



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

***“ESTUDIO LIMNOLÓGICO Y FICOLÓGICO EN LOS RÍOS
APATLACO, PUE. Y AMATZINAC, MOR.”***

ÁREA DE LIMNOLOGÍA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I O L O G O

P R E S E N T A

ROGELIO VIDALES PÉREZ

DIRECTORA DE TESIS: BIÓL. ANGELICA ELAINE GONZALEZ SCHAFF





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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

“ZARAGOZA”

DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE
ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
PRESENTE.

Comunico a usted que el alumno **VIDALES PÉREZ ROGELIO**, con número de cuenta **93031778** de la carrera de Biología se le ha fijado el día **31** del mes de **AGOSTO** de 2010 a las **16:00 hrs.** para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

PRESIDENTE M. en C. ERNESTO MENDOZA VALLEJO

VOCAL BIÓL. ANGÉLICA ELAINE GONZÁLEZ SCHAFF

SECRETARIO DR. GUILLERMO ARTEMIO BLANCAS ARROYO

SUPLENTE BIOL. ELOISA ADRIANA GUERRA HERNÁNDEZ

SUPLENTE BIÓL. ERNESTO CONSTANZO CASILLAS

[Handwritten signatures and marks for the jury members]

El título de la tesis que presenta es: **Estudio limnológico y ficológico en los ríos Apatlaco. Pue. y Amatzinac, Mor.**

Alternativa de titulación: tesis.

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”
México, D. F., a 26 de Julio de 2010.
C.D. ALFREDO S. SÁNCHEZ FIGUEROA
DIRECTOR

DE ESTUDIOS
SUPERIORES
ZARAGOZA
DIRECCIÓN

[Handwritten signature]
VO. BO.
BIÓL. GENARO MONTAÑO ARIAS
JEFE DE CARRERA

RECIBÍ
OFICINA DE EXÁMENES
PROFESIONALES Y DE GRADO



*Ustedes me dicen, entonces, que tengo que perecer
Como también las flores que cultivé perecerán.
¿De mi nombre nada quedará, nadie mi fama recordará?
Pero los jardines que planté, son jóvenes y crecerán...
Las canciones que canté, ¡cantándose seguirán!*

HUEXOTZINCATZIN
Príncipe de Texcoco, 1484

*Aprendí que no se puede dar marcha atrás,
Que la esencia de la vida es ir hacia delante.
La vida, en realidad, es una calle en sentido único.*

AGATHA CHRISTIE
Novelista Inglesa, (1891-1952)

*Dos caminos divergían en un bosque, y yo,
Seguí el camino menos frecuentado,
y eso estableció toda la diferencia.*

ROBERTO FROST.
"El camino no frecuentado".



DEDICADO A

Mi madre, María Magdalena Pérez Aquino por darme la vida y guiarme en ella, por su apoyo total e incondicional a lo largo de mi formación académica, porque solamente ella sabe la emoción que produce el nacimiento de su hijo, su crecimiento y su formación la cual desea que culmine otorgándole un enorme sentimiento de orgullo. Yo... espero no haberte defraudado.

Mi padre, José Pío Vidales Mercado † (1943-2009); dondequiera que estés compartamos nuestro logro, el cual alcancé gracias a tu enseñanza: "El respeto hacia los demás, la responsabilidad contigo mismo y el trabajo por ser alguien mejor, son valores que indudablemente nos conducirán al éxito personal". Por todo el tiempo que me brindaste apoyo moral, económico y sentimental y por todos los invaluable consejos que un padre vierte hacia su hijo. Sabes que siempre me inspiraste gran respeto y profundo orgullo por ti.

Mi esposa, Araceli Álvarez Calderón por luchar pertinazmente a mi lado, por no permitirme caer en los momentos más difíciles de mi vida y por contagiarme toda la fortaleza y entusiasmo para terminar este trabajo, por otorgarme el más noble y bello regalo que jamás se podrá comprar: amistad, amor y compañía incondicional durante el resto de nuestros días. **GRACIAS, TE AMO INCANSABLEMENTE.** "El amor a menudo es el fruto del matrimonio" -*Moliere*.

Mis hermanos, Víctor y Arturo y mis cuñadas Carla y Miriam por ser un gran ejemplo de vida y lucha tenaz ya que han demostrado librar todo obstáculo que se les ha presentado. Por escoger el camino de la responsabilidad y el trabajo para brindarle educación y amor a sus hijos.

A mis hermanos; muchas gracias por todos aquellos momentos de feliz niñez a su lado.

Mi hermana Belem, deseando que le sirva de estímulo para que continúe estudiando y tenga la satisfacción de otorgarles a nuestros padres y sus hijas un motivo de orgullo al terminar su carrera.

Mis queridos sobrinos: Yakín, Jade, Alondra, Paloma, Milka, Brisa, Montserrat y Samantha; porque su sonrisa es luz que ilumina mi alma, en cada uno de ustedes está depositado un pedacito de mi corazón. Los quiero mucho a todos.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, particularmente a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por brindarme a través de todos sus maestros, la oportunidad de contribuir en parte de su historia como plantel educativo y por otorgarme no sólo una preparación académica sino toda una formación integral como individuo, compañero, deportista y ser humano.

A mi directora de tesis, la Bióloga Angélica Elaine González Schaff un infinito agradecimiento por otorgarme su total, desinteresado y paciente apoyo y comprensión, por demostrar que el ser maestro no sólo significa tener la preparación profesional sino la vocación y el amor hacia la docencia, por compartir su experiencia profesional y por entregar siempre lo mejor de sí.

Al Biólogo Juan Romero por otorgarme su valiosa amistad y ayuda desinteresada, por que posee y transmite la disposición, mentalidad y preparación para ser un importante pilar en la formación de los futuros biólogos de nuestro país, sepa que tiene todo mi agradecimiento y total respeto como alumno, ser humano y amigo.

A los profesores M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo, Dr. Guillermo Blancas Arroyo, Biol. Eloisa Adriana Guerra Hernández y Biol. Ernesto Constanzo Casillas, por su total apoyo y consejos para mejorar y enriquecer este trabajo.

A mis amigos y compañeros del glorioso y H. cubo: Juan, Jorge, Gerardo, Zenia, Viky, Miguel, Benny, un especial agradecimiento a mis brothers y cómplices de mil batallas: Daniel Saucedo, Iván González y Sergio Martínez, por brindarme su amistad, conocimiento y sugerencias invaluable para el término del presente trabajo, gracias por permitirme llegar a crear un vínculo especial que aún nos permite seguir escribiendo y viviendo historias imborrables, a Caridad y Roxana por la amistad que hemos compartido y espero dure mucho tiempo.

A Raúl y Rubén Cermeño García por su valiosa ayuda, amistad y cariño, porque me abrieron las puertas de su hogar y su corazón.

Un agradecimiento muy especial a Laura Calderón Martínez, Jaime Álvarez Berber, Adriana e Iván Álvarez Calderón porque me han permitido sentir parte de su familia, los llevo siempre presentes; un par de líneas escritas no pueden describir todo el agradecimiento que tengo por el apoyo y cariño que me han brindado continuamente todos y cada uno de ustedes. Sus actos brindados son total y generosamente correspondidos.



A Fernando Franco Tapia por todo el apoyo e ideas para llevar a cabo este trabajo, porque eres una gran persona y un gran amigo, a Marissa Gutiérrez García, Wendy E. López García y Silvia A. Gutiérrez Delgado por el tiempo compartido en el laboratorio y la amistad otorgada durante ese tiempo, espero nos encontremos nuevamente algún día.

A la I. B. Q. Brenda Gómez Perea por haberme dado la oportunidad de colaborar con ella y por todo el invaluable apoyo moral otorgado para terminar este trabajo, eres un gran ejemplo de trabajo tenaz y correcto desempeño, sabes que siempre podrás contar con Ara y Roger dondequiera que estés.

Al M. en C. Fernando Salazar Penagos porque me impulsó a seguir adelante con este trabajo, para mí eres más que un gran amigo, un ejemplo como persona que siempre que deseas algo y tomas la decisión correcta sales adelante. Muchas gracias por otorgarme tu apoyo y amistad.

A mis queridas compañeras de trabajo y del área de plaguicidas, Lucy, Rubí y Marina por su apoyo incondicional y sus palabras de aliento para terminar mi tesis.

Gracias a todos y mil disculpas a los familiares, compañeros y amigos que no nombré y que de alguna manera formaron parte de mi vida académica, nunca olvidaré la ayuda manifestada por todos y cada uno de ustedes y siempre sin pedir nada a cambio, además, por brindarme la oportunidad de vivir momentos maravillosos y de hacer este largo camino una experiencia inolvidable.

A TODOS... MUCHAS GRACIAS!



INDICE GENERAL

RESUMEN.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
<u>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE AMBIENTES ACUÁTICOS</u>	12
<u>LAS ALGAS DULCEACUÍCOLAS</u>	14
ÁREA DE ESTUDIO	15
<u>UBICACIÓN GEOGRÁFICA</u>	15
<u>MAPA DE UBICACIÓN DEL ARROYO LA COMPAÑÍA</u>	16
ANTECEDENTES.....	17
JUSTIFICACIÓN.....	20
HIPÓTESIS.....	21
OBJETIVOS.....	22
<u>OBJETIVO GENERAL</u>	22
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	22
MATERIALES Y MÉTODO.....	23
<u>CAMPO</u>	23
a) PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS.....	23
b) PARÁMETROS HIDROLÓGICOS Y DEL SEDIMENTO.....	23
c) PARÁMETROS BIOLÓGICOS.....	23
<u>LABORATORIO</u>	24
a) PARÁMETROS HIDROLÓGICOS Y DEL SEDIMENTO.....	24
b) PARÁMETROS BIOLÓGICOS.....	24
<u>GABINETE</u>	25
a) PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS.....	25
b) PARÁMETROS HIDROLÓGICOS.....	26
c) PARÁMETROS BIOLÓGICOS.....	26



RESULTADOS	27
RÍO APATLACO, PUE.	27
a) PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS	27
<u>PERFILES DE PROFUNDIDAD</u>	27
<u>VELOCIDAD DE CORRIENTE</u>	28
<u>SEDIMENTO (TAMAÑO DE PARTÍCULA) Y CARGA DEL CAUDAL</u>	29
<u>CONDUCTIVIDAD</u>	30
b) PARÁMETROS HIDROLÓGICOS	30
<u>TEMPERATURA DEL AGUA Y AMBIENTE</u>	30
<u>OXÍGENO DISUELTO Y pH</u>	31
<u>BIÓXIDO DE CARBONO Y DUREZA TOTAL</u>	32
<u>DUREZA DE CALCIO Y ALCALINIDAD TOTAL</u>	33
<u>AMONIO Y NITRITOS</u>	34
<u>NITRATOS Y ORTOFOSFATOS</u>	35
c) PARÁMETROS BIOLÓGICOS	36
<u>DENSIDAD DE ORGANISMOS EN AGUA</u>	42
<u>DENSIDAD DE ORGANISMOS EN SEDIMENTO</u>	42
<u>DENSIDAD DE ORGANISMOS DE LAS ESPECIES MÁS ABUNDANTES EN AGUA</u>	43, 45
<u>DENSIDAD DE ORGANISMOS DE LAS ESPECIES MÁS ABUNDANTES EN SEDIMENTO</u>	44, 46
<u>DENSIDAD DE ORGANISMOS EN AGUA CON PARÁMETROS MORFOMETRICOS</u>	47
<u>DENSIDAD DE ORGANISMOS EN SEDIMENTO CON PARÁMETROS MORFOMETRICOS</u>	48
RÍO AMATZINAC, MOR.	51
a) PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS	51
<u>PERFILES DE PROFUNDIDAD</u>	51
<u>VELOCIDAD DE CORRIENTE Y CARGA DEL CAUDAL</u>	52
<u>SEDIMENTO (TAMAÑO DE PARTÍCULA) Y CONDUCTIVIDAD</u>	53
b) PARÁMETROS HIDROLÓGICOS	54
<u>TEMPERATURA DEL AGUA Y AMBIENTE Y pH</u>	54
<u>OXÍGENO DISUELTO Y BIOXIDO DE CARBONO</u>	55
<u>DUREZA TOTAL Y DUREZA DE CALCIO</u>	56
<u>ALCALINIDAD TOTAL Y AMONIO</u>	57
<u>NITRITOS Y NITRATOS</u>	58
<u>ORTOFOSFATOS</u>	59



c) PARÁMETROS BIOLÓGICOS	60
<i>DENSIDAD DE ORGANISMOS EN AGUA</i>	66
<i>DENSIDAD DE ORGANISMOS EN SEDIMENTO</i>	66
<i>DENSIDAD DE ORGANISMOS DE LAS ESPECIES MÁS ABUNDANTES EN AGUA</i>	67, 69
<i>DENSIDAD DE ORGANISMOS DE LAS ESPECIES MÁS ABUNDANTES EN SEDIMENTO</i>	68, 70
<i>DENSIDAD DE ORGANISMOS EN AGUA CON PARÁMETROS MORFOMETRICOS</i>	71
<i>DENSIDAD DE ORGANISMOS EN SEDIMENTO CON PARÁMETROS MORFOMETRICOS</i>	73
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	75
CONCLUSIONES	86
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS	91
ANEXO I PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS	92
ANEXO II PARÁMETROS HIDROLÓGICOS	97
ANEXO III PARÁMETROS BIOLÓGICOS	100
ANEXO IV DIAGRAMAS CAJA	104



RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en dos ríos que surgen del Parque Nacional Izta-Popo, dicho parque queda comprendido dentro del macizo montañoso denominado Sierra Nevada, mismo que flanquea el oriente de la Cuenca de México en el área de confluencia de los estados de Puebla, México y Morelos. Forma parte de la provincia fisiográfica conocida como Sistema o Eje Neovolcánico Transversal que atraviesa el país de costa a costa con orografía muy accidentada y grandes elevaciones de origen volcánico, entre las cuales se destacan el Iztaccíhuatl y el Popocatepetl, con alturas máximas de 5,280 msnm y 5,482 msnm respectivamente. Constituyen unas de las cumbres más elevadas del país y se ubican (figura 1) entre las coordenadas geográficas 18° 59' 00" y 19° 16' 25" de latitud norte y 98° 34' 54" y 98° 16' 25" de longitud oeste (Vargas-Márquez, 1997).

El agua es un recurso natural esencial para el desarrollo de todos los organismos. En ella están presentes microorganismos algales que constituyen al primer eslabón de la cadena alimenticia, son productores primarios de oxígeno y funcionan como indicadores del estado trófico del agua. En nuestro país los estudios de microalgas de ambientes marinos y continentales de tipo lenticos son abundantes, pero los realizados en sistemas lóticos son escasos. Por lo anterior, se realizó el presente trabajo para estudiar la microflora algal de dos sistemas lóticos que surgen del Parque Nacional Izta-Popo así como evaluar las condiciones hidrológicas. Se realizaron 9 salidas a campo del mes de marzo de 2004 a febrero de 2005, se recolectaron muestras de agua y de sedimento en puntos seleccionados de los sistemas estudiados. Se evaluaron los parámetros morfométricos (perfiles de profundidad, velocidad de corriente, volumen del caudal y tamaño de sedimento presente), hidrológicos (pH, oxígeno disuelto, bióxido de carbono, dureza total, dureza de calcio, alcalinidad total y nutrientes) y climáticos (temperatura ambiente temperatura del agua del arroyo). Además se evaluaron algunos parámetros limnológicos, así como la composición de especies y densidad de la flora ficológica presente. Se distinguió el periodo de lluvias que es de Agosto a Noviembre, para ambos ríos y el periodo de secas de Febrero a Mayo, para ambos sistemas también. En el punto 1 del río Apatlaco se identificaron 31 especies (6 de la división *Cyanophyta*, 10 de *Chlorophyta* y 15 de *Chrysophyta*) en el punto 2 se reportaron 26 especies (4 de la división *Cyanophyta*, 8 de *Chlorophyta* y 14 de *Chrysophyta*); para el río Amatzinac se reportan 30 especies en el punto 1 de muestreo (5 de ellas corresponden a la división *Cyanophyta*, 6 a *Chlorophyta* y 19 de *Chrysophyta*) y en lo que corresponde al punto 2 de muestreo se reportaron 24 especies (7 de la división *Cyanophyta*, 4 de *Chlorophyta* y 13 de *Chrysophyta*). Los géneros más representativos y abundantes fueron *Navicula*, *Cymbella*, *Rhoicosphenia*, *Fragilaria* y *Cocconeis*. Se pudo observar que ambos sistemas conservan la flora algal propia de estos sistemas (con diatomeas en su mayoría), esto a pesar de que existen sitios de aporte de nutrimentos y que han sido alterados en su cauce.



INTRODUCCIÓN

El agua es el más preciado de todos los recursos terrestres, gracias a ella es posible la existencia de todo ser viviente en nuestro planeta, además de haber sentado en el pasado las bases para el origen de la vida y para la evolución biológica (Blancas, 2002). Por fortuna, es la sustancia más abundante en nuestro planeta, abarca casi $\frac{3}{4}$ partes de la superficie y se encuentra ampliamente distribuida.

Una de las razones de lo anterior, lo representa la ubicación de la tierra en el sistema solar, que permite la coexistencia de este preciado líquido en sus tres estados físicos: el sólido, constituido por los grandes bloques de hielo (icebergs) inmovilizados en glaciares y en los casquetes polares (Ártico y Antártico), el agua en su estado gaseoso que satura regularmente la atmósfera, originando los distintos tipos de nubes, que son responsables de las precipitaciones en diferentes formas sobre la superficie como proceso relevante en el ciclo hidrológico y el agua líquida se encuentra en las depresiones oceánicas y representa 1,354 millones de Km^3 (Ambroggi, 1989).

Las reservas mundiales de agua dulce exceden los 37 millones de Km^3 , de las cuales más de $\frac{3}{4}$ partes están en los glaciares y en acuíferos subterráneos. En resumen, el agua dulce de los lagos, lagunas, arroyos, ríos y ahora los cada día más numerosos embalses artificiales en el mundo, representan menos del 0.001% de la reserva total del agua del planeta. La República Mexicana cuenta con 1,592.77 Km. de litoral, de los cuales 1,567,300 ha están cubiertos por superficies estuarinas. El pacífico posee 892,800 ha, y el Golfo 674,500 (Contreras, 1993).

En términos generales, la República Mexicana dispone de una superficie total de terreno nacional cubierto por agua (aguas continentales), de 1,280,000 ha, según la Dirección General de Acuacultura (Arredondo y Flores, 1992).

El agua dulce se da solamente tierra adentro, ocupando pequeñas extensiones en comparación con las aguas marinas. Los ríos y lagos constituyen las acumulaciones más normales de agua, a las que hay que añadir las aguas subterráneas. El río es un sistema abierto <<por arriba y por debajo>>. Esta corriente constante de agua origina un transporte de materiales disueltos e insolubles. Los ríos tienen unas dimensiones más grandes que los lagos. Se puede distinguir entre los ríos de corriente lenta y los arroyos de montaña, de corriente rápida. Cada río, cada arroyo, tiene su origen en una fuente, que es una salida al exterior de agua subterránea con sus condiciones de vida y organismos característicos (Schwoerbel, 1975).

Se considera un río como una corriente de agua permanente que fluye por un cauce desde las tierras altas a las tierras bajas y vierte en el mar o en una región endorreica (río colector) o a otro río (afluente). Estas corrientes se organizan jerárquicamente en redes ya que los ríos se diferencian por su envergadura y por la complejidad de su régimen hidrológico además según su velocidad, el flujo de agua puede ser laminar o turbulento el cual depende de la pendiente del perfil longitudinal y de la cantidad de agua, ya que es la gravedad la que impulsa la escorrentía fluvial. Pero también influye en la velocidad la configuración del lecho: su amplitud, profundidad y rugosidad. (Leopold, 1968).

Los recursos hídricos que nacen en el Parque Nacional son originados principalmente por el deshielo de los glaciares y la precipitación pluvial, abundante en la región, por arriba de los 1 000 mm anuales. También se presenta gran filtración de agua que va a alimentar corrientes subterráneas, y los ecosistemas de la Sierra Nevada efectúan los procesos que permiten la recarga de acuíferos y mantos freáticos que abastecen buena parte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) y del Valle de Puebla-Tlaxcala. (Chávez, 2003; Vargass, 1984).



Entre los 2,300 y 2,500 msnm los arroyos depositan todos los azolves arrastrados a lo largo de su trayectoria, formando abanicos aluviales. En esta zona se presenta la mayoría de los aprovechamientos de las aguas para regadío agrícola, generación de energía eléctrica y usos domésticos en los asentamientos humanos. Las corrientes superficiales se clasifican como perennes (se mantienen todo el año y son alimentadas por deshielo o manantiales) e intermitentes (periodo de lluvias). (Chávez, 2003; Vargas, 1984).

