y por lo tanto disminuye la diversidad de especies, mientras que en la parte baja vuelve a incrementar la biodiversidad fitoplanctónica, como muestran los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Conclusiones

En el río Cupatitzio, en cuanto a la biodiversidad se observó un cambio en la composición de especies tanto en forma espacial, desde cabecera, a la parte media y de la parte media a la parte baja de la cuenca, donde las 194 especies en los sitios localizados en las partes altas disminuyen, a 53 en la zona media. Y hacia la parte baja se registra un aumento de 104 especies.

Con respecto a la época de secas-frías, con el máximo llenado del sistema acuático y temperaturas decrecientes se detectaron valores intermedios de biodiversidad. Mientras que en la temporada de secas-cálidas con baja profundidad y transparencia acentuada la temperatura del agua es más cálida ocurriendo la máxima variación de las microalgas. En el periodo de lluvias, aumenta la velocidad de corriente y el caudal que llega a invadir el litoral, disminuye la riqueza de taxa.

En relación a los estudios realizados las diatomeas son el grupo que presenta los valores altos de diversidad, siguiéndole las algas verdes, algas azul verde, euglenidos, zygnematales, dinofíceas y por último algas verde amarillento, algas doradas y criptomónidos,

Tomando como base la NOM-127-SSAI-1994, se puede establecer que el agua no es apta para uso y consumo humano, mientras que CE-CCA-001-89 considera al cuerpo de agua como apto para riego agrícola y uso pecuario. A su vez las recomendaciones pertinentes es evitar actividades recreativas de contacto primario, restricciones fundadas en las concentraciones de fósforo y la contaminación microbiológica patógena, así como el DBO₅, encontrándose en altas concentraciones sobre todo en la parte media de la cuenca.

Agradecimientos

Se agradece al fondo Mixto CONACYT-GOBIERNO DEL ESTADO DE MICHOACÁN por los recursos destinados a este trabajo.

Referencias

- Aguilar GME** (2012) *Caracterización de la comunidad de algas perifíticas en la subcuenca del río Cupatitzio, Michoacán, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. UMSNH. 107pp.
- Allan JD** (1995) *Stream ecology: structure and function of running waters*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 389 Pp.
- APHA-AWWA-WPCF** (1992) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 18th Edition. American Public Health Association. Washington D.C. 235 Pp
- Aviles VML** (2012) *Caracterización Fisicoquímica y Biológica (Clorofila y Coliformes) de la Subcuenca del Río Cupatitzio, Michoacán México*. Facultad de Biología. UMSNH 113 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.
- Bello MA y Madrigal SX** (1996) *Estudio florístico del Campo Experimental "Barranca del Cupatitzio", Michoacán*. Folleto Científico Núm. 2, INIFAP. Uruapan, Mich. México. 47 Pp.
- Braun-Blanquet FW** (1979) *Fitosociología*. Bases para el estudio de las Comunidades Vegetales. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 820 Pp.
- CE-CCA-001/1989** (1989) Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos de calidad del agua. *Instituto nacional de Ecología. SEMARNAT*.
- Comas AG** (1966) *Las Chlorococcales dulceacuicolas de Cuba*. J. Cramer. Stuttgart Berlín 100 Pp.
- CNA** (2009) *Comisión Nacional del Agua*. Programa Hídrico Visión 2030 del Estado de Michoacán de Ocampo. 176
- Conforti V** (1986) *Euglenophyta*. Strauss Offsetdruck. Hirschberg, Germany. 301 Pp.
- Contreras EF** (1984) *Manual de Técnicas hidrobiológicas*. División de Ciencias Biológicas de la Salud. Laboratorio de Oceanografía, Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Editores S.A. Méx. 149 pp.
- Darley WM** (1987) *Biología de las Algas, Enfoque Fisiológico*. Ed Limusa. México. 236 Pp.
- Demant A** (1976) *El Eje Neovolcánico Transmexicano*. III Congreso Latinoamericano de Geología. Instituto de Geología UNAM, México, D. F. 1-349 Pp.
- Díaz MNT** (2012) *Estudio de las microalgas planctónicas de las Subcuenca del río Cupatitzio, Michoacán, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. UMSNH. 99 PP.
- Dillard GE** (1990) *Freshwater Algae of the Southeastern United States Part 3*. Chlorophyceae: Zygnematales: Zygnemataceae, Mesotaenaceae and Desmidiaceae (Section 1). J. Cramer. Germany. 172 Pp.
- García E** (1981) *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Larios, S.A. México, D. F. 415 Pp.
- Goldman CR, Horne AJ** (1982) *Limnology*. Mc Graw-Hill Book Co., New York. 464 Pp.
- Gómez-Tagle RAF** (1985) *Levantamiento de suelos del Campo Experimental Forestal. Barranca del Cupatitzio, y sus relaciones con la vegetación de coníferas*. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM. 247 Pp.
- INEGI** (1985) *Síntesis Geográfica del Estado de Michoacán. Anexo Cartográfico*. Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D. F.
- John DM, Whitton BA y Brook AJ** (2003) *The Freshwater Algal Flora of the British Isles*. Cambridge University Press. United Kingdom. 702 Pp.
- Komárek J y Anagnostidis K** (2001) *Cyanoprokaryota 1 Teil: Chroococcales*. Gustav Fischer. Germany. 548 Pp.
- Komárek J y Anagnostidis K** (2002) *Cyanoprokaryota 2 Teil: Oscillatoriales*. Elsevier. Italy. 759 Pp.
- Kramer K y Lange-Bertalot H** (1986) *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariaceae 12. Teil: Naviculaceae*. Gustav. Fischer Verlag. Stuttgart Jena, 596 Pp.
- Kramer K y Lange-Bertalot H** (1988) *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariaceae 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae y Surirellaceae*. Gustav. Fischer Verlag. Stuttgart Jena, 596 Pp.
- Kramer K y Lange-Bertalot H** (1991a) *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Tomo 3. Gustav. Fischer Verlag: Stuttgart. New York. 575 Pp.
- Kramer K y Lange-Bertalot H** (1991b) *Süßwasserflora von Mitteleuropa. Achmanthaceae*. Tomo 4. Gustav. Fischer Verlag: Stuttgart. New York. 434 Pp.
- Krammer K** (2000a) Diatoms of Europe. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. In H. Lange-Bertalot (ed.), *Vol I: The genus Pinnularia*. 630 Pp.
- Krammer K** (2000b) Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. In H. Lange-Bertalot (ed.), *Volume 1: The genus Pinnularia*. ARG Gantner Verlag K.G. 703 Pp. 217 Plates
- Krammer K** (2002) Diatoms of Europe. In H. Lange-Bertalot (ed.), *Volume 3: Cymbella*. ARG Gantner Verlag K.G. Germany. 584 Pp.
- Luque ME and AL Martínez de F** (2003) Distribución temporal del fitoplancton y epilíton en el río Piedra Blanca (Córdoba, Argentina). *Limnetica* 22(3-4): 19-34
- Margain-Hernández RM** (1989) Lista Florística de la Cuenca del río Pánuco, México. I. Cuerpos de aguas temporales (Regiones Orientales y Sur). *BIOTAM*. 1(3): 24-38.
- Margalef R** (1983) *Limnología*. Ediciones Omega. S. A. Barcelona, España. 1010 Pp.
- Marin LE** (2002) Perspectives on Mexican Ground Water Resources. *Ground Water* 40(6): 570-571.
- NOM-127-SSSA1-1994** (1994) *Norma Oficial Mexicana, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*.
- Patrick R and Reimer WC** (1966) *The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii*. Monograph of the Academy of natural Sci. of Philadelphia I (13); XI 688 Pp.
- Patrick R and Reimer WC** (1975) *The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii*. Monograph of the Academy of natural Sci. of Philadelphia. II (13); XI 688 Pp.