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE AMBIENTES ACUÁTICOS

Los análisis de rutina que ayudan a la interpretación de la capacidad productiva de los recursos acuáticos y su comportamiento en el tiempo y en el espacio, se discuten a continuación: la temperatura y luz son dos de los factores que determinan los procesos de fotosíntesis en los productores primarios, que dependen a su vez de la latitud y la regionalidad de algún cuerpo de agua en cuestión. Dentro de los gases disueltos, el oxígeno y el bióxido de carbono (y sus productos de equilibrio: ácido carbónico, ión carbonato, carbonatos), participan en los procesos de síntesis y metabolismo en todo ecosistema acuático; ambas determinaciones son consideradas como análisis de rutina. (De la lanza, 1990)

Sin embargo en la síntesis de la materia orgánica por los productores primarios, se requiere de compuestos inorgánicos denominados nutrimentos, los cuales básicamente son los iones del nitrógeno (nitratos, nitritos, amonio) y fósforo (fosfatos), necesarios para la formación de proteínas, aminoazúcares, nucleótidos, etc.; dado que con la temperatura y la luz son responsables abióticos de la productividad biológica en todo sistema acuático; razón por la cual son herramientas metodológicas de rutina en la hidrobiología. (De la lanza, 1990)

Por lo tanto es de suma importancia resaltar las distintas formas del nitrógeno ya que sus diferentes iones como el amonio se encuentra frecuentemente en cuerpos de agua superficiales por varias razones; equilibrio en la atmósfera, aporte continental (desechos urbanos e industriales) y degradación de la materia orgánica vegetal. En ambientes dulceacuícolas y lagunares, el aporte de materiales orgánicos provienen fundamentalmente de fanerógamas acuáticas, algas bentónicas y manglares principalmente. A pesar de que desde el punto de vista ecológico la concentración de amonio representa una fuente de nitrógeno para los productores primarios, las condiciones de confinamiento, estratificación y escasa circulación pueden llegar a ser perjudiciales a la biota acuática. (De la lanza, 1990)

Los compuestos de fósforo, tales como el adenosin trifosfato y coenzimas nucleótidas tienen un papel clave en la fotosíntesis y otros procesos vegetales. La demanda biológica puede ser mayor que la disposición de estos elementos; las fuentes de estos elementos en el medio ambiente pueden regular o limitar la productividad del fitoplancton en los ecosistemas de agua dulce. En cuanto a la alcalinidad generalmente se refiere a la cantidad y tipo de compuestos que tienden a elevar el pH a la neutralidad. Estos compuestos son bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos y con menor frecuencia boratos, silicatos y fosfatos. (De la lanza, 1990)

El sistema: bióxido de carbono – ión bicarbonato – ión carbonato es el mecanismo amortiguador de las aguas naturales. Se expresa frecuentemente como mg/l de carbonato de calcio asumiendo que la alcalinidad esta dada exclusivamente por este compuesto, sin embargo no en todas las aguas naturales domina el carbonato de calcio. (Wetzel, 1975).

Por otro lado es importante conocer las condiciones de dureza del agua y ésta es debido al contenido de sales de calcio y magnesio, como bicarbonatos además de carbonatos (dureza temporal) así como sulfatos, cloruros y otros aniones de ácidos, (dureza permanente) (Wetzel, 1975). Este término lo define el libro rojo (Thurston, 1979) como la medida de iones polimetálicos, sin proponer criterios de concentración para la vida acuática, ya que tiene más importancia para uso humano e industrial.



En este sentido existen normas oficiales mexicanas tales como la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, "salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización", la cual establece los límites permisibles en cuanto a sus características bacteriológicas, físicas, organolépticas, químicas y radiactivas con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor. Otra Norma Oficial Mexicana con función de regular el recurso agua es la NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos. Ambas Normas Oficiales establecen los límites máximos permisibles de metales pesados, DBO, DQO, nitrógeno total, fósforo total, entre otros.

La dureza por carbonatos es usualmente considerada igual a la alcalinidad; sin embargo es erróneo. La dureza en aguas dulces frecuentemente es diferenciada en: al carbonato y al no carbonato. La primera es equivalente a la suma de los bicarbonatos y carbonatos en la alcalinidad. Si la dureza total excede a la alcalinidad el exceso se debe a la dureza por no carbonatos (Thurston, 1979).

La acidez es usada frecuentemente como un parámetro en investigaciones limnológicas y está dada por el dióxido de carbono no combinado, ácidos orgánicos (tánico, húmico, urónico) ácidos minerales y sales de ácidos fuertes y bases débiles, los cuales son responsables de la acidez de las aguas naturales. En consecuencia la medida de la acidez es la cantidad de bases fuertes por litro, requerido para alcanzar un pH igual a una solución molar de carbonato de sodio equivalente al carbono orgánico total. (Wetzel, 1975).

El pH también es considerado un parámetro importante en las investigaciones limnológicas y es definido como el logaritmo negativo (base 10) de la concentración de iones hidrógeno libres. El pH del agua representa su acidez o basicidad cuyo factor importante es habitualmente la concentración de dióxido de carbono. (Rodier *et. al.*, 1981)

El agua proveniente de escurrimientos superficiales como arroyos y ríos, siempre y cuando no esté contaminada, ofrece algunas ventajas, como por ejemplo tienen contenido de oxígeno disuelto elevado, las concentraciones de dióxido de carbono, de sulfuro de hidrógeno y hierro generalmente son bajas. No obstante, entre sus desventajas habrá que destacar que esta agua presenta variaciones estacionales de temperatura y variación química de agentes contaminantes, de elevadas concentraciones de sólidos disueltos y en suspensión. (Rogers, 1978).

Los ríos como un sistema abierto (a diferencia de los lagos que están delimitados por tierra), poseen una corriente constante de agua la cual origina un transporte de materiales disueltos e insolubles. Los ríos poseen dimensiones más grandes que los lagos, cada río, cada arroyo, tienen su origen en una fuente, que es una salida al exterior de agua subterránea con sus condiciones de vida y organismos característicos (Schwoerbel, 1975).

El estudio de los sistemas acuáticos permite evaluar las características físicas y químicas más importantes, desde que nace hasta que llega a las poblaciones que beneficia y detectar, si es que existe, alguna posible fuente de contaminación que altere sus características,. También es importante conocer los animales y vegetales que se asocian a ambientes acuáticos, dentro del grupo de los vegetales, las algas representan una fracción de los organismos que contribuyen a la productividad de los sistemas (Nason, 1991).



LAS ALGAS DULCEACUÍCOLAS

Como en este estudio se describirán algunos tipos de algas de agua dulce se deben mencionar sus características generales importantes: Son primariamente foto-autótrofas, no poseen tejidos diferenciados, la mayoría poseen pared celular, viven en el agua, en rocas, plantas y en animales y su color varía, las hay verdes, rojas, amarillas, cafés, pueden ser unicelulares o multicelulares (algunas algas se agrupan formando tejidos filamentosos). Además son organismos de naturaleza vegetal, ya sean de agua dulce o agua salada, que no desarrollan flores como lo hacen las plantas vasculares terrestres y acuáticas. La mayoría de las algas son capaces de elaborar sustancias orgánicas a partir del bióxido de carbono (CO₂) y de sustancias inorgánicas disueltas en el agua. Este proceso denominado fotosíntesis se cumple a través de la clorofila, un pigmento verde presente en las células, que actúa transformando la energía luminosa en energía química. Las sales y otras sustancias nutritivas pueden ingresar por cualquier punto de su cuerpo. A diferencia de las plantas vasculares terrestres, no poseen tejidos de conducción ni de sostén. Se mantienen erguidas porque al desarrollarse en el agua la gravedad no actúa sobre ellas (Darley, 1991).

Las diferentes especies exhiben una gran variedad de formas, tamaños y colores, por lo que se clasifican en divisiones distintas (figura 1) basándose en una combinación de caracteres. Las algas representan la fuente primordial alimenticia para la mayoría de los animales acuáticos; así como una fuente nutritiva potencial directa para el hombre (Nason, 1991).

DIVISION	
CYANOPHYTA	(algas azul-verdes)
PROCHLOROPHYTA	
CHLOROPHYTA	(algas verdes)
CHAROPHYTA	(carofíceas)
EUGLENOPHYTA	(euglenoides)
PHAEOPHYTA	(algas pardas)
CHRYSTOPHYTA	(algas amarillo-verdosas, pardo-doradas y diatomeas)
RODOPHYTA	(algas rojas)

Figura 1: Clasificación de las algas en sus divisiones diferentes (Bold, 1986).

A continuación se presenta una breve reseña de las principales divisiones con representantes de las algas dulceacuícolas, (Darley, 1991):

PHYLUM CYANOPHYTA

Son organismos unicelulares, aunque se pueden agrupar formando filamentos. La mayoría son acuáticas, pero hay algunas terrestres que viven sobre las cortezas de los árboles; presentan varios pigmentos fotosintéticos como son la clorofila a de color verde, la c ficocianina azul, que por su abundancia determinan su nombre de algas verde-azules. Algunas especies presentan una cápsula gelatinosa. Todas son fotosintéticas, pero los pigmentos no se encuentran en cloroplastos.

Importancia ecológica: Estas algas se conocen mejor por su capacidad de fijar nitrógeno, el cual es indispensable para la acumulación del mismo en la tierra, ya que sustituye al nitrógeno fijado que se pierde durante la desnitrificación. El proceso está limitado a los procariontes y por lo tanto a las algas verde-azules, se sabe también que producen endotoxinas bastante tóxicas, las que tienen cierta importancia económica y ecológica cuando estas especies producen florecimientos. Algunas se industrializan como alimento de aves de corral e incluso del hombre, como sucede con el género *Spirulina* (Alonso, 1981).



PHYLUM CHRYSOPHYTA

Son algas unicelulares conocidas comúnmente como algas doradas o diatomeas. Presentan una pared celular o frústula formada por dos valvas impregnadas de sílice. Su nutrición es por fotosíntesis, gracias a la presencia de pigmentos como las clorofilas *a*, *c* y *e*, la ficoxantina y la luteína; estos últimos les confieren la coloración característica.

Importancia ecológica: Las diatomeas son de gran importancia porque, al ser microscópicas, son muy abundantes, al grado de que son quienes realizan el mayor volumen de fotosíntesis en el mar, por lo que se les considera como la base de las pirámides alimenticias en ese medio ambiente (Alonso, 1981).

PHYLUM CHLOROPHYTA

Son llamadas comúnmente algas verdes y son acuáticas, marinas o de agua dulce, aunque hay algunos representantes terrestres. Su nivel de organización va desde el celular hasta el de tejidos simples. Las células que las constituyen son eucariontes, por tanto con un núcleo integrado, cloroplastos y mitocondrias. La nutrición es fotosintética por medio de las clorofilas *a* y *b*, además de otros pigmentos las xantofilas amarillas y los carotenos rojos, siendo dominantes las clorofilas que les dan su color característico. Tienen reproducción con desarrollo sexual y asexual, además de procesos de sexualidad o conjugación.

Importancia ecológica: Son importantes desde el punto de vista ecológico, por que junto con las crisofitas, representan la base de las pirámides alimenticias en el medio acuático. En el aspecto evolutivo, por que a partir de ellas se derivaron las plantas superiores, y en un sentido económico por que se empieza a utilizarlas como alimento del hombre (Alonso, 1981).



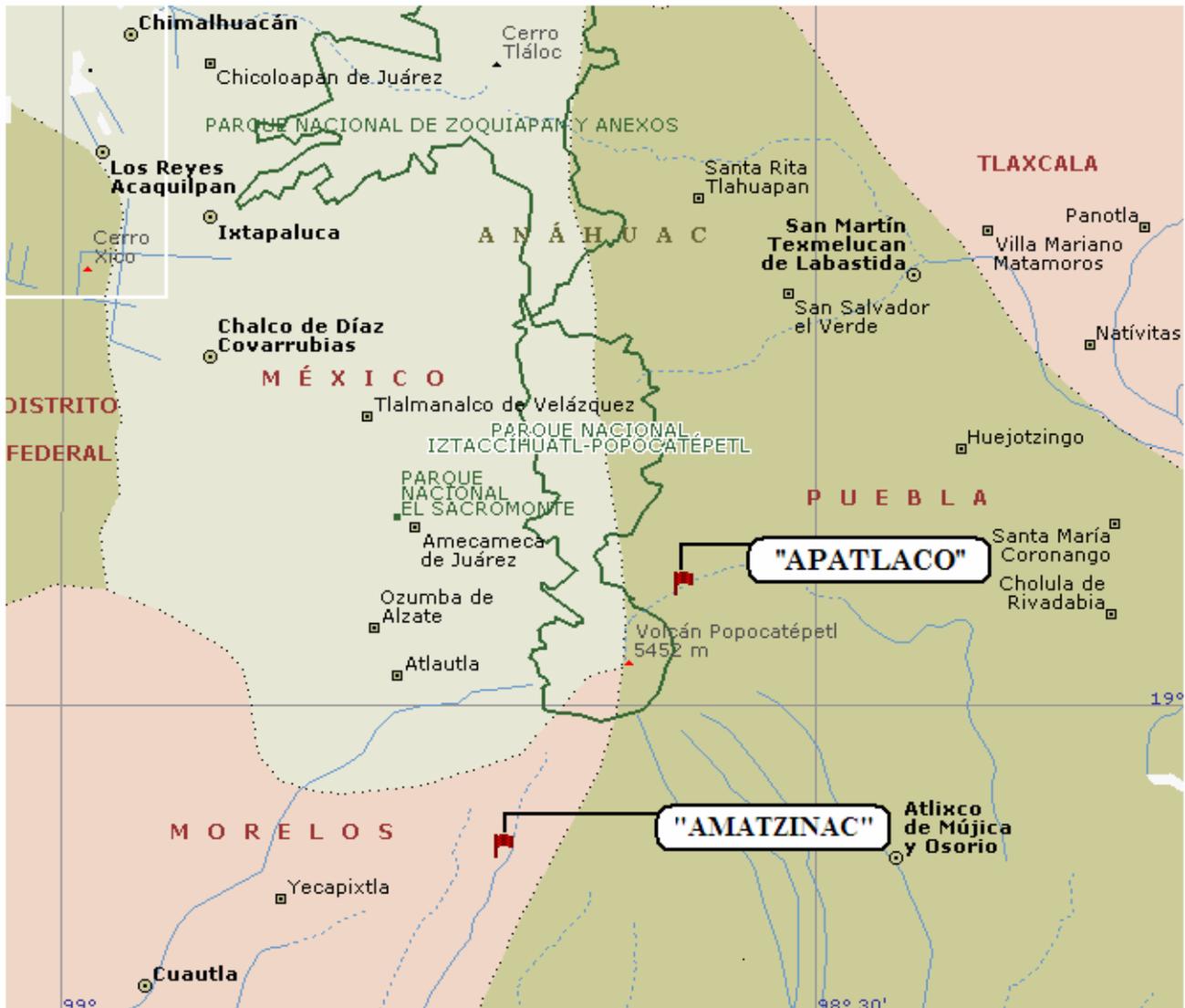
AREA DE ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en dos ríos que surgen del Parque Nacional Izta-Popo, cabe mencionar que a pesar de que las zonas de estudio no se encuentran dentro de la cota del parque sino en el área de influencia (Figura 2), es importante tener presente algunas de las características con las que cuenta cada una de las zonas de estudio, para tener una mejor referencia de cada uno de ellos.

La primera zona de estudio se halla en un tramo del río Apatlaco, dentro de la propiedad privada denominada "La Venta", y se encuentra ubicada en las coordenadas, N 19° 05' 33.7" y W 98° 36' 20.7" a una altitud de 3374 msnm. Apatlaco es un vocablo náhuatl que significa "Lugar de baños medicinales". (<http://www.e-morelos.gob.mx>)

La otra zona de estudio corresponde al río Amatzinac, en Tetela del Volcán ubicada en las coordenadas N 18° 54' 6.7" y W 98° 41' 25.2" a una altitud de 2224 msnm. Tetela del Volcán, se escribía Tetella o Tetetla, (de *tete* plural de *te-tl*, "piedra", y *tlá-n* "lugar"), que denota abundancia, y quiere decir "Donde hay muchas piedras, pedregal". Está situada en las estribaciones del volcán Popocatepetl donde nace la Barranca profunda de Amatzinac, alimentada con los deshielos de dicho volcán, su extensión territorial es de 98,518 Km², su población total es de 16,379 habitantes. Se ubica en el extremo Nororiente, limita al norte con el Estado de México; al sur con Zacualpan; al este con el estado de Puebla; y al oeste con Ocuilco. La cabecera municipal se encuentra a 73 kilómetros al noreste de Cuernavaca. (<http://www.e-morelos.gob.mx>)

En el municipio se encuentra la corriente de la barranca de Amatzinac, que nace en las faldas del volcán Popocatepetl, ésta lleva un caudal permanente todo el año y su cuenca hidrológica abarca todo el municipio, el río denominado "el salto" es un segmento perteneciente a dicha corriente.



ESCALA 1:100000

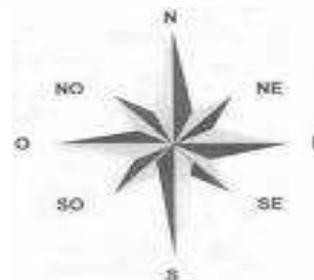
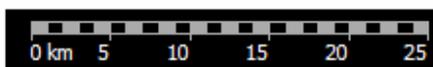


Figura 2. Mapa del Parque Nacional Iztaccihuatl-Popocatepetl y zonas aledañas.
(Biblioteca de consulta Microsoft Encarta, 2005)



ANTECEDENTES

En general en México y específicamente en la zona del Parque nacional Izta-Popo y zonas aledañas al mismo existen pocos estudios ficológicos en ríos, entre los que se pueden citar:

- Valadez, *et al* (1996) mediante el trabajo titulado: "Algas de ambientes lóticos en el estado de Morelos, México". Se intentó mostrar la flora algal de tres localidades en el estado de Morelos que corresponden a dos manantiales. Elaborándose claves dicotómicas de las especies registradas y se anexaron descripciones para cada una de ellas. Asimismo, se anotaron las condiciones ambientales bajo las cuales se colectaron, con el fin de generar información para el conocimiento de este grupo biológico tan importante en las aguas continentales.
- Ramírez, *et al* (2001) Realizan la investigación sobre algas de ambientes lóticos en el Valle de México, elaborando el trabajo cuyo título es: "Flora algal del río la Magdalena, Distrito Federal, México". Lo anterior debido a que las investigaciones son escasas y teniendo en cuenta que no existe hasta el momento una compilación que integre la flora algal de ríos del Valle de México, que son ambientes fundamentales para la presencia de las algas las cuales reflejan el estado de salud del cuerpo de agua, se desarrolló esta investigación que pretende describir las especies en una primera aproximación a uno de los ríos más importantes del Valle, en este estudio se realizó un primer acercamiento a la flora algal en uno de los ríos más importantes de México encontrando 11 nuevos registros para la flora algal del país, se describen las especies, se incluyen datos ambientales y referencias para México.
- Trujillo, *et al* (2003) Con el estudio: "Biodiversidad acuática del río Amacuzac, Morelos, México", tuvo como objetivo principal conocer y recopilar información de la biodiversidad y distribución de la flora y fauna para su sistematización de la parte media y baja del río Amacuzac. Este proyecto se realizó en nueve localidades del río. Se realizó un ciclo anual de colectas de especies de 5 órdenes, 6 familias, 7 géneros y 8 especies de peces; 3 familias, 7 géneros y 9 especies de anfibios; 3 clases, 7 familias, 8 géneros y 10 especies de helmintos parásitos de peces y anfibios; 4 clases, 7 órdenes, 13 familias, 23 géneros y 40 especies de fitoplancton; 1 clase, 2 subclases, 1 orden y 10 especies de zooplancton; 3 órdenes, 18 familias, 42 géneros y 60 especies de insectos y 18 familias, 19 géneros y 26 especies de macrofitas. Con lo anterior se obtuvo una colección de referencia con los grupos anteriormente citados, así como la elaboración de una base de datos de la flora y fauna realizada con el formato BIOTICA, de la CONABIO. Así mismo, se inició la elaboración de un manual de identificación de todos los taxa estudiados, para su utilización científica y en la docencia a nivel superior.
- De Anda y Miranda (2004), elaboran la tesis: "Contribución al conocimiento de la calidad del agua en diferentes corrientes superficiales del parque nacional Izta-Popo y su zona de influencia", cuya finalidad fue dar a conocer las condiciones actuales de sistemas lóticos en el Parque Nacional Izta-Popo y su zona de influencia, los cuales forman parte de las subcuencas Atoyac, Nexapa, Cuautla (cuenca del Balsas), Amecameca y De la Compañía (ambas en la cuenca de México) dentro de los estados de México, Puebla y Morelos. Se realizaron muestreos mensuales entre julio del 2001 y septiembre del 2002 y se analizaron 216 puntos de monitoreo. La mayoría de los parámetros físicos y químicos de los escurrimientos en las subcuencas manifestaron un comportamiento en función de la altitud, a mayor altitud las cantidades de temperatura ambiente, temperatura del agua, alcalinidad total, dureza total, dureza de calcio, conductividad y sulfatos fueron menores en comparación a altitudes bajas, principalmente causadas por la actividad antropogénica; en cuanto al pH, oxígeno disuelto, carbono orgánico particulado, materia orgánica del sedimento, velocidad y aforo de la corriente, su variabilidad depende de las condiciones del entorno y de la dinámica de los sistemas, además de lo antes mencionado; con respecto a los sulfuros, sus altas concentraciones en las zonas



de mayor altitud son atribuidas a la actual actividad volcánica. Entre subcuencas, se encontró que, en cuanto al uso y manejo que se tiene de los sistemas, la que presentó menor perturbación fue Atoyac seguido de Amecameca, Nexapa, De la Compañía y Cuautla; sin embargo, al compararlas con respecto a los parámetros físicos, químicos e hidrológicos, se presenta diferencia entre cuencas (del Balsas y México). Y finalmente pese a las influencias antropogénicas en las zonas aledañas del Parque Izta-Popo, los parámetros analizados cumplen con los intervalos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas para aguas naturales, aunque se requiere de tratamiento en 10 sitios, antes del vertimiento a los cauces.

- Miguel (2006), mediante la tesis titulada: “Estudio de las condiciones ambientales y composición microalgal en cuerpos de agua de los parques nacionales Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas”, tuvo como objetivo principal el realizar el reconocimiento de la composición microalgal y condiciones ambientales de los diferentes sistemas acuáticos. En el año 2003 se realizaron colectas en 27 sitios ubicados en diferentes zonas de los Parques, en cada lugar de recolecta se registraron datos hidrológicos, así también se evaluaron parámetros físicos y químicos, mientras que para llevar a cabo el registro de especies microalgales se recolectaron florecimientos, muestras de agua y sedimento. Se realizó la clasificación de los sitios con base a su ubicación en tres diferentes cuencas, a partir de esta se efectuó un análisis estadístico comparativo por medio de diagramas de caja con muesca, en donde se permitió visualizar que existe una mayor concentración de oxígeno y amonio en la Cuenca Atoyac con respecto a la Cuenca Moctezuma, los demás parámetros analizados no presentaron diferencias significativas. Se determinaron y cuantificaron especies microalgales, obteniéndose un listado de 49 especies de las cuales 27 de ellas pertenecen a la división Chromophyta, 11 Chlorophyta, 9 Cyanophyta y 2 Euglenophyta, esto permitió reconocer de manera general que existe una composición microalgal predominante de diatomeas. Las especies registradas fueron reconocidas la mayoría de ellas en diferentes sustratos, mientras que la densidad microalgal fue más alta en sedimento que en agua.
- Balbuena (2007), realiza el trabajo de tesis que tituló “Análisis de la composición y densidad de la microflora ficológica en manantiales y arroyos del parque nacional Izta-Popo”. A través de este trabajo intenta estudiar la microflora algal de algunos sistemas lóticos del Parque Nacional Izta-Popo y sus alrededores así como evaluar las condiciones hidrológicas. De Febrero a Octubre de 2001, se recolectaron muestras de agua y de sedimento en puntos seleccionados dentro de la zona de estudio. Se identificaron 65 especies de microalgas que pertenecen a la división de Heterokonthophyta (con 61 especies) y Chlorophyta (con 4 especies). Los géneros mayor representados fueron: *Navícula*, *Nitzschia* y *Cocconeis*. Algunos puntos de estudio localizados cerca de núcleos poblacionales, mostraron un incremento de los niveles de nutrimentos y de algunos parámetros químicos. Probablemente debido a descargas de agua residuales derivadas de actividades humanas. Los niveles de fosfatos, amonios, nitritos y nitratos, así como los niveles de oxígeno, biomasa y niveles de clorofilas. Indican que los sistemas lóticos estudiados son oligotróficos.
- García y López (2007), obtienen mediante el trabajo de tesis: “Estudio limnológico y ficológico del arroyo La Compañía, Estado de México”, resultados conseguidos a través de 9 salidas a campo realizadas del mes de marzo de 2004 a febrero de 2005, en las que se encontró que la flora ficológica del sistema lótico estudiado se presenta como una respuesta a ciertos parámetros morfométricos (perfiles de profundidad, velocidad de corriente, volumen del caudal y tamaño de sedimento presente), hidrológicos (pH, oxígeno disuelto, bióxido de carbono, dureza total, dureza de calcio, alcalinidad total y nutrientes) y climáticos (temperatura ambiente temperatura del agua del arroyo) en donde se obtuvieron condiciones oligotróficas.



Además se evaluaron algunos parámetros limnológicos, así como la composición de especies y densidad de la flora ficológica presente en el arroyo "La Compañía" en el Estado de México. En este sistema se encontraron algas provenientes de diversos hábitats, en el agua, el sedimento, entre las raíces de plantas, formando filamentos libres y en costras adheridas a las rocas. Registrándose 26 especies de algas, 17 de la división Heterokontophyta: *Cocconeis placentula*, *Fragilaria capucina*, *Navícula* spp. y *Rhoicosphenia curvata*; 6 de la división Chlorophyta como: *Ulothrix aequalis*, *Spirogyra micropunctata* y *Closterium* sp; y 3 de Cyanophyta como: *Spirulina* sp y *Oscillatoria formosa*.

- Gómez Márquez, *et al* (2007), detallan en el artículo titulado: "Evalúan calidad de recursos hídricos en los parques Izta-Popo, Zoquiapan y áreas anexas" que cada vez es más importante realizar el monitoreo de la calidad del agua de los diferentes escurrimientos para establecer los mecanismos de un manejo adecuado de los recursos hídricos, para lo cual profesores de la FESZ realizaron 4 muestreos entre julio y noviembre de 2001, analizándose 69 muestras de agua en diferentes tipos de escurrimientos. Se observó que una gran parte del recurso acuático es desviado en ramales destinados para uso potable, actividades industriales y agrícolas lo que reduce el gasto (Q) y provoca que los sistemas acuáticos sufran modificaciones de los parámetros físicos, químicos y biológicos, con alto deterioro de la calidad del agua por efecto de las descargas de agua municipales, fabricas textiles, tintas y otros giros que son vertidas a los escurrimientos principales sin un tratamiento adecuado. La mayoría de los parámetros en las cuatro subcuencas manifestaron un comportamiento en función a la altitud. A mayor altitud los parámetros como: temperatura ambiente y del agua, pH, alcalinidad, dureza total, por, conductividad, DBO, DQO, coliformes totales y fecales, registraron menores concentraciones en comparación con los que se encuentran a menores altitudes. Por último señalan que sería adecuado realizar un monitoreo en diferentes épocas del año con el fin de conocer la variabilidad que en diferentes tiempos presentan estos cuerpos de agua tan importantes para las actividades socio-económicas de los pobladores.



JUSTIFICACIÓN

Debido a la gran importancia del conocimiento de nuestros recursos naturales y como un aporte a los estudios limnológicos de ríos en México y particularmente en las cercanías o zonas de influencia el Parque Nacional Izta-Popo, se llevó a cabo este estudio para tener una visión más amplia acerca de la ficología de los cuerpos de agua estudiados, el cual nos permitirá describir los cambios que ocurren en la composición y densidad de especies algales presentes y dejando así; muy probablemente un antecedente importante para posteriores estudios limnológicos o de calidad de agua para uso y consumo humano. Es por eso que el presente trabajo tiene como finalidad dar a conocer la composición ficoflorística, así como aspectos físicos y químicos de dos diferentes ríos del centro del país. Por lo tanto y derivado de lo anteriormente mencionado este trabajo tiene importancia para estudios ecológicos, hidrológicos y ficológicos en cuanto a potencial de uso doméstico, acuícola, ecológico, como servicio ambiental, etc.



HIPOTESIS

“Si las condiciones de los ríos se ven afectadas por el hombre a través del desvío de los cauces, cruce con carreteras, actividades domésticas o industriales, extracción del recurso agua, etc., y también por la naturaleza considerando la intensidad y la época de lluvias que modifican características físicas: Ancho, Largo, Velocidad de corriente y parámetros químicos: Bióxido de carbono, Oxígeno, Nitratos, Nitritos, Fosfatos, Amonio, pH, Conductividad, y el aporte de nutrimentos de las zonas aledañas al sistema por medio de lluvias y escorrentías, las especies algales se verán ante el reto de poder aclimatarse a dicho cambio, si lo logran serán consideradas como tolerantes a ese cambio, y si no, verán disminuida su población, llegando incluso a desaparecer por completo y serán consideradas como intolerantes al cambio (propias de sistemas no alterados), entonces, si el sistema en estudio no presenta alteraciones su flora algal será propia de estos sistemas (con diatomeas en su mayoría) y si el sistema presenta alteraciones, su flora algal estará compuesta básicamente de cianofitas, clorofitas y menor cantidad de diatomeas”.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar parámetros limnológicos, así como la composición y densidad de flora ficológica en un ciclo anual en dos zonas de monitoreo, una correspondiente al río Apatlaco (Pue.) y la otra al río Amatzinac (Mor.).

OBJETIVOS PARTICULARES

- Evaluar los cambios físicos de los ríos Apatlaco y Amatzinac en un ciclo anual mediante los siguientes parámetros: ancho, perfil de profundidad, velocidad de corriente y volumen del caudal.
- Evaluar las condiciones del agua en las zonas de los ríos que se estudian por medio de los siguientes parámetros limnológicos: pH, temperatura, oxígeno, bióxido de carbono, alcalinidad, dureza y nutrimentos.
- Obtener la lista de especies presentes de la flora ficológica en un ciclo anual en los puntos de muestreo de los ríos estudiados.
- Evaluar la relación de la flora ficológica registrada en los ríos con su hidrología a través del tiempo.



METODO

CAMPO

Se caracterizó la corriente de cada uno de los ríos estudiados mediante la evaluación de sus parámetros físicos: El ancho del río, su perfil de profundidad el cual se llevó a cabo con la ayuda de un flexómetro que se atraviesa de un lado a otro del río para medir el ancho y posteriormente, por ser un cuerpo de agua poco profundo, se mide la distancia que existe entre el sedimento y el espejo de agua cada 10 cm., todos los datos se llevan a una gráfica para reflejar su perfil de profundidad., también se calcula su velocidad de la corriente utilizando el método de objetos impulsados por la corriente (Schwoerbel, 1975) en el cual se coloca un objeto flotante en la superficie de la corriente y se mide el tiempo (t) en segundos que necesita para recorrer una longitud (L) en metros, y por último también se mide el volumen del caudal, utilizando la siguiente fórmula:
 $Q = \text{Velocidad de corriente por el área del rectángulo en el perfil, (Wetzel y Likens, 1991).}$

En cada uno de los lugares de estudio hay un sitio de aporte de nutrimentos; por lo cual se llevó a cabo un doble muestreo por corriente. En el río Apatlaco existe un estanque de truchas, el cual funciona como un lugar de esparcimiento y pesca recreativa, dicho estanque tiene una desviación del río como ingreso de la corriente de agua y su salida vuelve a verterla a la misma. En el río Amatzinac existe un parque recreativo de venados donde también hay ganado y animales de granja (actividad pecuaria); dicho parque vierte también sus desechos a la corriente, por esta razón se tomará una muestra de 1 L. de agua antes y una después de este aporte en cada uno de los ríos estudiados.

La toma de muestra de agua se realizará con ayuda de una botella de polietileno, ya que la profundidad media en ambos sistemas no rebasa el metro de profundidad, por lo tanto no se recomienda el uso de una botella toma muestras y es válido tomar la muestra directamente con una botella de polietileno (Schwoerbel, 1975) para evaluar los siguientes parámetros: Temperatura (con un termómetro marca *branan* con un rango de -20 a 150 °C), pH (con un potenciómetro marca *conductronic* con precisión de ± 0.02), bióxido de carbono mediante método Volumétrico (titulación con solución alcalina hidróxido de sodio 0.0227 N (A. P. H. A., 1980)), Oxígeno (con un oxímetro marca YSI Model 57 con una precisión de 0.1 mg/l (A. P. H. A., 1980)), Alcalinidad mediante el método de indicadores (titulación con ácido sulfúrico 0.02 N y anaranjado de metilo; A. P. H. A., 1980), Dureza Total y Dureza de Calcio mediante método complejométrico (titulación con EDTA 0.01M; A. P. H. A., 1980), y Conductividad (con un potenciómetro marca *conductronic* con precisión de ± 0.02 μs), todos los métodos empleados son métodos establecidos en bibliografía especializada como el A.P.H.A., también se tomó una muestra de sedimento al azar con la ayuda de una pala y se realizó una descripción visual al momento de coleccionar la muestra (Schwoerbel, 1975), esta descripción consiste en observar el tipo de corriente del sistema, olor y color del agua, inspección visual en busca de basura u otros afluentes, tipo de sustrato, iluminación que llega al sistema, vegetación en el contorno, presencia de animales o personas, actividad humana, etc.

Con ayuda de frascos de plástico se realizó la colecta manual de dos muestras de macroalgas por cada una de las zonas de monitoreo, es decir 2 muestras por mes para cada uno de los ríos. El muestreo se realizó mensualmente con la finalidad de tratar de abarcar un ciclo anual que incluya principalmente la época de secas y de lluvias, así se tendrían todas las condiciones posibles en las que se encuentran los sistemas. Las muestras se tomaron directamente de la corriente, la orilla y de costras de rocas (raspando con una espátula o con un cepillo de cerdas de acero), antes y después de la fuente de nutrimentos (estanque de truchas en el río Apatlaco y parque recreativo de venados en río Amatzinac). Aunado a esto se coleccionarán en pequeños frascos de plástico, una muestra de agua (la cual se conserva en refrigeración) además de coleccionar muestras de sedimento (fijados con formol al 10%), ambas para realizar los conteos de organismos microscópicos, esto también por duplicado, es decir, antes y después del sitio de aporte.



LABORATORIO

Debido a que los ortofosfatos, amonio, nitritos y nitratos son las formas asimilables por los vegetales, en el laboratorio se llevaron a cabo las determinaciones de nutrimentos: Amonio por medio de la técnica del fenato, Nitritos por medio de la técnica del ácido sulfanílico, Nitratos por medio de la técnica del ácido fenoldisulfónico y Fosfatos por medio de la técnica de fosfomolibdato, (A. P. H. A., 1980).

Determinación de microalgas

Las muestras de filamentos y costras fueron analizadas al microscopio óptico y con ayuda de claves ficológicas se determinaron las especies presentes (Bourrelly, 1985; Prescott, 1962; Patrick y Reimer, 1966). Además de auxiliarse del catálogo de algas continentales de Ortega, 1984.

Para las muestras de agua y sedimento se realiza un recuento para obtener la densidad de organismos por medio de cámaras de sedimentación con la ayuda del microscopio invertido, conforme al método de Utermöhl, (Schwoerbel, 1975). Para obtener la densidad de la comunidad algal, se colocan 2 ml de muestra de agua en la cámara de sedimentación, se deja reposar por lo menos 24 horas, posteriormente es observada bajo el microscopio invertido para la observación de los organismos. Se analizan de 10 a 20 campos de observación de una cámara (de área y número de campos totales conocidos) contando el número de organismos (hasta contar 100 organismos) y se anotan los datos correspondientes a cada uno de ellos en tablas de registro, para su posterior cálculo.

Para las muestras de sedimento, se pesa la cámara de sedimentación limpia, seca y vacía, posteriormente se coloca 1 mg de muestra y 2 ml de agua destilada dentro de ella, dejándose reposar, con la finalidad de que el sedimento en la medida de lo posible se concentre totalmente en el fondo de la cámara, se procede a pesar la cámara con la muestra de sedimento y se coloca bajo el microscopio invertido para observar los organismos, registrando los recuentos en 10 a 20 campos de observación para su posterior análisis y resultados.

Identificación del tamaño de grano del sustrato en el sedimento.

Las muestras de sedimento se secan a temperatura ambiente y se toma una cantidad conocida colocándose en una serie de tamices de las siguientes características:

Tamiz No.6 abertura 3.36 mm

Tamiz No. 8 abertura 2.38 mm

Tamiz No.120 abertura 0.125 mm

Plato receptor del sedimento que pasa a través del tamiz No. 120

Posteriormente las partículas se separan según el tamaño y se pesan por separado. Se interpretan los pesos, de acuerdo al nombre que recibe cada una de las partes contenidas en cada tamiz y el tamaño de partícula del sedimento se determinará en base a la Figura 3.

Piedras	mayor de 63.0 mm
Grava gruesa	63.0 – 20.0 mm
Grava mediana	20.0 - 6.3 mm
Grava fina	6.3 – 2.0 mm
Arena gruesa	2.0 – 0.63 mm
Arena mediana	0.6 – 0.2 mm
Arena fina	0.2 – 0.063 mm
Aluvi3n	por debajo de 0.063 mm

Figura 3. Clasificaci3n de grano del sustrato en el sedimento seg3n su tama1o (Schwoerbel, 1975)

El objetivo principal de la identificaci3n del tama1o de grano del sustrato es para caracterizar el sedimento que tiene el sistema, lo cual va a repercutir en el tipo de h3bitat que tendr3an las algas filamentosas y diatomeas bent3nicas. De acuerdo a las caracter3sticas de los tamices a utilizar para la determinaci3n del tama1o del grano de sustrato, lo podremos separa en 4 grupos: arena gruesa y mediana, arena fina > 0.125 mm, el sedimento que traspase el tamiz m3s fino considerado como arena fina < 0.125 y aluvi3n.

Gabinete

Se realizaron gr3ficas de los diferentes par3metros a lo largo de todo el periodo de estudio, obten3ndose de la siguiente manera:

Determinaciones F3sicas: Velocidad de la corriente, volumen del caudal, % del tama1o de part3culas del sedimento, Perfiles de profundidad, Temperatura ambiente y Temperatura del agua.

Velocidad de corriente mediante la siguiente f3rmula (Wetzel y Likens, 1991):

$$v = m / s$$

Donde:

v = velocidad de corriente.

m = metros.

s = segundos.

El caudal o gasto volum3trico es la cantidad de un l3quido que pasa por unidad de tiempo a trav3s de una secci3n de control. Su unidad de medida viene expresada por la relaci3n de volumen por unidad de tiempo. Para calcular el volumen del caudal y debido a que la profundidad del sistema no es el mismo al centro que a la orilla se utiliza la profundidad promedio y el resultado obtenido es una estimaci3n ya que no hay manera de registrarla exactamente (Figura 4), 3ste m3todo es el recomendado por Wetzel y Likens (1991).

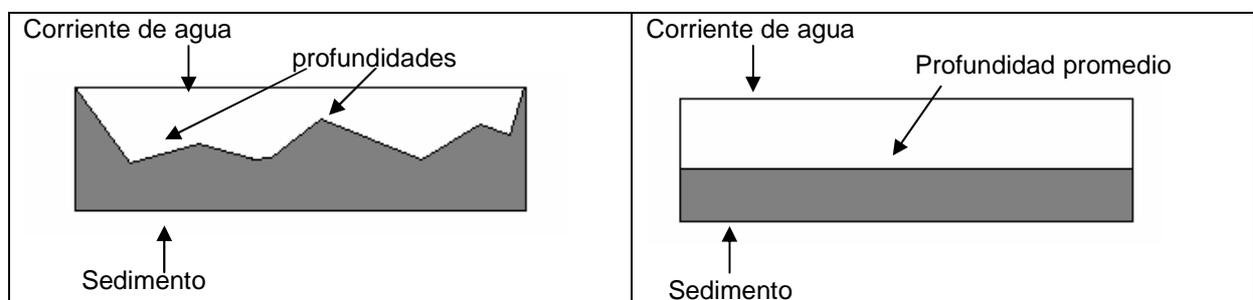


Figura 4. Representaci3n gr3fica de las profundidades reales del sistema con respecto a la profundidad promedio obtenida.



Volumen del caudal mediante la siguiente fórmula (Wetzel y Likens, 1991):

$$Q = AV$$

donde:

Q = volumen del caudal o descarga de la corriente.

A = área de la sección transversal del sistema (utilizando un rectángulo donde se interpreta el ancho y la profundidad media del perfil) = área de la boca del cuadrángulo B x h (base por profundidad media).

V = velocidad de la corriente en cm/seg.

Esta fórmula es ideal para una profundidad constante, por lo cual se toma una profundidad promedio que resulta de todas las profundidades tomadas cada 10 cm a lo ancho del arroyo, que lleva a una estimación del caudal. (Wetzel y Likens, 1991.)

Determinaciones hidrológicas y del sedimento: Se elaborarán gráficos y tablas resumen del comportamiento hidrológico (físico, químico), así como la composición por tamaño de partícula del sedimento a través del tiempo de estudio para ayudar a describirlo.

Determinaciones biológicas: Obtener el listado taxonómico de los organismos registrados para analizar su composición y densidad durante el ciclo estudiado.

También se realizarán cálculos de densidad total y por especie, de los organismos en agua y sedimento, y cuadros donde se reporta presencia y ausencia de las algas.

Se elaborarán gráficas de los parámetros hidrológicos (Temperatura, pH, Oxígeno disuelto, Bióxido de carbono, Alcalinidad total, Dureza de calcio, Dureza total, Amonio, Nitratos, Nitritos, Fosfatos), contra tiempo con la finalidad de poder determinar si existe relación entre la flora ficológica registrada en los sitios de muestreo de los ríos estudiados y su hidrología.

Además de elaborar gráficas de correlación entre la densidad de las algas contra las determinaciones físicas velocidad de corriente y volumen del caudal.

Análisis Estadístico de Datos: A los resultados obtenidos se les aplicará un análisis estadístico mediante el uso de diagramas de cajas múltiples para comparar los lotes de datos (2 puntos por zona de muestreo) al ser graficados en paralelo. (Salgado, 1992). Debido a que contamos con 1 o 2 datos por cada muestreo y no es posible desplegar un diagrama de caja con dos datos, los diagramas serán para cada uno de los parámetros a lo largo de todo el estudio, además se realizaron correlaciones entre variables que pudieran describir el comportamiento de algunos de los resultados con el método de correlación de rangos de Spearman. (Dos Santos, 2004).

RESULTADOS

RÍO APATLACO, PUE.

a) PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

PERFILES DE PROFUNDIDAD

Se obtuvieron los perfiles de profundidad del río Apatlaco a lo largo de un ciclo anual con la finalidad de observar las fluctuaciones de la depresión del cauce del río en el sitio de muestreo durante el tiempo que se llevó a cabo el estudio.

El valor más alto en cuanto a profundidad, se observa en la línea correspondiente al mes de Octubre con un promedio de 17.36 cm, el mes en el que se presentó menor profundidad es Abril con un valor de 5 cm como promedio. De la misma forma y de acuerdo a lo que se puede observar en la gráfica abajo mostrada, el mes que presentó mayor distancia a lo ancho del río es Septiembre con 270 cm y el menos ancho se registró en Marzo I con 196 cm.