- Pérez NM** (2008) *Evaluación de la calidad del agua de la presa de Umécuaro, Municipio de Morelia Michoacán*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. UMSNH. Morelia, Mich. 65 pp.
- Prescott WG and Vinyard CW** (1982) *A synopsis of North American desmids*. University of Nebraska Press. United States of America. 685 Pp.
- Reynolds CS** (1984) *The Ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge, Cambridge University Press. 384 Pp.
- Reynolds CS** (1997) *Vegetation Processes in the Pelagic: A model Ecosystem the dry in Ecology*. In O Kinna (Ed.) 1-15.
- Rzedowski J** (1978) *Vegetación de México*. Limusa. México, D. F. 432 Pp.
- Round FE** (1981) *The Ecology of Algae*. Cambridge, Cambridge University Press. 243-356 Pp.
- Round FE, Crawford RM and Mann DG** (1990) *The Diatoms Biology & Morphology of the Genera*. Press Syndicate of the University of Cambridge. United Kingdom. 747 pp.
- Round FE, Crawford RM and Mann DG** (2000) *The Diatoms*. Cambridge University Press. Great Britain. 147. Pp.
- 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.
- Segura García MV** (2011) *Taxonomía y Ecología de las Diatomeas Epilíticas de la Cuenca del Alto Lerma, México*. Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 149 Pp.
- Sinsabaugh RL, Weiland T and Linkins AE** (1991) Epilithon patch structure in boreal river. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 10 (4): 419-429.
- Scagel RF, Bandoni RJ, Maze JR, Rouse GE, Schofield WB and Stein JR** (1987) *El Reino Vegetal: los grupos de plantas y sus relaciones evolutivas*. Ed. Omega, S.A., Barcelona, España. 778 Pp.
- Scarsbrook MR and Townsend CR** (1993) Stream community structure in relation to spatial and temporal variation: a habitat templet study of two contrasting. *New Zealand streams. Freshwater Biology* 29: 395-410.
- Schwoerbel J** (1975) *Metioden der Hydrobiologie*. H. Blume Ediciones. España. 261 Pp.
- Tebutt TH** (1990) *Fundamentos de control de Calidad de agua*. Editorial Limusa. 239 pp.
- Valadez-Cruz F, Carmona-Jiménez J y Cantoral Uriza EA** (1996) Algas de ambientes lóticos en el estado de Morelos, México. *Anales Inst. Biol. 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
- Wetzel RG** (1981) *Limnología*. Ed. Omega S. A. Barcelona, España. 679 Pp.
- Wetzel RG** (2001) *Limnology*. Third edition. Academic Press. San Diego California USA. 1006 Pp.
- Whitford AL and Schumacher JG** (1973) *A Manual of Fresh-Water algae*. Published by Sparks Press Raleigh N. C. 324 Pp.