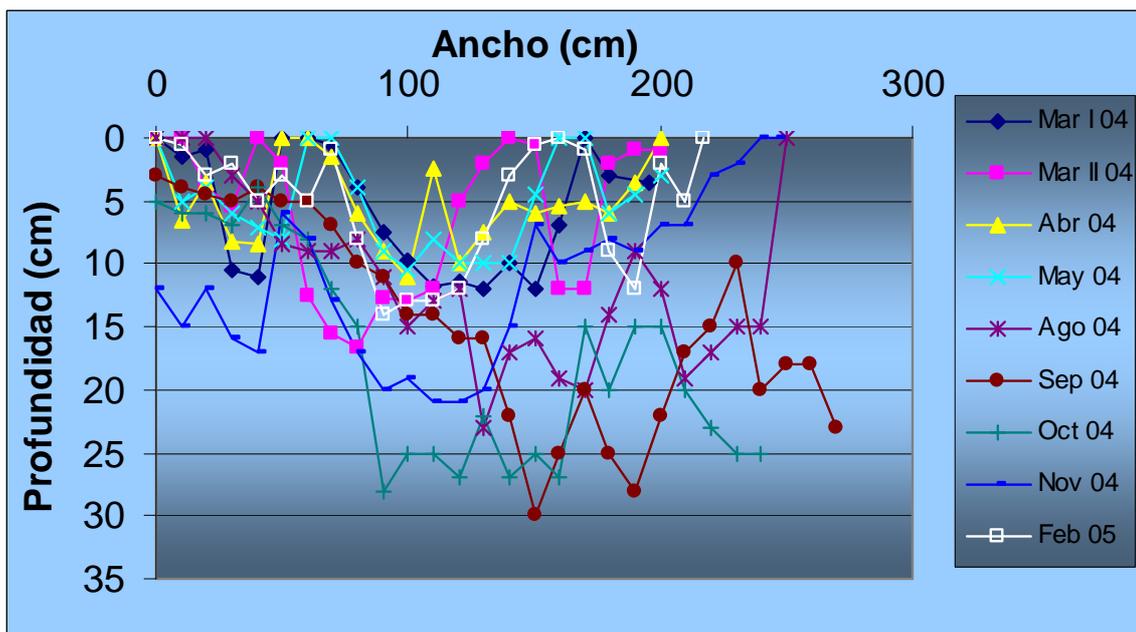


Figura 6. Perfiles de profundidad del Río "Apatlaco, Pue." a lo largo del estudio.



En la figura 7 se muestra la comparación de los perfiles más y menos profundo a lo largo del estudio en el río, notando que en el mes de Abril se registra el perfil mas bajo con un valor promedio de 5 cm en contraste con el mes de Octubre en el que se presenta el perfil mas profundo de todo el estudio con un valor promedio de 17.36 cm además de que la distancia de ancho del río es mayor que el registrado en el mes de Abril.

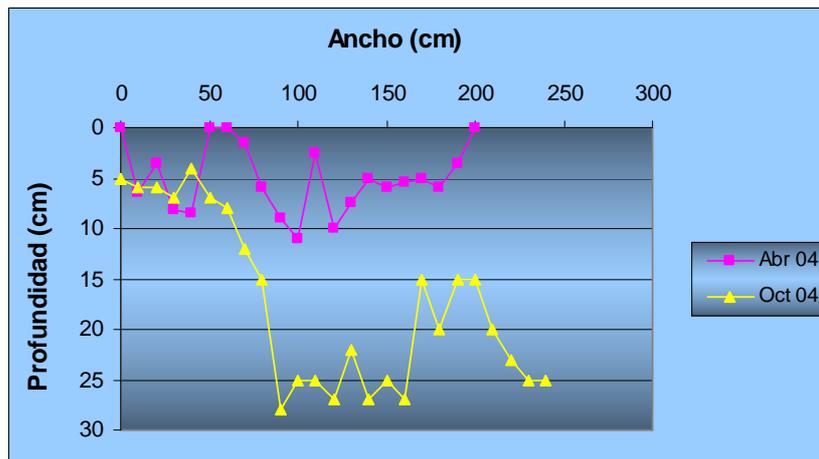


Figura 7. Perfiles más y menos profundos, a lo largo del ciclo.

VELOCIDAD DE CORRIENTE

La distancia que avanza el agua del río en un determinado tiempo es conocida como la velocidad de corriente, por lo que se llevó a cabo la medición de ésta en el cuerpo de agua estudiado, la variación de la velocidad de la corriente a lo largo del ciclo de estudio se muestra en la siguiente figura, en la que se observa una pequeña disminución del mes de Marzo I a Marzo II cuyo valor es 23.75 cm/seg siendo éste el mes en que se presenta la velocidad mínima de corriente, sin embargo a partir de dicho mes tiende a aumentar gradualmente la velocidad de la corriente de agua en el transcurso de Abril, Mayo y Agosto hasta llegar a su punto máximo en el mes de septiembre con 87.90 cm/seg para volver a disminuir en los siguientes meses.

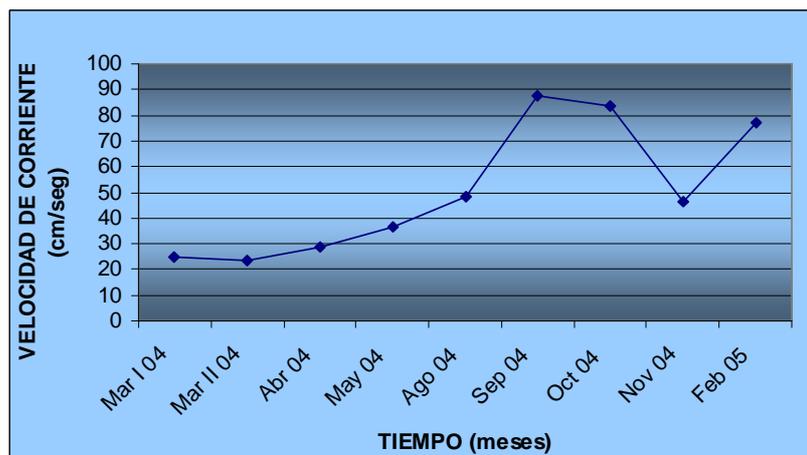


Figura 8. Variaciones de Velocidad de corriente del río Apatlaco.



CARGA DEL CAUDAL

De acuerdo con la figura 9 la carga del caudal es muy constante durante el lapso de los meses Marzo a Mayo encontrándose en el mes de Marzo I el volumen mínimo con un valor de 28.51 L/seg comenzado a aumentar desde Agosto para llegar al punto máximo en Septiembre y Octubre con valores de 348.66 L/seg y 348,36 L/seg respectivamente, posteriormente disminuye para los meses de Noviembre 2004 y Febrero de 2005.

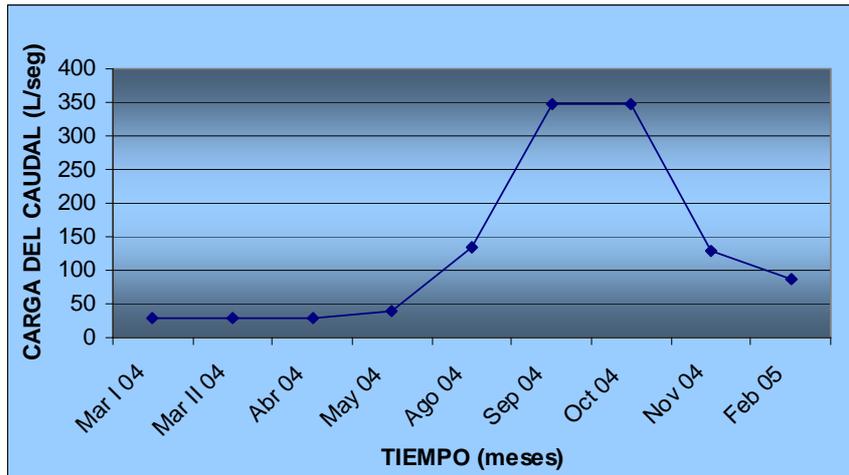


Figura 9. Cambios de la carga del caudal del río.

SEDIMENTO (TAMAÑO DE PARTICULA)

De acuerdo con el juego de cribas utilizado para el análisis de tamaño de grano de muestras del sedimento, el tamaño de partícula más abundante es la arena gruesa, arena mediana y arena fina > 0.125 mm y la menos abundante es la grava fina de 2.38 mm así como la arena fina < 0.125 y aluvi3n. (Figura 10)

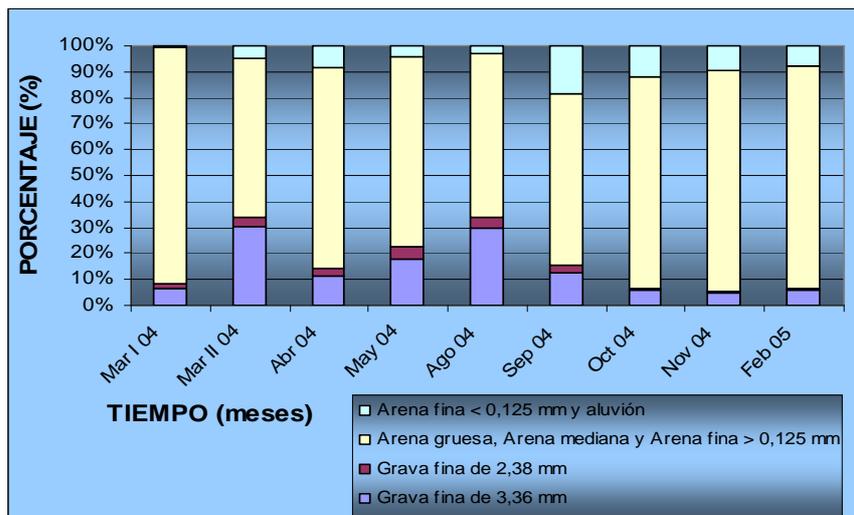


Figura 10. Tamaño de grano de muestras del sedimento.



CONDUCTIVIDAD

El valor máximo es de 127 μS y se presenta en el mes de Marzo II, existiendo una notoria diferencia con los demás meses de muestreo puesto que se comportan de manera bastante homogénea a lo largo del estudio. El valor mínimo se presenta en el mes de Septiembre con 35.5 μS . (Figura 11)

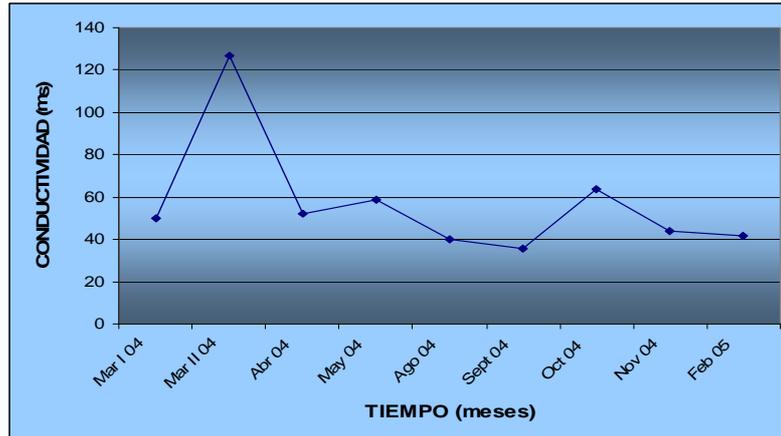


Figura 11. Conductividad (μS)

b) PARÁMETROS HIDROLÓGICOS

TEMPERATURA DEL AGUA Y AMBIENTE

La temperatura ambiente mas alta se registró en el mes de Noviembre con un valor de 24.1 $^{\circ}\text{C}$ seguido por Marzo II con 23.5 $^{\circ}\text{C}$, el mínimo es en Abril y Agosto con 13 $^{\circ}\text{C}$. La temperatura del agua a lo largo del estudio registró un máximo de 15 $^{\circ}\text{C}$ en Mayo y un mínimo de 8 $^{\circ}\text{C}$ en Abril y Agosto. (Figura 12)

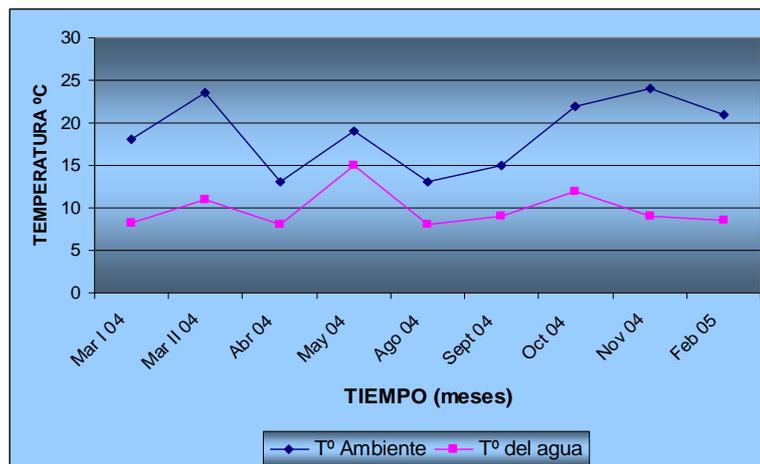


Figura 12. Temperatura Ambiente y del agua del río Apatlaco.



PH

El pH del arroyo a lo largo del estudio presentó un intervalo de 7.2 a 8.7, el valor mas alto se registra en el mes de Marzo I 04 y el mas bajo en Agosto 04. (Figura 13)

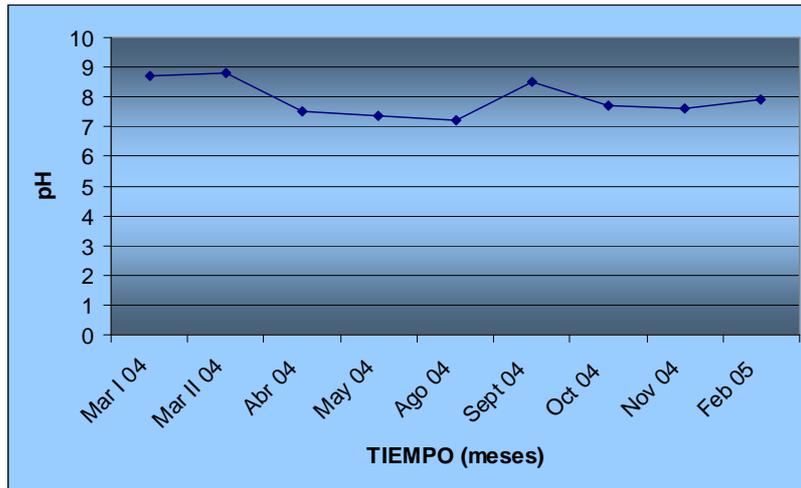


Figura 13. Valores de pH a lo largo del estudio en el río Apatlaco.

OXIGENO DISUELTO

El oxígeno disuelto presenta un valor máximo en el mes de Nov 04 de 16 mg de O/l, el valor mínimo se presenta en el mes de Mar II 04 con 1.3 mg de O/l. (Figura 14)

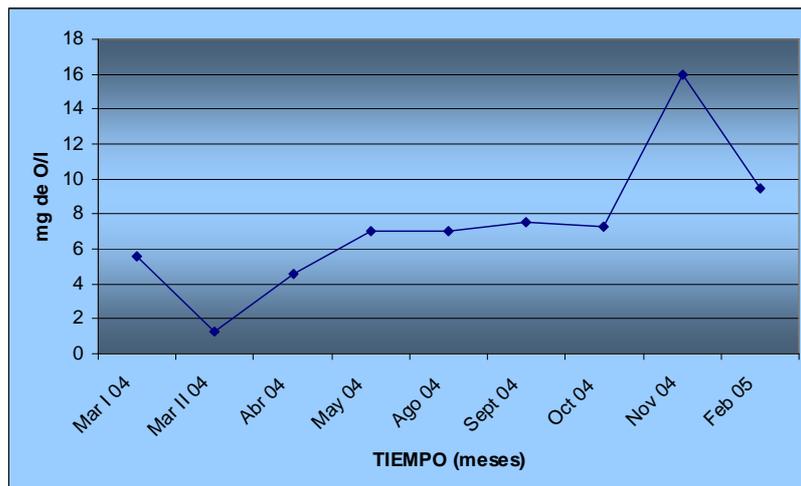


Figura 14. mg de Oxigeno disuelto por litro en el río Apatlaco.



BIOXIDO DE CARBONO

El Bióxido de carbono presenta un comportamiento bastante congruente a lo largo del estudio sin presentar grandes diferencias a excepción del mes de Agosto 04 en el que se puede observar el valor más alto con 3.99 mg CO₂/l y el mínimo le corresponde al mes de mayo 04 con 1.24 mg CO₂/l.

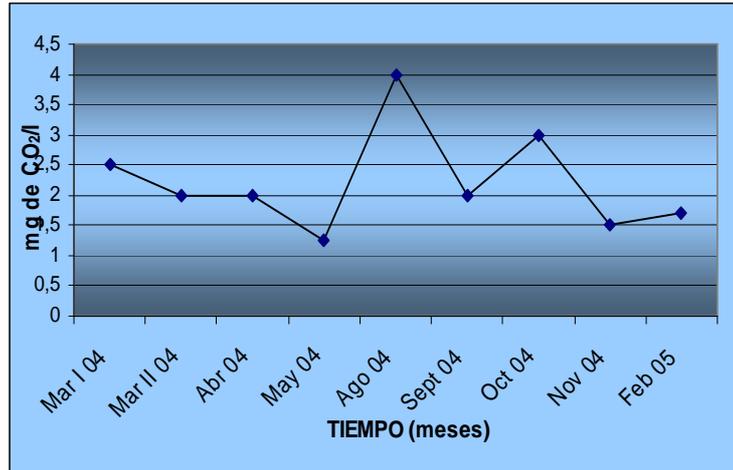


Figura 15. Bióxido de carbono del río Apatlaco.

DUREZA TOTAL

La dureza total presenta su valor máximo en el mes de Marzo II 04 con 104.1 mg/L y el mínimo en el mes de Abril de 36.03 mg/L, a partir de este mes comienza un leve incremento hasta el mes de noviembre 04; para volver a disminuir en el mes de febrero 05. (Figura 16)

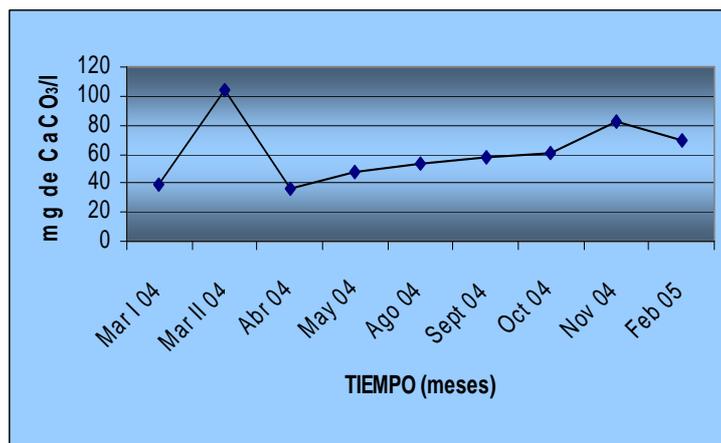


Figura 16. Gráfica en la que se observa la dureza total del río Apatlaco



DUREZA DE CALCIO

Como se puede observar en la figura 17 el valor máximo de la dureza de calcio se presentan en el mes de Noviembre 04 con 18.81 mg/L (punto 1) y 19.61 mg/L (punto 2), presentándose variaciones a lo largo del estudio sin llegar a ser significativas dado que se ve un comportamiento proporcionado. (Figura 17)

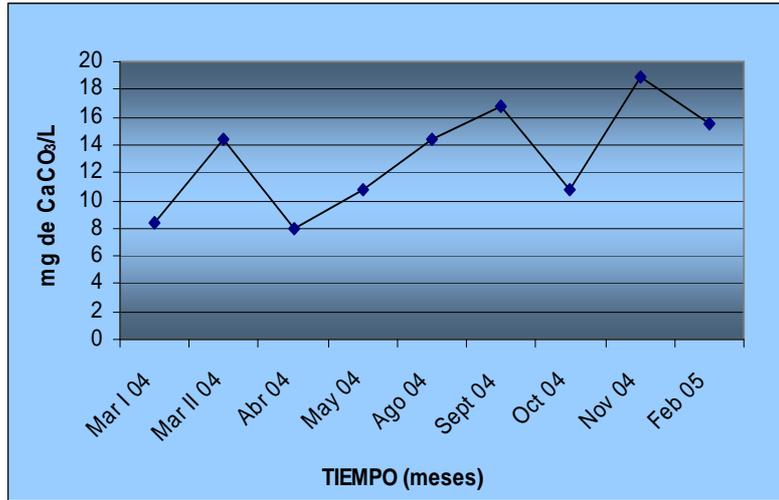


Figura 17. Dureza de calcio del río Apatlaco.

ALCALINIDAD TOTAL

El grafico muestra una alcalinidad total variable, con un valor máximo de 51.96 mg/L en el mes de marzo I 04 y un mínimo de 22 mg/L en el mes de agosto, lo cual se refleja en la siguiente figura. (Figura 18)

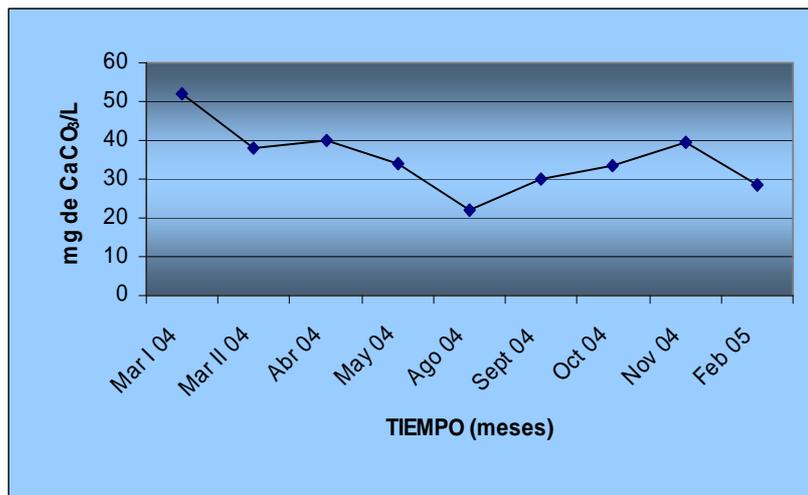


Figura 18. Alcalinidad total a lo largo del estudio del río Apatlaco.



AMONIO

El amonio presenta un valor máximo en el mes de Marzo II 04 con 0.81 mg/L y comienza a disminuir la concentración hasta el mes de Agosto 04 para tener un aumento significativo en Septiembre 04 en ambos puntos 0.50 mg/L y 0.58 mg/L respectivamente, sin embargo en Octubre 04 presenta valores de 0.12 mg/L para el punto 1 y 0.10 para el punto 2 y a partir de este mes comienza un aumento gradual hasta Febrero 05. (Figura 19)

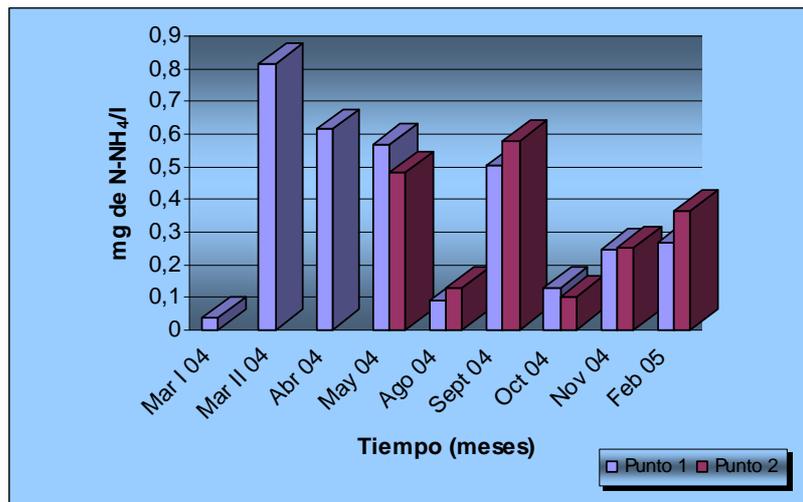


Figura 19. Amonio en el río Apatlaco

NITRITOS

El valor máximo de nitritos se presenta en el mes de Mayo 04 con 0.002 mg/L (punto 1) y el valor mínimo coincide en el mismo mes pero en el punto 2 de muestreo con 0.00043 mg/L, en los demás meses se presentan valores constantes. (Figura 20)

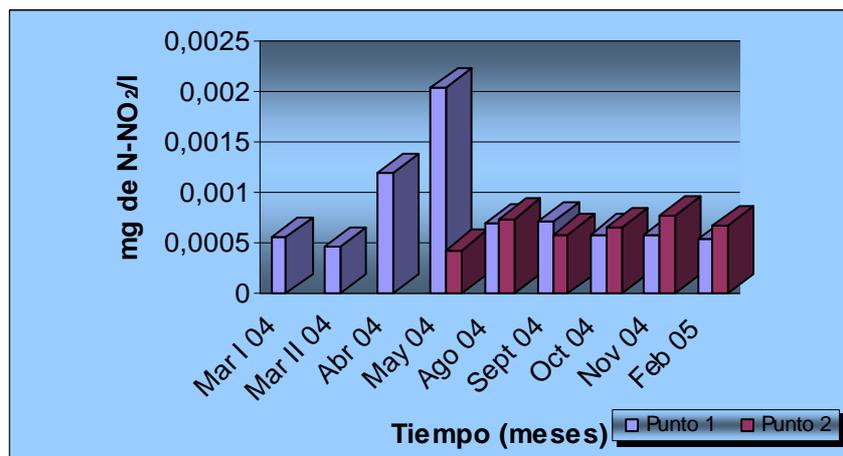


Figura 20. Concentración de Nitritos del río Apatlaco.



NITRATOS

El valor máximo para los nitratos se presenta en el mes de Mayo 04 con un valor de 0.05 mg/L en el punto 1 lo cual coincide con el valor máximo de nitritos (Figura anterior), sin embargo el valor mínimo se reporta en el mes de Octubre con 0.001 mg/L también correspondiente al punto 1 de muestreo, el valor máximo para el punto 2 es en el mes de Octubre con 0.03 mg/L y el mínimo en el mes de Septiembre con 0.008 mg/L. (Figura 21)

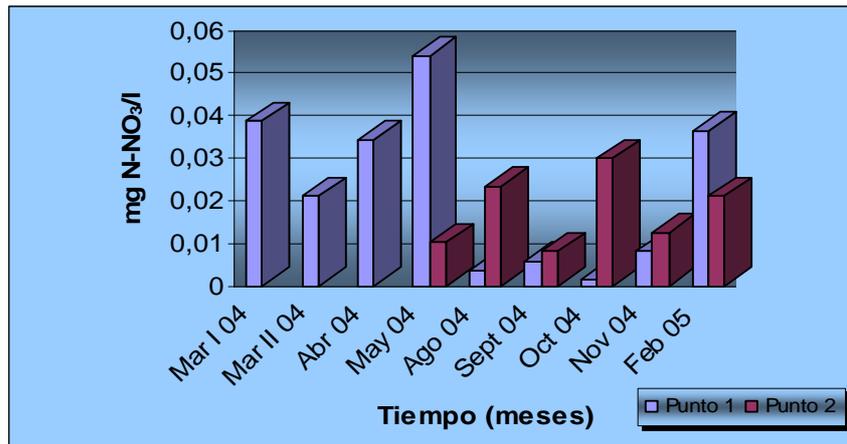


Figura 21. Nitratos del río Apatlaco

ORTOFOSFATOS

Se observa que el valor máximo en todo el estudio se encuentra en el mes de Agosto con 0.77 mg/L seguido por Marzo I con 0.56 mg/L así mismo el valor mínimo se encuentra en el mes de Septiembre con 0.0055 mg/L en el punto 1 del muestreo, respecto al punto 2 el valor máximo es en Mayo con 0.16 mg/L y el mínimo también en Septiembre con 0.05 mg/L. (Figura 22)

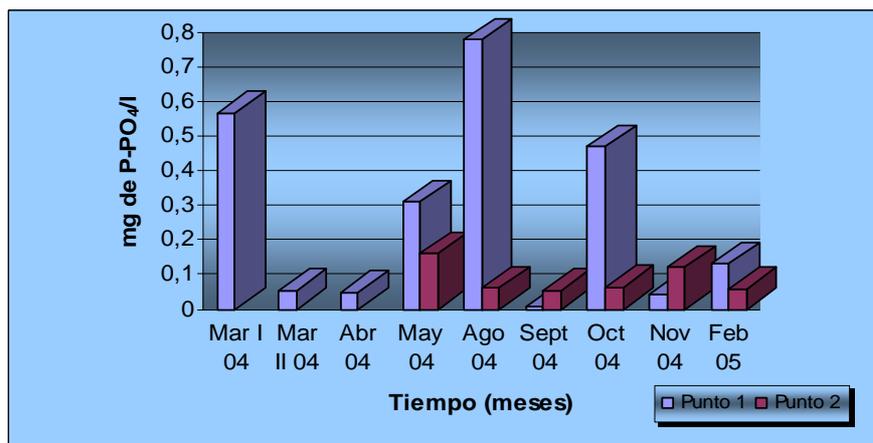


Figura 22. Concentración de Ortofosfatos en el río Apatlaco.



c) PARÁMETROS BIOLÓGICOS

La siguiente figura muestra la clasificación taxonómica de las algas encontradas en las muestras analizadas del punto 1 del río Apatlaco, dicha clasificación se realizó de acuerdo a H. Bold (1986), Bourrelly, 1985; Prescott, 1962; Patrick y Reimer, 1966, Además del catálogo de algas continentales de Ortega, 1984.

DIVISION						
Cyanophyta						
CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE		
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>	<i>O. formosa</i>	Gomont	
			<i>Lyngbya</i>	<i>L. aestuarii</i>	Liebmann ex Gomont	
		Phormidiaceae	<i>Phormidium</i>	<i>P. retzii</i>	(C. Agardh) Kützing	
	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>	<i>C. limneticus</i>	Lemmermann	
			<i>Microcystis</i>	<i>M. aeruginosa</i>	(Kützing) Kützing	
			<i>Merismopedia</i>	<i>M. glauca</i>	(Ehrenberg) Nägeli	
DIVISION						
Chlorophyta						
CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE		
Chlorophyceae	Chaetophorales	Chaetophoraceae	<i>Stigeoclonium</i>	<i>S. tenue</i>	(C. Agardh) Kützing	
			<i>Dermatophyton</i>	<i>D. radians</i>	Peter	
		Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i>	<i>O. mexicanum</i>	Wittrock ex Hirn
		Ulvales	Prasiolaceae	<i>Prasiola</i>	<i>P. mexicana</i>	J. Agardh
		Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Rhizoclonium</i>	<i>R. hieroglificum</i>	(C. Agardh) Kützing
		Ulotrichales	Ulotrichaceae	<i>Ulothrix</i>	<i>U. aequalis</i>	Kützing
	<i>Klebsormidium</i>			<i>K. subtile</i>	(Kützing) Ortega	
	<i>Spirogyra</i>			<i>S. micropunctata</i>	Transeau	
		Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Mougeotia</i>	<i>M. scalaris</i>	Hassall
				<i>Mougeotiopsis</i>	<i>M. calospora</i>	Palla



(Continuación)

DIVISION					
Chrysophyta					
CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	
Bacillariophyceae	Centrales	Melosiraceae	<i>Melosira</i>	<i>Melosira sp.</i>	
		Pennales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>	<i>F. capucina</i>
	<i>Synedra</i>			<i>S. Ulna</i>	(Nitzsch) Ehrenberg
	<i>Rhoicosphenia</i>			<i>R. curvata</i>	(Kützing) Grunow
	Naviculaceae		<i>Navicula</i>	<i>N. cuspidata</i>	(Kützing) Kützing
			<i>Neidium</i>	<i>N. affine</i>	(Ehrenberg) Pfitzer
			<i>Pinnularia</i>	<i>P. viridis</i>	(Nitzsch) Ehrenberg
	Cymbellaceae		<i>Cymbella</i>	<i>C. prostata</i>	(Berkeley) Cleve
			<i>Amphora</i>	<i>A. birugula</i>	Hohn
			<i>Gomphonema</i>	<i>G. anglicum</i>	Ehrenberg
	Bacillariaceae		<i>Nitzschia</i>	<i>N. linearis</i>	(C. Agardh) W. Smith
		<i>Denticula</i>	<i>D. elegans</i>	Kützing	
	Surirellaceae	<i>Surirella</i>	<i>S. elegans</i>	Ehrenberg	
	Achnanthaceae	<i>Cocconeis</i>	<i>C. placentula</i>	Ehrenberg	
	Eunotiales	Peroniaceae	<i>Peronia</i>	<i>P. fibula</i>	(Brébisson ex Kützing) Ross

Figura 23. Clasificación taxonómica de las algas encontradas en el punto 1 del río Apatlaco.



La siguiente figura indica la presencia y ausencia de especies observadas en las muestras tomadas del punto 1 del río Apatlaco.

Apatlaco Punto (1)	Marzo I	Marzo II	Abril	Mayo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Febrero 2005
<i>Amphora birugula</i>	x			x			x		x
<i>Chroococcus limneticus</i>						x			
<i>Cocconeis placentula</i>	x	x	x	x	x			x	x
<i>Cymbella prostata</i>	x		x	x	x		x	x	x
<i>Denticula elegans</i>		x	x					x	
<i>Dermatophyton radians</i>				x		x	x		x
<i>Fragilaria capucina</i>	x	x	x	x	x		x	x	
<i>Gomphonema anglicum</i>	x		x	x				x	
<i>Klebsormidium subtile</i>	x	x							
<i>Lyngbya aestuarii</i>			x	x		x			
<i>Melosira sp</i>	x	x	x					x	x
<i>Merismopedia glauca</i>		x						x	
<i>Mougeotia scalaris</i>			x						x
<i>Mougeotiopsis calospora</i>	x		x	x		x	x	x	x
<i>Microcystis aeruginosa</i>			x						
<i>Navicula cuspidata</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x
<i>Neidium affine</i>		x	x						
<i>Nitzschia linearis</i>	x	x	x	x	x	x		x	x
<i>Oedogonium mexicanum</i>	x	x	x	x				x	x
<i>Oscillatoria formosa</i>	x		x	x		x	x		x
<i>Peronia fibula</i>	x	x							x
<i>Phormidium retzii</i>		x	x	x		x	x	x	x
<i>Pinnularia viridis</i>	x	x	x	x	x			x	
<i>Prasiola mexicana</i>		x						x	
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i>	x		x					x	
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	x	x	x	x	x		x	x	x
<i>Spirogyra micropunctata</i>	x		x	x	x			x	x
<i>Stigeoclonium tenue</i>		x	x			x			
<i>Surirella elegans</i>								x	x
<i>Synedra ulna</i>			x					x	x
<i>Ulothrix aequalis</i>	x	x	x	x			x	x	x

Figura 24. Organismos presentes en muestras correspondientes al punto 1 del Río Apatlaco en el periodo de estudio.

X = Presencia



La siguiente figura muestra la clasificación taxonómica de las algas encontradas en las muestras analizadas del punto 2 del río Apatlaco, dicha clasificación se realizó de acuerdo a H. Bold (1986), Bourrelly, 1985; Prescott, 1962; Patrick y Reimer, 1966, Además del catálogo de algas continentales de Ortega, 1984.

DIVISION		CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	
Cyanophyta		Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>	<i>O. formosa</i>	Gomont
				Phormidiaceae	<i>Phormidium</i>	<i>P. retzii</i>	(C. Agadh) Kützing
		Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>	<i>C. limneticus</i>	Lemmerman	
				<i>Microcystis</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Kützing	
DIVISION		CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	
Chlorophyta		Chlorophyceae	Chaetophorales	Chaetophoraceae	<i>Stigeoclonium</i>	<i>S. tenue</i>	(C. Agardh) Kützing
				Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium</i>	<i>O. mexicanum</i>
			Ulvales	Prasiolaceae	<i>Prasiola</i>	<i>P. mexicana</i>	J. Agardh
			Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Rizoclonium</i>	<i>R. hieroglificum</i>	Agardh
			Ulotrichales	Ulotrichaceae	<i>Ulothrix</i>	<i>U. aequalis</i>	Kützing
				Microsporaceae	<i>Microspora</i>	<i>M. amoena</i>	(Kützing) Rabenhorst
			Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Spirogyra</i>	<i>S. micropunctata</i>	Transeau
					<i>Mougeotiopsis</i>	<i>M. calospora</i>	Palla
DIVISION		CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	
Chrysophyta		Bacillariophyceae	Centrales	Melosiraceae	<i>Melosira</i>	<i>Melosira</i> sp.	
				Pennales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>	<i>F. capucina</i>
			Naviculaceae	<i>Rhoicosphenia</i>		<i>R. curvata</i>	(Kützing) Grunow
				<i>Navicula</i>	<i>N. cuspidata</i>	(Kützing) Kützing	
				<i>Neidium</i>	<i>N. affine</i>	(Ehrenberg) Pfitzer	
			Cymbellaceae	<i>Pinnularia</i>	<i>P. viridis</i>	(Nitzsch) Ehrenberg	
				<i>Cymbella</i>	<i>C. prostata</i>	(Berkeley) Cleve	
				<i>Amphora</i>	<i>A. birugula</i>	Hohn	
			Bacillariaceae	<i>Gomphonema</i>	<i>G. anglicum</i>	Ehrenberg	
				<i>Anomoeoneis</i>	<i>A. sphaerophora</i>	Pfitzer	
				<i>Nitzschia</i>	<i>N. linearis</i>	(C. Agardh) W. Smith	
			Achnanthaceae	<i>Denticula</i>	<i>D. elegans</i>	Kützing	
				<i>Cocconeis</i>	<i>C. placentula</i>	Ehrenberg	
			Epithemiaceae	<i>Epithemia</i>	<i>E. turgida</i>	(Ehrenberg) Kützing	

Figura 25. Clasificación taxonómica de las algas encontradas en el punto 2 del río Apatlaco.



La siguiente figura indica la presencia y ausencia de especies observadas en las muestras tomadas del punto 2 del río Apatlaco.

Apatlaco Punto (2)	Marzo I	Marzo II	Abril	Mayo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Febrero 2005
<i>Amphora birugula</i>	-----	-----	-----			X			
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>	-----	-----	-----			X			
<i>Cocconeis placentula</i>	-----	-----	-----	X		X	X	X	X
<i>Cymbella prostata</i>	-----	-----	-----	X	X	X	X	X	X
<i>Denticula elegans</i>	-----	-----	-----	X				X	X
<i>Epithemia turgida</i>	-----	-----	-----			X			
<i>Fragilaria capuchina</i>	-----	-----	-----			X	X	X	X
<i>Gomphonema anglicum</i>	-----	-----	-----	X		X		X	
<i>Melosira sp.</i>	-----	-----	-----	X	X	X	X	X	
<i>Microsistys aureginosa</i>	-----	-----	-----	X					
<i>Microspora amoena</i>	-----	-----	-----	X					X
<i>Mougeotiopsis calospora</i>	-----	-----	-----	X		X	X		
<i>Navicula cuspidata</i>	-----	-----	-----	X	X	X	X	X	
<i>Neidium affine</i>	-----	-----	-----	X					
<i>Nitzschia linearis</i>	-----	-----	-----					X	X
<i>Oedogonium mexicanum</i>	-----	-----	-----			X			X
<i>Oscillatoria formosa</i>	-----	-----	-----	X	X	X			
<i>Phormidium retzii</i>	-----	-----	-----	X	X	X			
<i>Pinnularia viridis</i>	-----	-----	-----		X	X	X	X	X
<i>Prasiola mexicana</i>	-----	-----	-----			X	X		X
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i>	-----	-----	-----					X	X
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	-----	-----	-----	X	X	X		X	
<i>Spirogyra micropunctata</i>	-----	-----	-----					X	
<i>Stigeoclonium tenue</i>	-----	-----	-----			X	X	X	
<i>Ulothrix aequalis</i>	-----	-----	-----	X	X			X	X

Figura 26. Organismos presentes en muestras correspondientes al punto 2 del Río Apatlaco en el periodo de estudio. X = presencia
--- = Sin muestreo



DENSIDAD DE ORGANISMOS

A continuación se presenta en forma de tabla la densidad de organismos en las muestras de agua y sedimento, posteriormente se reflejarán mediante una gráfica dichos valores.

Meses	Densidad en agua Org/ml		Densidad en Sedimento Org/mg	
	Apatlaco 1	Apatlaco 2	Apatlaco 1	Apatlaco 2
Mar I 04	2495	-----	1190	-----
Mar II 04	1832	-----	828	-----
Abr 04	1626	-----	269	-----
May 04	2554	2969	318	679
Ago 04	2198	3252	168	259
Sep 04	3676	1909	101	1383
Oct 04	2757	1697	125	420
Nov 04	1485	1414	75	1611
Feb 05	1980	3323	32	931

---- = sin muestreo

Tabla 1. Densidad de organismos en muestras de Agua y Sedimento



DENSIDAD DE ORGANISMOS EN AGUA

Mediante la siguiente figura se observa que el mes con mayor densidad de organismos en agua es Septiembre en el punto 1 de muestreo con 3676 org/ml el punto 2 presenta su máximo en el mes de Febrero de 2005 con 3323 org/ml, además se observa que la densidad de los organismos es constante a lo largo del ciclo de estudio.

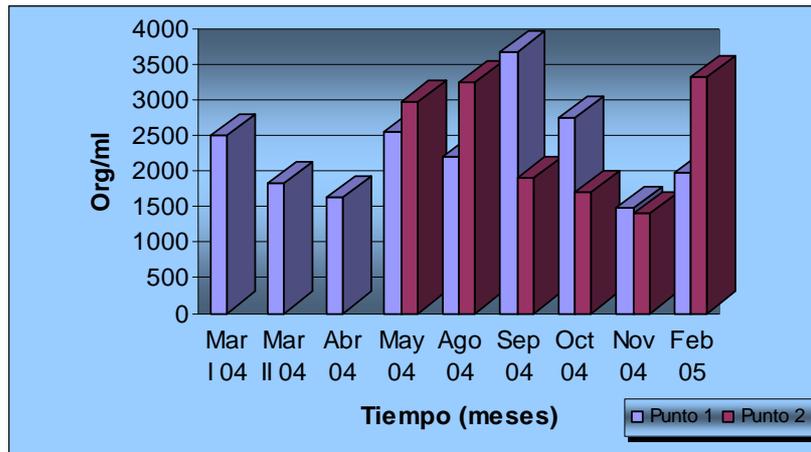


Figura 27. Densidad de organismos en muestras de Agua

DENSIDAD DE ORGANISMOS EN SEDIMENTO

El valor máximo de densidad de organismos en sedimento es 1611 org/mg perteneciente al punto de muestreo 2 del mes de Noviembre y el mínimo corresponde al punto de muestreo 1 del mes de Febrero de 2005 con un valor de 32 org/mg.

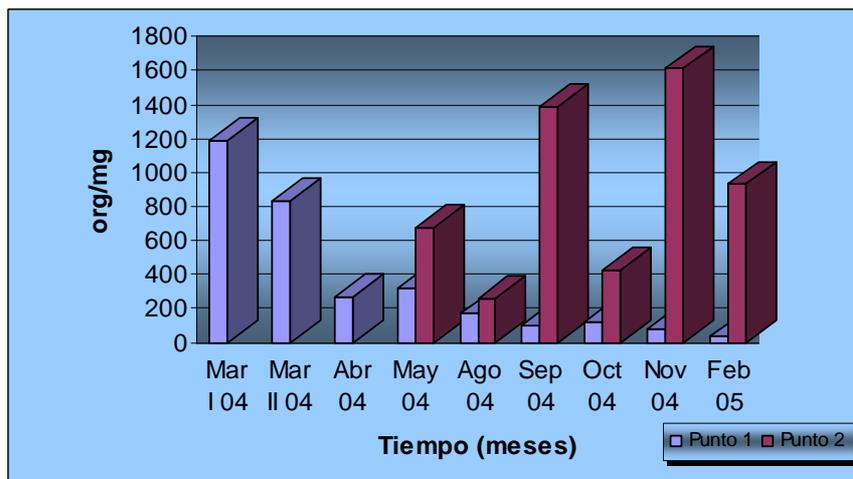


Figura 28. Densidad de organismos en muestras de Sedimento



DENSIDAD DE ORGANISMOS POR ESPECIE EN AGUA DEL PUNTO 1 DE MUESTREO

En la tabla 2 se muestra la densidad de organismos por especie encontradas en los meses en que se llevó a cabo el estudio en las muestras de agua tomadas en el punto 1 del río Apatlaco.

ESPECIE	Mar I 04	Mar II 04	Abr 04	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 04
<i>Navicula cuspidata</i>	18	8	10	23	17	28	20	10	13
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	5	6	7	7	2	2	3	3	5
<i>Amphora birugula</i>	3					8			
<i>Pinnularia viridis</i>	4	1	2	4	3	1			2
<i>Cymbella prostata</i>	4	5	1	4	1	6	4	2	
<i>Fragilaria capucina</i>	4		1		5	7	7	2	
<i>Cocconeis placentula</i>	3	2	1	3			2	3	5
<i>Ghomphonema anglicum</i>	1	2	1	2	1		3	1	3
<i>Microspora amoena</i>		2							
<i>Nitzschia linearis</i>					8				
TOTAL	42	26	23	43	37	52	39	21	28

Tabla 2. Densidad de organismos por especie en muestras de agua del punto 1 del río Apatlaco.

De acuerdo con los datos reflejados en la tabla anterior las especies más abundantes en muestras de agua son *Navicula cuspidata* con 147 org/ml, seguida por *Rhoicosphenia curvata* con 40 org/ml, *Cymbella prostata* con 27 org/ml y *Fragilaria capucina* con 26 org/ml, lo cual se muestra en la figura siguiente.

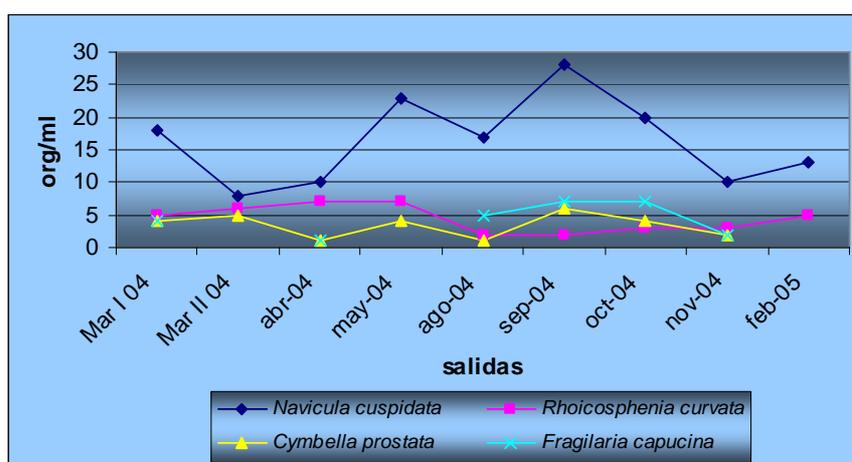


Figura 29. Densidad de organismos de las especies más abundantes en muestras de agua del punto 1 del río Apatlaco.



DENSIDAD DE ORGANISMOS POR ESPECIE EN SEDIMENTO DEL PUNTO 1 DE MUESTREO

Siguiendo con el esquema anterior, en la tabla 3 se indica la densidad de organismos encontradas en las muestras de sedimento tomadas en el punto 1 del río Apatlaco.

ESPECIE	Mar I 04	Mar II 04	Abr 04	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 04
<i>Navicula cuspidata</i>	250	102	120	250	39	42	32	169	216
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	100	36	30	84	7	10	4		85
<i>Amphora birugula</i>					2				
<i>Pinnularia viridis</i>	31	13	15	29	9	5	8	17	
<i>Cymbella prostata</i>	41	5	10	31	2	7	6	33	19
<i>scillatoria formosa</i>									1
<i>Peronia fibula</i>								4	
<i>Fragilaria capucina</i>	81		7	2	3	8	3		9
<i>Cocconeis placentula</i>	23	8	10	29	6		14	18	12
<i>Ghomphonema anglicum</i>	30		4	8		4		10	
<i>Nitzschia linearis</i>								7	
<i>Denticula elegans</i>	20		2	12			2	4	19
<i>Synedra ulna</i>	13								34
TOTAL	612	164	198	445	68	76	69	262	395

Tabla 3. Densidad de organismos por especie en muestras de sedimento del punto 1 del río Apatlaco.

De la misma manera que en las muestras de agua la especie más abundante en sedimento es *Navicula cuspidata* con 1220 org/mg, seguida por *Rhoicosphenia curvata* con 356 org/mg, *Cymbella prostata* con 154 org/ml y finalmente *Pinnularia viridis* con 127 org/ml, tal y como se refleja en la siguiente figura.

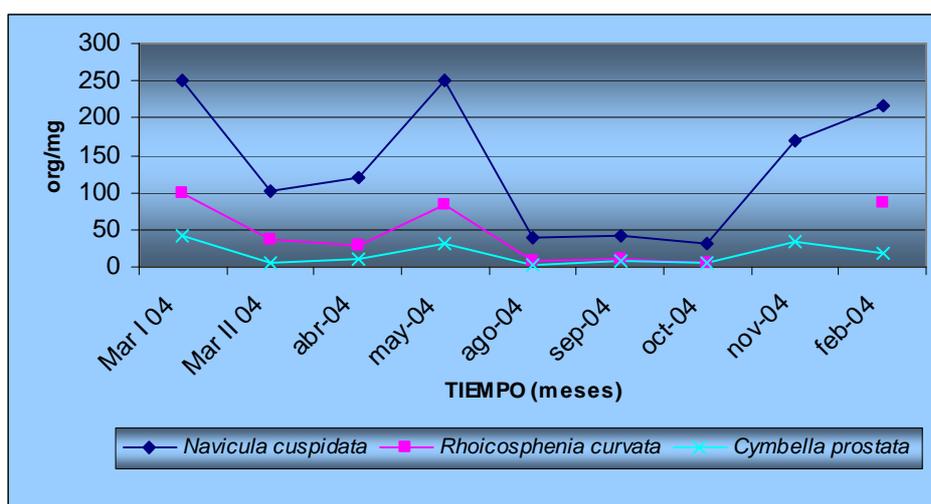


Figura 30. Densidad de organismos de las especies más abundantes en muestras de sedimento del punto 1 del río Apatlaco.



DENSIDAD DE ORGANISMOS POR ESPECIE EN AGUA DEL PUNTO 2 DE MUESTREO

En la tabla 4 se muestra la densidad de organismos por especie encontradas en los meses en que se llevó a cabo el estudio en las muestras de agua tomadas en el punto 2 del río Apatlaco.

ESPECIE	Mar I 04	Mar II 04	Abr 04	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 04
<i>Navicula cuspidata</i>	-----	-----	-----	17	29	12	6	9	35
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	-----	-----	-----	16	5	4	7	3	6
<i>Amphora birugula</i>	-----	-----	-----			1	1		
<i>Pinnularia viridis</i>	-----	-----	-----	3	4	3	4	3	
<i>Cymbella prostata</i>	-----	-----	-----	3	5	3	3	1	6
<i>Fragilaria capucina</i>	-----	-----	-----			2	1	3	
<i>Cocconeis placentula</i>	-----	-----	-----	2	3	1	2	1	
<i>Nitzschia linearis</i>	-----	-----	-----			1			
<i>Denticula elegans</i>	-----	-----	-----	1					
TOTAL	-----	-----	-----	42	46	27	24	20	47

----- = sin muestreo

Tabla 4. Densidad de organismos por especie en muestras de agua del punto 2 del río Apatlaco.

De acuerdo con la tabla anterior la densidad de las especies más abundantes en las muestras de agua del punto 2 son: *Navicula cuspidata* con 108 Org/ml después *Rhoicosphenia curvata* con 41 Org/ml y finalmente *Cymbella prostata* con 21 Org/ml, lo cual se muestra en la siguiente figura. (Figura 31)

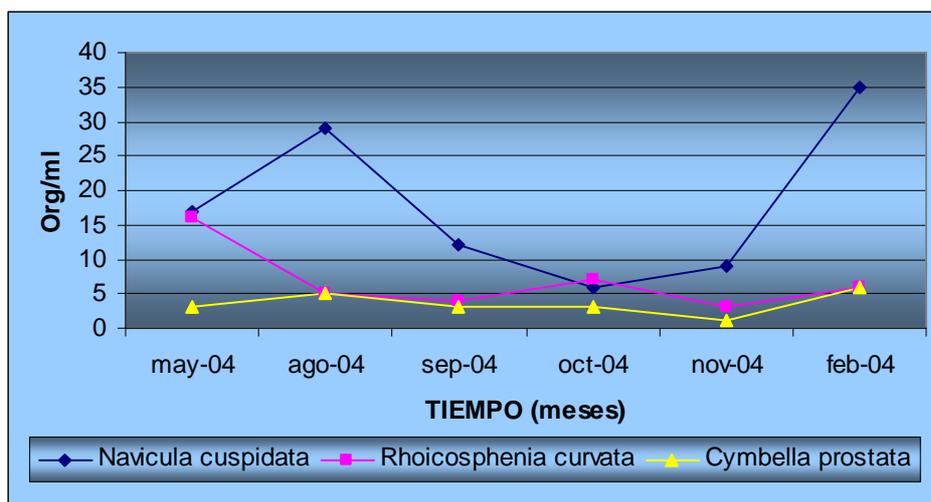


Figura 31. Densidad de organismos de las especies más abundantes en muestras de agua del punto 2 del río Apatlaco.



DENSIDAD DE ORGANISMOS POR ESPECIE EN SEDIMENTO DEL PUNTO 2 DE MUESTREO

En la tabla 5 abajo mostrada se indican las especies encontradas en las muestras de sedimento correspondientes al punto 2 del río Apatlaco.

ESPECIE	Mar 04 I	Mar 04 II	Abr 04	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 04
<i>Navicula cuspidata</i>	-----	-----	-----	450	54	67	237	249	216
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	-----	-----	-----	4	13	22	30	14	85
<i>Pinnularia viridis</i>	-----	-----	-----	1	10	12	34		
<i>Cymbella prostata</i>	-----	-----	-----	6	11	14	16	13	19
<i>Oscillatoria formosa</i>	-----	-----	-----						1
<i>peronia fibula</i>	-----	-----	-----					13	
<i>Fragilaria capucina</i>	-----	-----	-----	13	7	20	37	11	9
<i>Cocconeis placentula</i>	-----	-----	-----	6		10	5	5	12
<i>Ghomphonema anglicum</i>	-----	-----	-----		4		5	2	
<i>Nitzschia linearis</i>	-----	-----	-----					3	
<i>Denticula elegans</i>	-----	-----	-----			16	4	8	19
<i>Synedra ulna</i>	-----	-----	-----			15		1	34
TOTAL	-----	-----	-----	480	99	176	368	319	395

----- = sin muestreo

Tabla 5. Densidad de organismos por especie en muestras de sedimento del punto 2 del río Apatlaco.

La densidad de organismos por especie correspondiente a las muestras tomadas de sedimento del punto 2 de muestreo refleja que la especie más abundante es *Navicula cuspidata* con 1273 Org/mg seguida por *Rhoicosphenia curvata* con 168 Org/mg y finalmente *Fragilaria capucina* con 97 Org/mg tal y como se muestra en la figura 32.

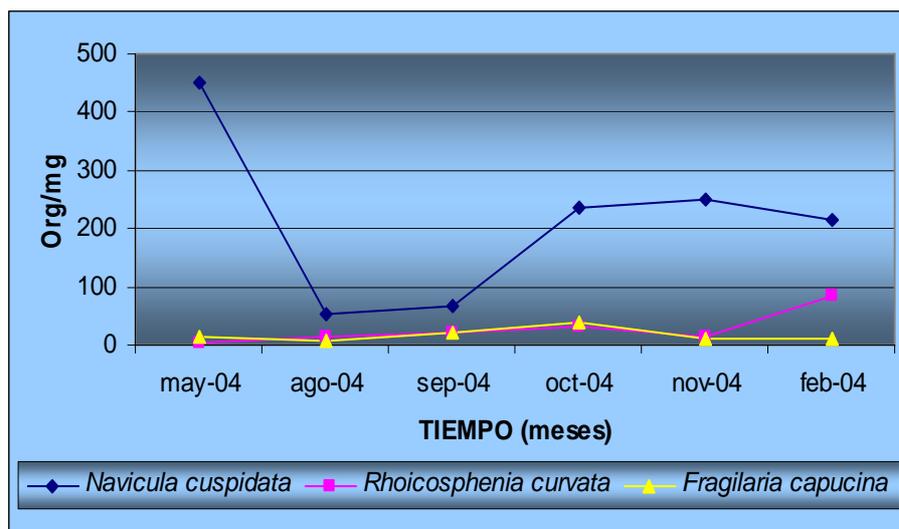


Figura 32. Densidad de organismos de las especies más abundantes en muestras de sedimento del punto 2 del río Apatlaco.



DENSIDAD DE ORGANISMOS EN MUESTRAS DE AGUA CON PARAMETROS MORFOMETRICOS

Densidad de organismos en agua del punto 1 de muestreo con Velocidad de corriente

Como se puede observar en la figura 33 a medida que la velocidad de corriente aumenta la densidad de organismos se mantiene al margen de la misma a lo largo del estudio, se llevó a cabo el análisis de correlación de rangos de Spearman donde el resultado fue de $r_s = 0.5333$.

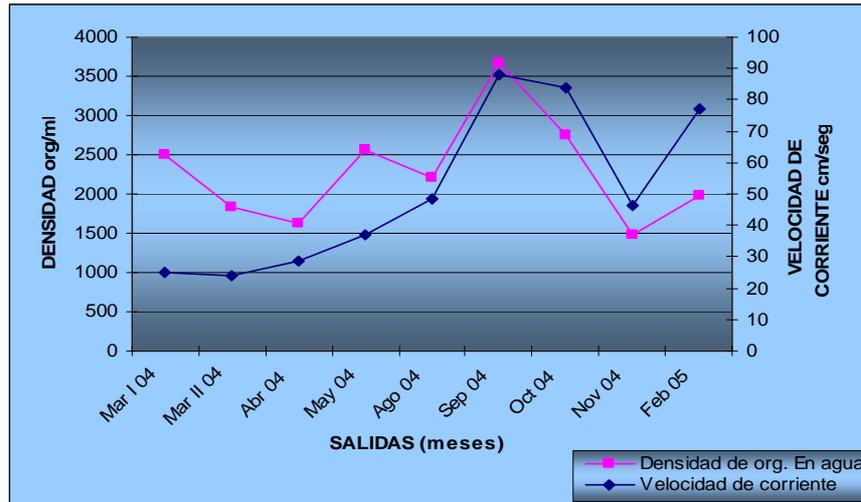


Figura 33. Densidad de organismos en agua del punto 1 y velocidad de corriente del río Apatlaco.

Densidad de organismos en agua del punto 1 de muestreo con Carga del caudal

La siguiente figura muestra la comparación entre la densidad de organismos del punto 1 y la carga del caudal y se puede observar que a medida que la carga del caudal aumenta la densidad de organismos en agua también aumenta, el cálculo del análisis de correlación de rangos de Spearman arrojó el valor de $r_s = 0.65$.

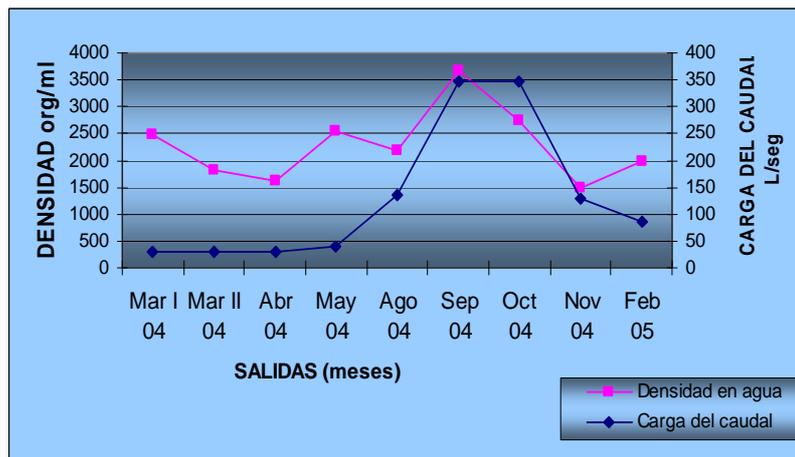


Figura 34. Densidad de organismos en agua del punto 1 y Carga del caudal del río Apatlaco.



Densidad de organismos en agua del punto 2 de muestreo con Velocidad de corriente

La siguiente figura muestra la comparación entre la densidad de organismos del punto 2 del río Apatlaco y la velocidad de corriente y se puede observar que en mayo y agosto se comportan de manera similar, sin embargo en septiembre aumenta la velocidad de corriente y disminuye la densidad de organismos, al calcular el análisis de correlación de rangos de Spearman dio un resultado de $r_s = -0.02857$.

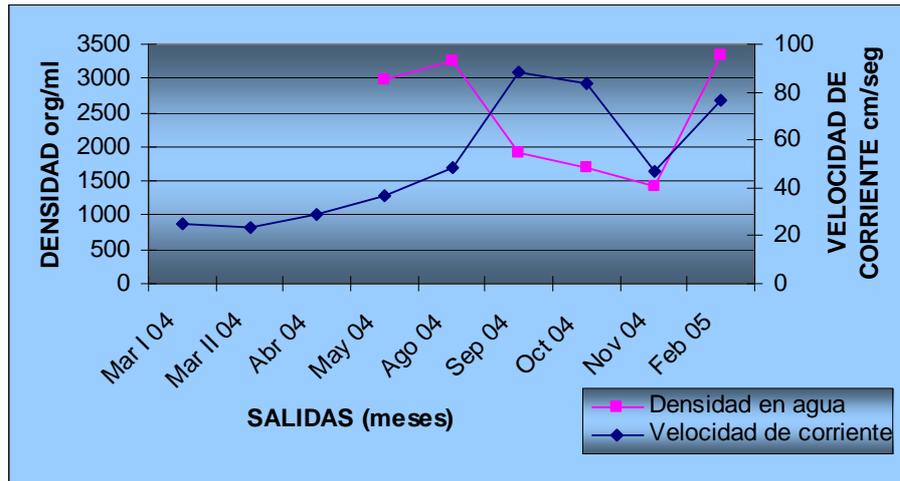


Figura 35. Densidad de organismos en agua del punto 2 y Velocidad de corriente del río Apatlaco.

Densidad de organismos en agua del punto 2 de muestreo con Carga del caudal

De la misma manera que con la velocidad de corriente, la carga del caudal respecto a la densidad de organismos en los meses de septiembre a noviembre se comportan de manera similar sin embargo en febrero aumenta significativamente la densidad de organismos en agua y la carga del caudal disminuye. Figura 36, de acuerdo con al análisis de correlación de Spearman $r_s = -0.0857$.

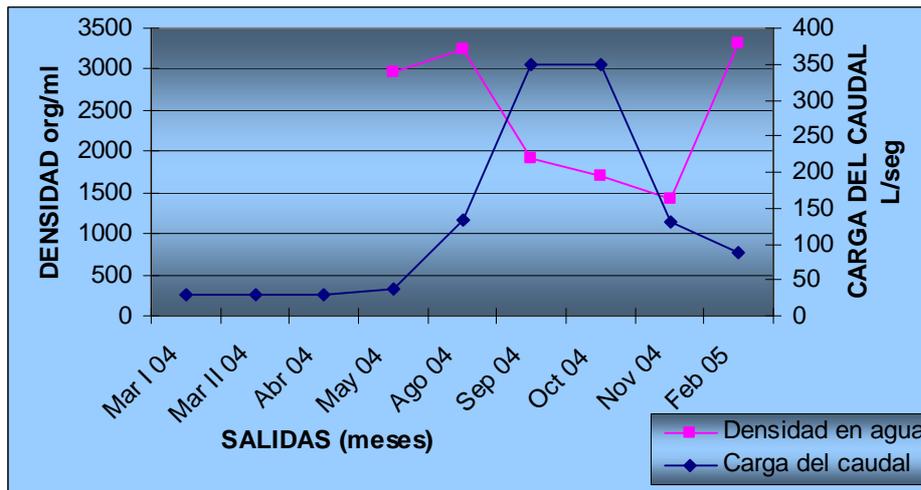


Figura 36. Densidad de organismos en agua del punto 2 y Carga del caudal del río Apatlaco.



DENSIDAD DE ORGANISMOS EN MUESTRAS DE SEDIMENTO CON PARAMETROS MORFOMETRICOS

Densidad de organismos en sedimento del punto 1 de muestreo con Velocidad de corriente

En la siguiente figura se observa que la velocidad de corriente tiende a comportarse al contrario de la densidad de organismos en sedimento, excepto de Noviembre a Febrero ya que la velocidad de corriente tiene un aumento considerable sin embargo la densidad de organismos continua disminuyendo, aunado a esto el valor calculado de la correlación de rangos de Spearman dio un valor de $r_s = -0.7833$.

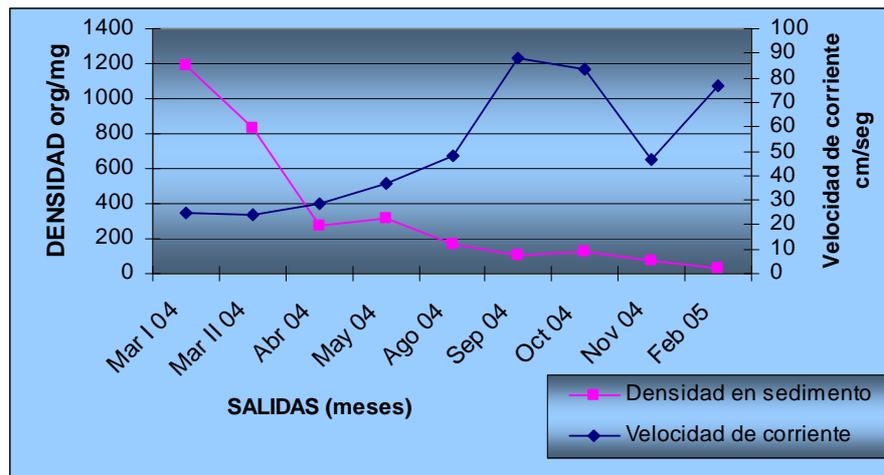


Figura 37. Densidad de organismos en sedimento del punto 1 y Velocidad de corriente del río Apatlaco.

Densidad de organismos en sedimento del punto 1 de muestreo con Carga del caudal

En los meses de septiembre a febrero ambas variables se comportan igual, (en septiembre y octubre se mantiene igual y de octubre a febrero a medida que disminuye la carga del caudal también disminuye la densidad de organismos); en los meses de marzo y abril la densidad de organismos en sedimento tiene una disminución considerable de organismos y la carga del caudal se mantiene constante en esos meses. Figura 38, la correlación de rangos de Spearman dio un valor de $r_s = 0.4$.

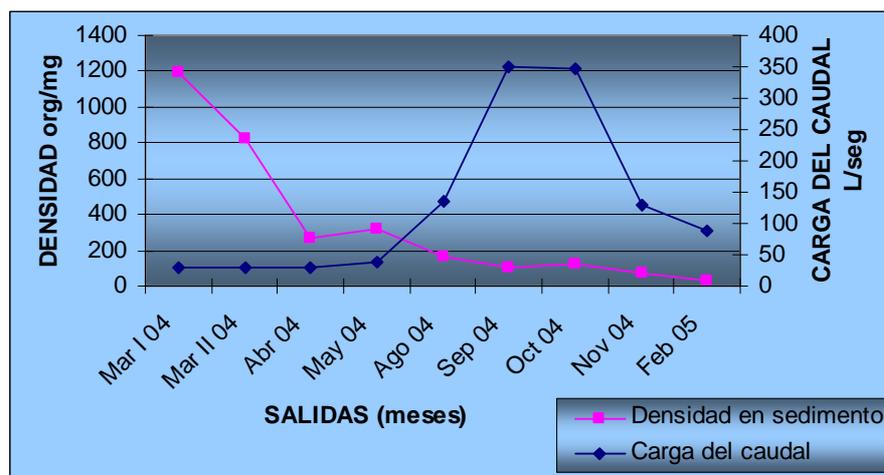


Figura 38. Densidad de organismos en sedimento del punto 1 y carga del caudal del río Apatlaco.



Densidad de organismos en sedimento del punto 2 de muestreo con Velocidad de corriente

La densidad de organismos en sedimento es muy variable a lo largo del estudio y se comporta de manera inversa en la mayoría del mismo. Figura 39, la correlación de rangos de Spearman dio un valor de $r_s = 0.0285$.

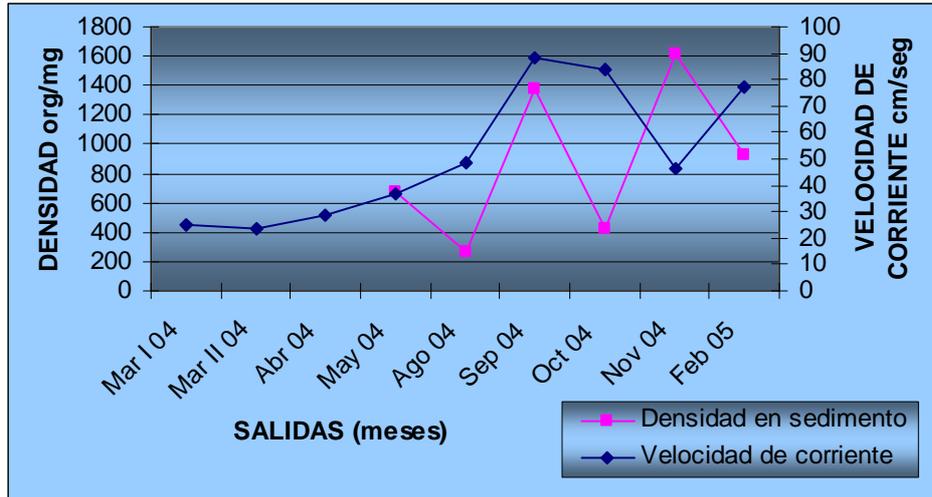


Figura 39. Densidad de organismos en sedimento del punto 2 y Velocidad de corriente del río Apatlaco.

Densidad de organismos en sedimento del punto 2 de muestreo con Carga del caudal

En los meses de agosto a septiembre el comportamiento de la densidad de los organismos se comporta de una manera similar a la carga del caudal ya que a medida que la carga del caudal aumenta la densidad de organismos también lo hace a diferencia de los meses octubre y noviembre que se comportan de manera inversa, el cálculo de la correlación de Spearman arrojó el siguiente valor $r_s = 0.1428$.

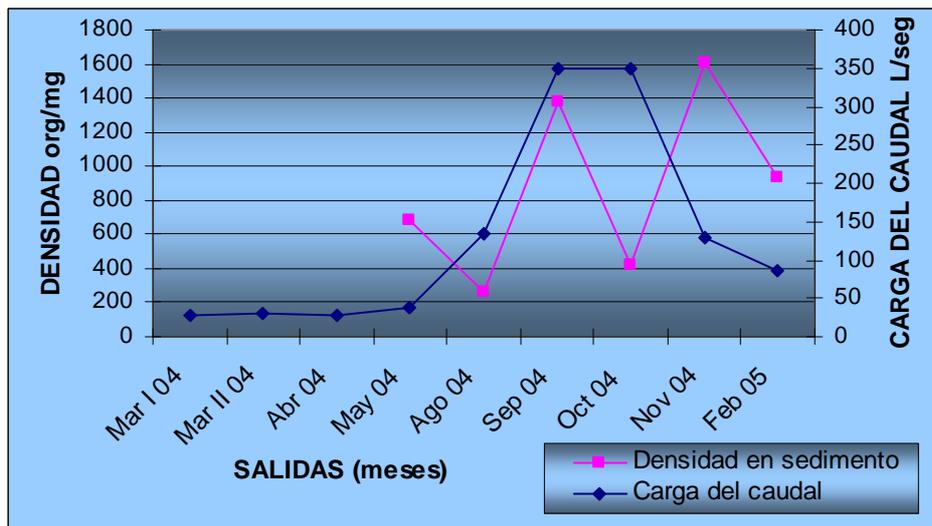


Figura 40. Densidad de organismos en sedimento del punto 2 y carga del caudal.



RESULTADOS

RÍO AMATZINAC, MOR.

a) PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

PERFILES DE PROFUNDIDAD

Se observan los perfiles de profundidad del río Amatzinac dentro de los cuales los meses con mayor profundidad promedio son Agosto, Septiembre y Octubre con valores promedio de profundidad de 12.125 cm, 15.807 cm y 15.451 cm respectivamente. También se puede observar que la profundidad aumenta claramente de Mayo a Octubre para disminuir a partir de Noviembre debido al comienzo del invierno. (Figura 41)

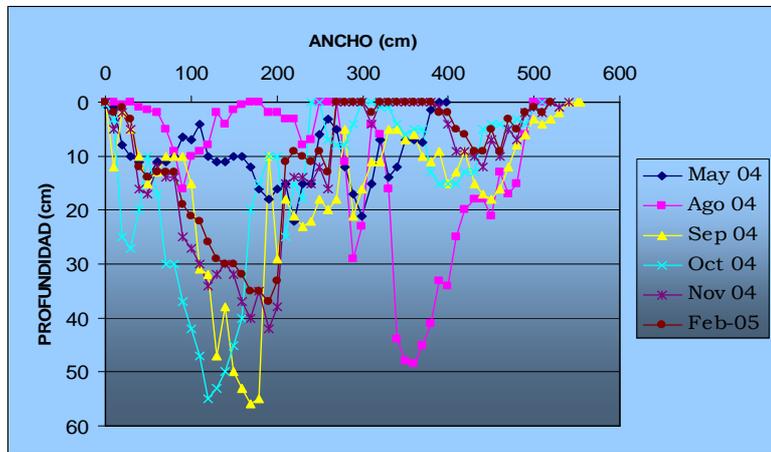


Figura 41. Perfiles de profundidad del río Amatzinac.

En la siguiente gráfica se muestra la comparativa entre los perfiles más y menos profundos en la que se observa que el más profundo es en el mes de Septiembre que presenta una profundidad promedio de 15.807 cm y el menos profundo se presenta en el mes de Mayo con una profundidad promedio de 10 cm además de tener menor distancia de ancho que el de Septiembre. (Figura 42)

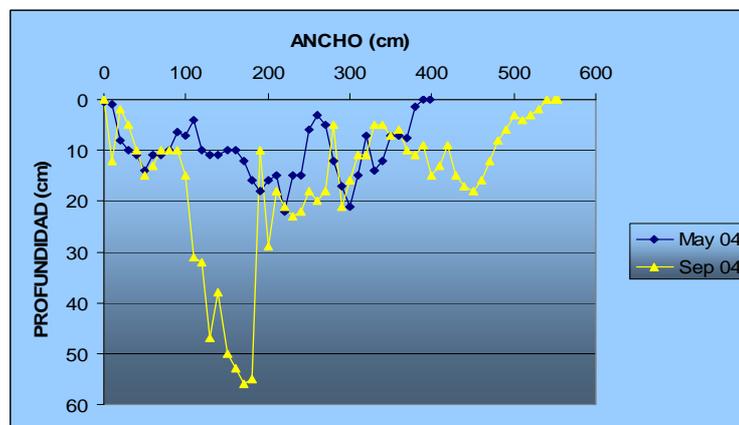


Figura 42. Comparativa del perfil más y menos profundo del río Amatzinac.



VELOCIDAD DE CORRIENTE

La velocidad de corriente del río Amatzinac muestra una disminución del mes de Mayo a Agosto el cual es el valor mínimo de todo el periodo de estudio con 62.5 cm/seg y comienza a aumentar hasta llegar al mes de Octubre donde se encuentra el valor máximo de Velocidad promedio con 100 cm/seg vuelve a disminuir en Noviembre sin embargo para el mes de Febrero de 2005 vuelve a aumentar alcanzando un valor de 96.99 cm/seg. (Figura 43).

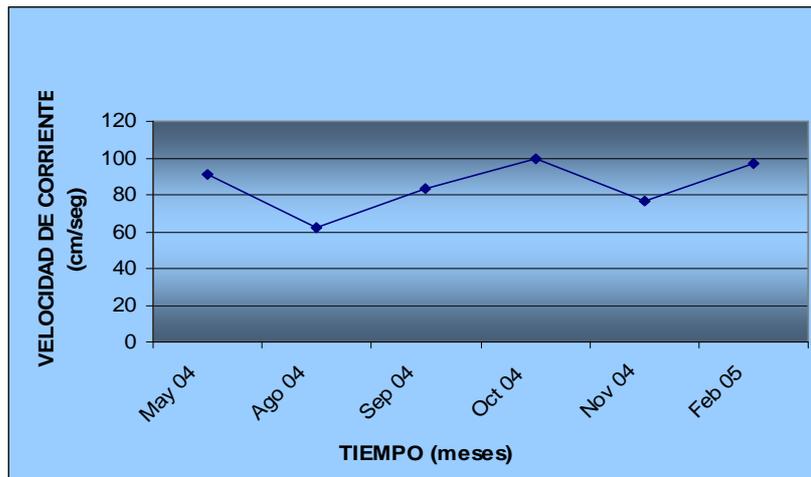


Figura 43. Velocidad de corriente del río Amatzinac.

CARGA DEL CAUDAL

La carga del caudal registra su punto mínimo que es de 253.95 L/seg en el mes de Agosto y comienza a aumentar hasta llegar a su valor máximo en el mes de Octubre con 788.04 L/seg, para volver a disminuir a partir del mes de Noviembre. (Figura 44)

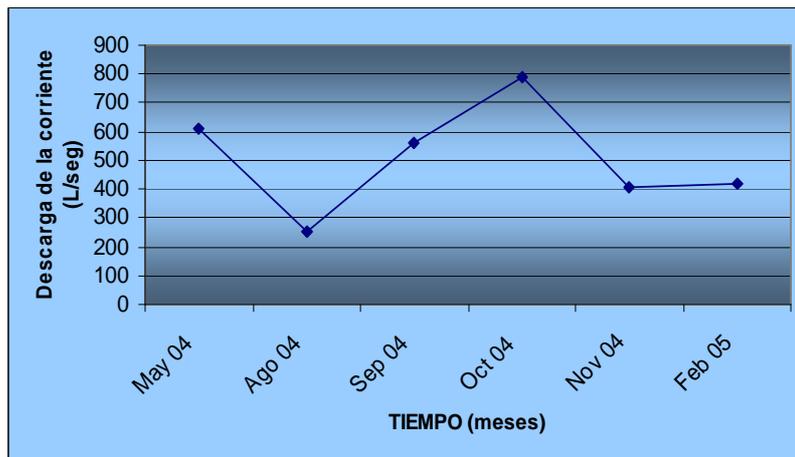


Figura 44. Carga del Caudal del río Amatzinac.



SEDIMENTO (TAMAÑO DE PARTICULA)

El tamaño de partícula más abundante es la arena gruesa, arena mediana y arena fina > 0.125 mm y la menos abundante es la grava fina de 2.38 mm, sin embargo se observa una congruencia entre la arena fina < 0.125 mm y aluvión con respecto a la grava fina de 3.36 mm. (Figura 45)

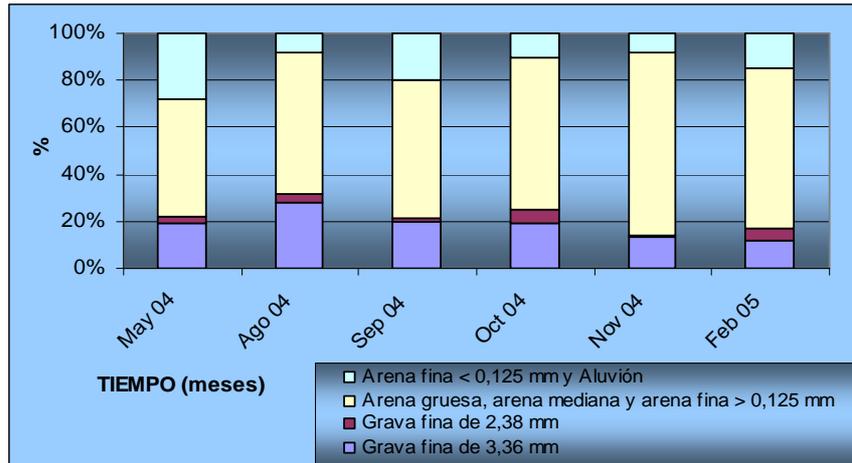


Figura 45. Tamaño de partícula del sedimento del río Amatzinac.

CONDUCTIVIDAD

La conductividad presenta un valor mínimo de 110 μS en el mes de Octubre, los demás meses la conductividad tiene un comportamiento que oscila entre los 119 μS y 124 μS por lo que se puede decir que es casi homogéneo. (Figura 46)

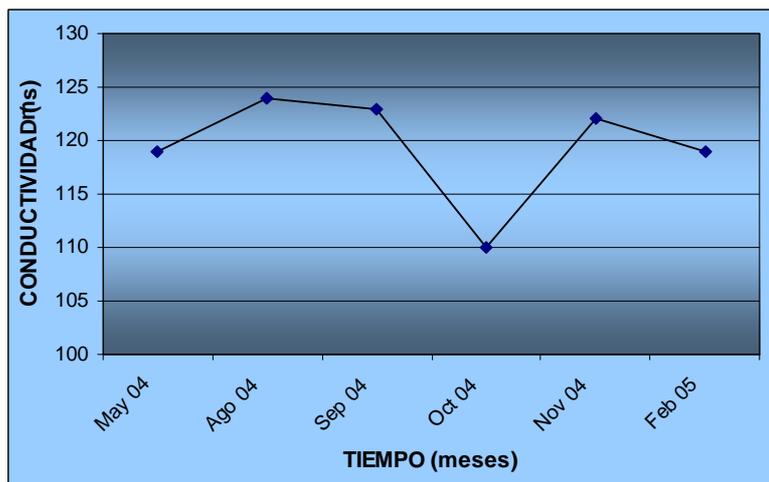


Figura 46. Valores de conductividad registrada en el periodo de estudio en el río Amatzinac.



b) PARÁMETROS HIDROLÓGICOS

TEMPERATURA DEL AGUA Y AMBIENTE

La temperatura ambiente a lo largo del estudio presentó un valor máximo de 29 °C en el mes de Mayo lo cual coincide con la temperatura más alta del río con 18 °C posteriormente disminuye la temperatura a su valor mínimo en Septiembre con 18 °C en el ambiente y 14 °C de temperatura del río, como se puede observar existe una congruencia entre ambas líneas de temperatura. (Figura 47)

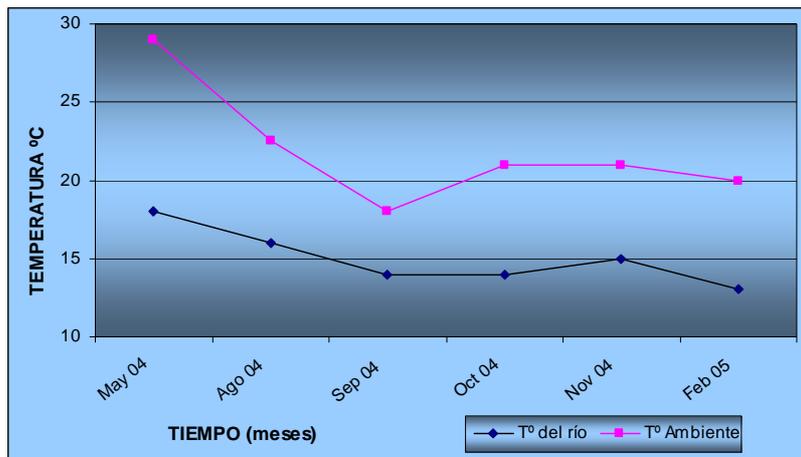


Figura 47. Temperatura del río Amatzinac y temperatura ambiente.

pH

El pH del arroyo durante los meses muestreados presentó un intervalo de 7.5 a 9.32, el valor más alto se registro en el mes de noviembre y el más bajo en el mes de agosto. (Figura 48)

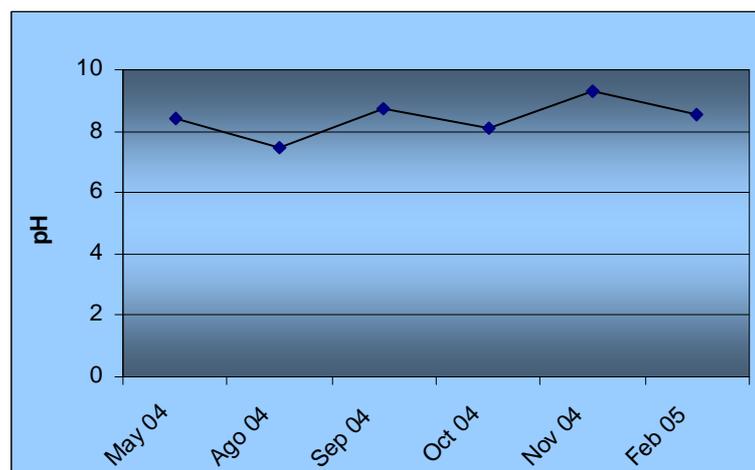


Figura 48. pH.



OXIGENO DISUELTO

De acuerdo con lo indicado en la gráfica, el valor máximo de oxígeno disuelto corresponde al mes de noviembre con 12 mg/l y con un valor de 5.7 mg/l el valor mínimo pertenece al mes de agosto 04, por otra parte los demás meses se comportan de manera congruente a lo largo de todo el periodo. (Figura 49)

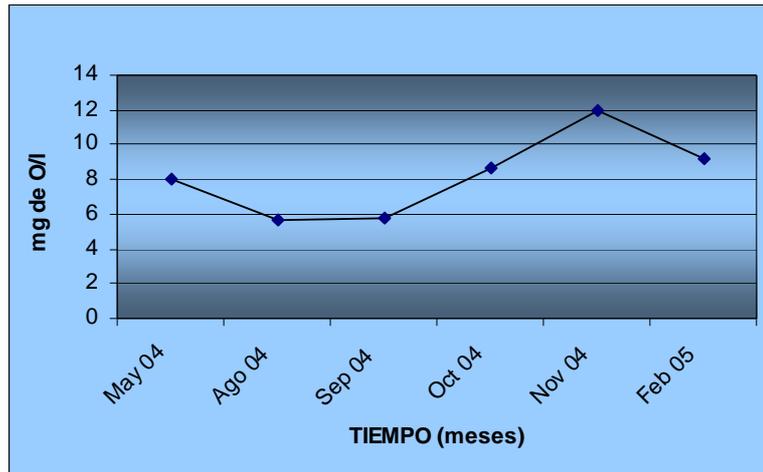


Figura 49. Oxígeno disuelto.

BIOXIDO DE CARBONO

El comportamiento del bióxido de carbono se registra en la siguiente gráfica en la que se puede observar que el valor máximo se reporta en el mes de noviembre con un valor de 1.99 mg/L; en lo correspondiente al valor mínimo se registra en el mes de mayo con 0.99 mg/L como se puede observar en la figura 50.

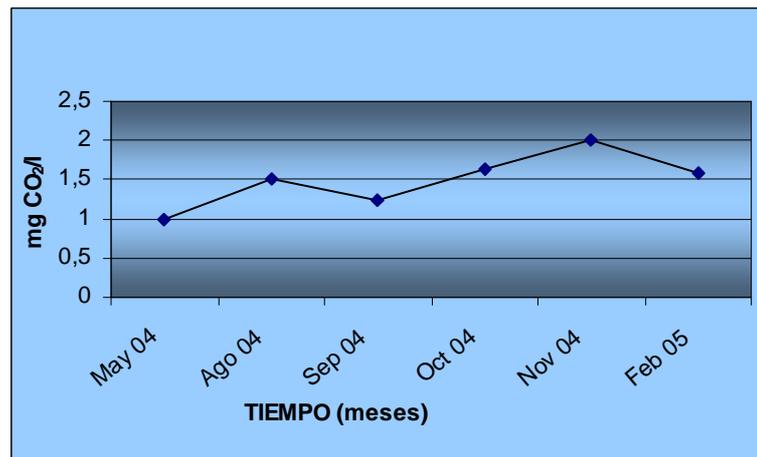


Figura 50. Bióxido de carbono



DUREZA TOTAL

El valor máximo de dureza total registrado en el río Amatzinac es en el mes de septiembre con un valor de 169.16 mg/L; el valor mínimo es en el mes de mayo con 82.08 mg/L. (Figura 51)

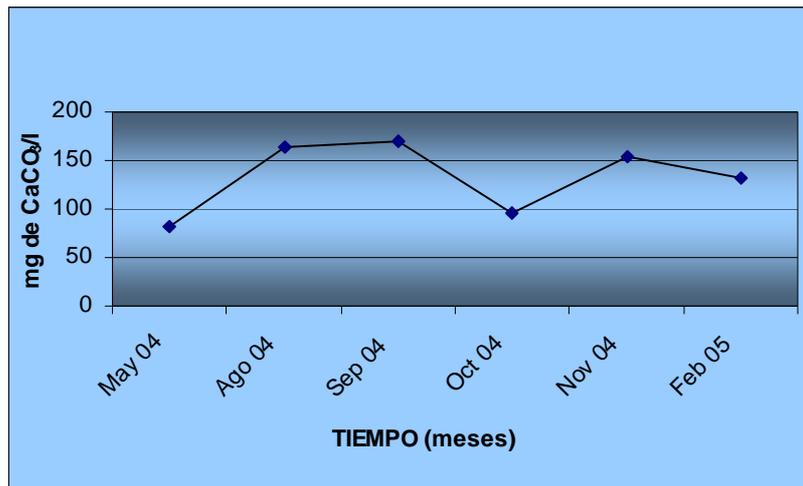


Figura 51. Gráfica en la que se observa la dureza total del río Amatzinac.

DUREZA DE CALCIO

El valor máximo para la dureza de calcio corresponde al mes de noviembre con 25.62 mg/L, en cuanto al valor mínimo en todo el periodo de estudio se reporta en el mes de mayo con 12.01 mg/L. (Figura 52)

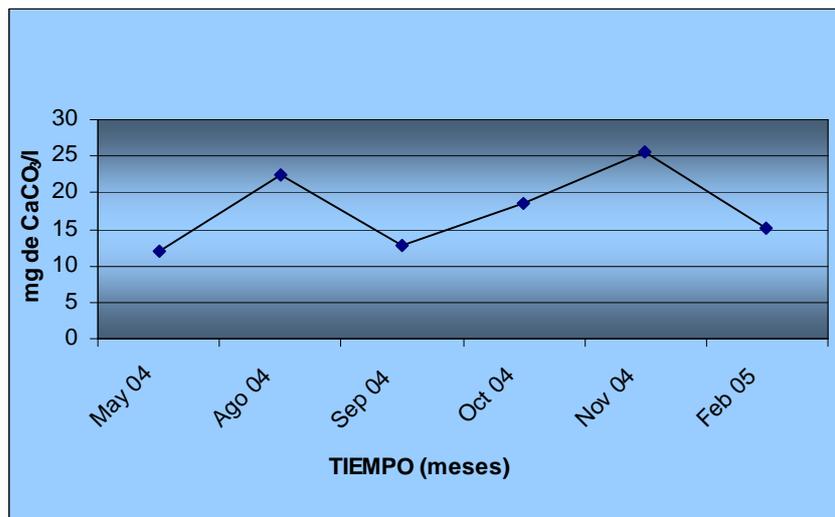


Figura 52. Dureza de calcio del río Amatzinac.



ALCALINIDAD TOTAL

El gráfico muestra una alcalinidad total variable, con un valor máximo de 73 mg/L en el mes de septiembre y un mínimo de 30 mg/L en el mes de agosto, se puede observar un claro aumento del mes de agosto a septiembre para posteriormente comenzar a disminuir hasta el mes de febrero 2005. (Figura 53)

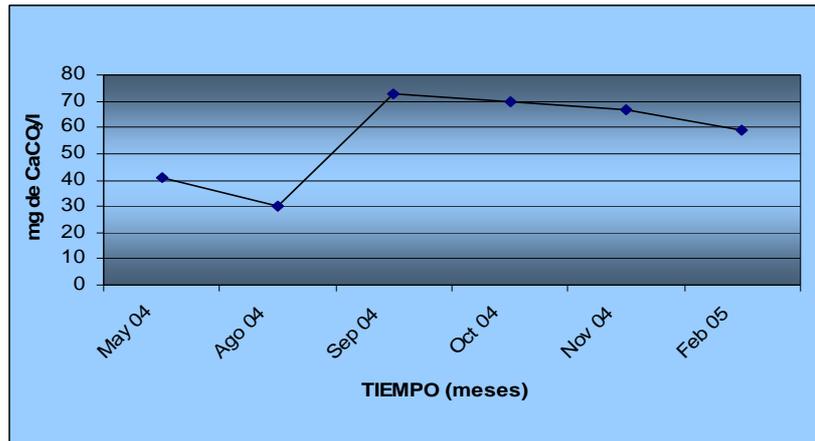


Figura 53. Alcalinidad total.

AMONIO

El valor máximo dentro de todo el ciclo se presenta en septiembre con 0.61 mg/L que corresponde al punto 1 y el mínimo correspondiente a ese mismo punto es en octubre con 0.06 mg/L el máximo para el punto 2 es en septiembre con 0.40 mg/L y el mínimo en octubre 0.09 mg/L. (Figura 54)

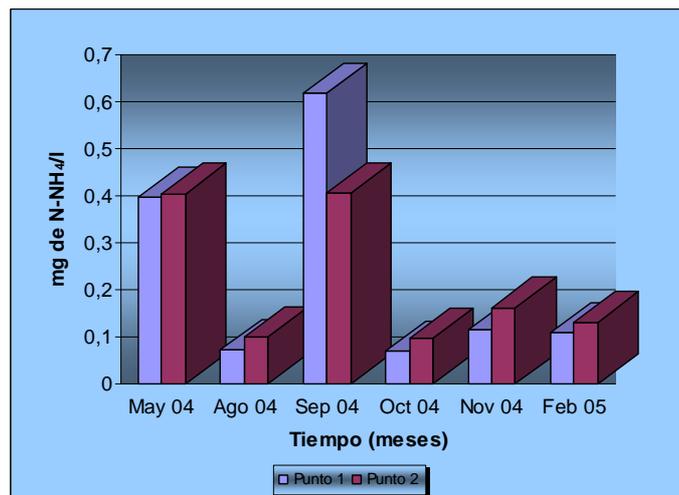


Figura 54. Amonio.



NITRITOS

El valor máximo de nitritos se presenta en el mes de febrero con 0,00093 mg/L que corresponde al punto 2 éste a su vez es el valor máximo dentro de todo el ciclo de estudio y el mínimo para ese mismo punto es en el mes de octubre con 0,00050 mg/L; para el punto 1 el valor máximo se presenta en el mes de agosto con 0,00085 mg/L y el mínimo es 0,00045 mg/L en el mes de febrero (Figura 55)

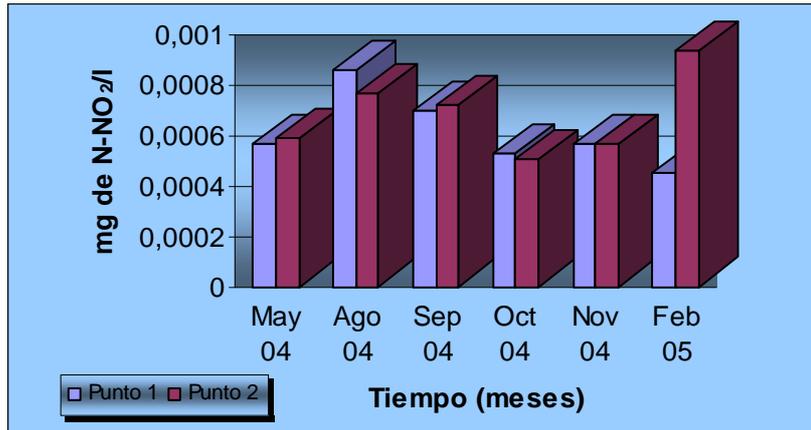


Figura 55. Concentración de Nitritos del río Apatlaco.

NITRATOS

El valor máximo para los nitratos se presenta en el mes de octubre con un valor de 0.062 mg/L en el punto 2, sin embargo el valor mínimo se reporta en el mes de agosto con 0.032 mg/L, el valor máximo para el punto 1 es en el mes de octubre con 0.043 mg/L y el mínimo en el mes de febrero con 0.012 mg/L. (Figura 56)

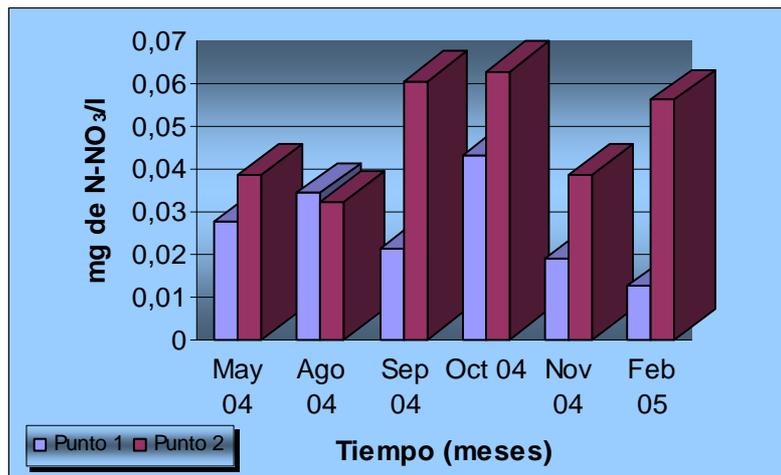


Figura 56. Nitratos del río Amatzinac.



ORTOFOSFATOS

Se observa que de manera general la concentración de ortofosfatos es mayor en el punto 1 que en el punto 2 encontrándose el valor máximo en el mes de febrero correspondiente al punto 1 con 0.17 mg/L y el mínimo de ese mismo punto es en noviembre con 0.05 mg/L; en lo que corresponde al punto 2 el valor máximo es 0.07 mg/L en febrero 2005 y el mínimo es en agosto con 0.04 mg/L. (Figura 57)

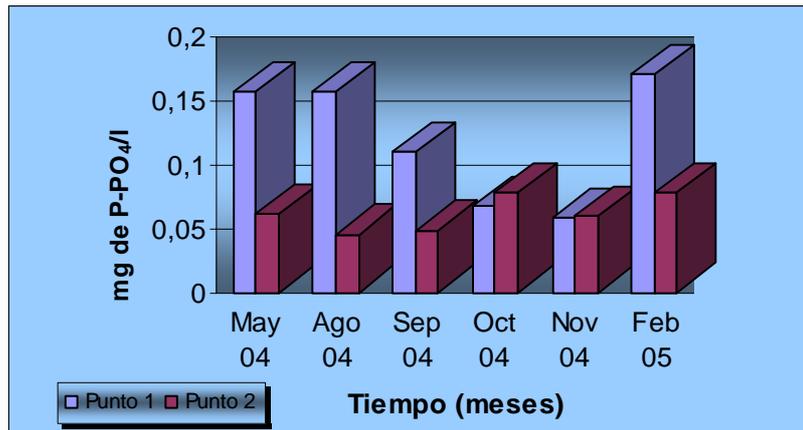


Figura 57. Concentración de Ortofosfatos en el río Amatzinac.



c) PARÁMETROS BIOLÓGICOS

La siguiente figura muestra la clasificación taxonómica de las algas encontradas en las muestras analizadas del punto 1 del río Amatzinac, dicha clasificación se realizó de acuerdo a H. Bold (1986), Bourrelly, 1985; Prescott, 1962; Patrick y Reimer, 1966, Además del catálogo de algas continentales de Ortega, 1984.

DIVISION		CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	
Cyanophyta		Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>	<i>O. formosa</i>	Gomont
					<i>Spirulina</i>	<i>Spirulina sp.</i>	Turpin
					<i>Symploca</i>	<i>S. dubia</i>	Gomont
					<i>Lyngbya</i>	<i>L. aestuarii</i>	Liebmann
				Phormidiaceae	<i>Phormidium</i>	<i>P. retzii</i>	(C. Agardh) Kützing
DIVISION		CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	
Chlorophyta		Chlorophyceae	Chaetophorales	Chaetophoraceae	<i>Dermatophyton</i>	<i>D. radians</i>	Peter
			Cladophorales	Cladophoraceae	<i>Rhizoclonium</i>	<i>R. hieroglificum</i>	(C. Agardh) Kützing
			Ulotrichales	Ulotrichaceae	<i>Ulothrix</i>	<i>U. aequalis</i>	Kützing
				Microsporaceae	<i>Microspora</i>	<i>M. amoena</i>	(Kützing) Rabenhorst
			Zygnematales	Zygnemataceae	<i>Spirogyra</i>	<i>S. micropunctata</i>	Transeau
					<i>Mougeotiopsis</i>	<i>M. calospora</i>	Palla
DIVISION		CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	
Chrysochyta		Bacillariophyceae	Centrales	Melosiraceae	<i>Melosira</i>	<i>Melosira sp.</i>	
			Pennales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>	<i>F. capucina</i>	Desmazières
					<i>Synedra</i>	<i>S. Ulna</i>	(Nitzsch) Ehrenberg
					<i>Rhoicosphenia</i>	<i>R. curvata</i>	(Kützing) Grunow
				Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>N. cuspidata</i>	(Kützing) Kützing
					<i>Neidium</i>	<i>N. affine</i>	(Ehrenberg) Pfitzer
					<i>Pinnularia</i>	<i>P. viridis</i>	(Nitzsch) Ehrenberg
				Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>	<i>C. prostata</i>	(Berkeley) Cleve
					<i>Amphora</i>	<i>A. birugula</i>	Hohn
					<i>Anomoeoneis</i>	<i>A. sphaerophora</i>	Pfitzer
					<i>Gomphonema</i>	<i>G. anglicum</i>	Ehrenberg



(Continuación)

DIVISION					
Chrysophyta					
CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	
Bacillariophyceae	Pennales	Melosiraceae	<i>Melosira</i>	<i>Melosira sp.</i>	
		Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	<i>N. linearis</i>	(C. Agardh) W. Smith
			<i>Denticula</i>	<i>D. elegans</i>	Kützing
		Surirellaceae	<i>Surirella</i>	<i>S. elegans</i>	Ehrenberg
		Achnanthaceae	<i>Cocconeis</i>	<i>C. placentula</i>	Ehrenberg
		Epithemiaceae	<i>Epithemia</i>	<i>E. turgida</i>	(Ehrenberg) Kützing
			<i>Rhopalodia</i>	<i>R. gibberula</i>	(Ehrenberg) O. Müller
		Amphipleuraceae	<i>Frustulia</i>	<i>F. rhomboides</i>	(Ehrenberg) Pfitzer

Figura 58. Clasificación taxonómica de las algas encontradas en el punto 1 del río Amatzinac.



La siguiente figura indica la presencia y ausencia de especies observadas en las muestras tomadas del punto 1 del río Amatzinac.

Amatzinac P(1)	Mayo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Febrero 2005
<i>Amphora birugula</i>		x	x	x	x	
<i>Anomooneis sphaerophora</i>		x			x	x
<i>Cocconeis placentula</i>	x		x		x	
<i>Cymbella prostata</i>		x	x		x	x
<i>Denticula elegans</i>		x	x			
<i>Dermatophyton radians</i>		x			x	x
<i>Epithema turgida</i>		x				
<i>Fragilaria capucina</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Frustulia rhomboides</i>	x					x
<i>Gomphonema anglicum</i>	x				x	
<i>Lyngbya aestuarii</i>	x		x	x	x	
<i>Melosira sp.</i>					x	x
<i>Microspora amoena</i>					x	
<i>Mougeotiopsis calospora</i>	x		x		x	
<i>Navicula cuspidata</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Neidium affine</i>		x				
<i>Nitzschia linearis</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Oscillatoria formosa</i>	x	x			x	
<i>Phormidium retzii</i>		x	x		x	x
<i>Pinnularia viridis</i>					x	
<i>Rhizoclonium hieroglyphicum</i>			x			x
<i>Rhoicosphenia curvata</i>		x	x	x	x	x
<i>Rhopalodia gibberula</i>		x				
<i>Spirulina sp.</i>	x	x	x		x	x
<i>Spirogyra micropunctata</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Surirella elegans</i>	x	x			x	x
<i>Symploca dubia</i>	x	x				x
<i>Synedra ulna</i>					x	x
<i>Ulothrix aequalis</i>	x				x	x

Figura 59. Organismos presentes en muestras correspondientes al punto 1 del río Amatzinac en el periodo de estudio.

X = Presencia



La siguiente figura muestra la clasificación taxonómica de las algas encontradas en las muestras analizadas del punto 2 del río Amatzinac, dicha clasificación se realizó de acuerdo a H. Bold (1986), Bourrelly, 1985; Prescott, 1962; Patrick y Reimer, 1966, Además del catálogo de algas continentales de Ortega, 1984.

DIVISION									
Cyanophyta		CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE			
		Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>	<i>O. formosa</i>	Gomont		
					<i>Spirulina</i>	<i>Spirulina sp.</i>	Turpin		
					<i>Lyngbya</i>	<i>L. aestuarii</i>	Liebmann		
						Phormidiaceae	<i>Phormidium</i>	<i>P. retzii</i>	(C. Agardh) Kützing
						Rivulariaceae	<i>Calothrix</i>	<i>C. atricha</i>	Frémy
						Nostocaceae	<i>Nostoc</i>	<i>N. pruniforme</i>	C. Agardh
				Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Microcystis</i>	<i>M. aureginosa</i>	<i>M. aureginosa</i>	Kützing
DIVISION									
Chlorophyta				CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	
				Chlorophyceae	Chaetophorales	Chaetophoraceae	<i>Stigeoclonium</i>	<i>S. tenue</i>	(C. Agardh) Kützing
		Ulotrichales	Ulotrichaceae				<i>Ulothrix</i>	<i>U. aequalis</i>	Kützing
		Zygnematales	Zygnemataceae		<i>Spirogyra</i>	<i>S. micropunctata</i>	Transeau		
					<i>Mougeotiopsis</i>	<i>M. calospora</i>	Palla		
DIVISION									
Chrysophyta		CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE			
		Bacillariophyceae	Pennales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria</i>	<i>F. capucina</i>	Desmazières		
					<i>Synedra</i>	<i>S. ulna</i>	(Nitzsch) Ehrenberg		
					<i>Rhoicosphenia</i>	<i>R. curvata</i>	(Kützing) Grunow		
				Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>N. cuspidata</i>	(Kützing) Kützing		
					<i>Pinnularia</i>	<i>P. viridis</i>	(Nitzsch) Ehrenberg		
				Cymbellaceae	<i>Cymbella</i>	<i>C. prostata</i>	(Berkeley) Cleve		
					<i>Amphora</i>	<i>A. birugula</i>	Hohn		
					<i>Anomoeoneis</i>	<i>A. sphaerophora</i>	Pfizer		
					<i>Gomphonema</i>	<i>G. anglicum</i>	Ehrenberg		
				Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	<i>N. linearis</i>	(C. Agardh) W. Smith		
					<i>Denticula</i>	<i>D. elegans</i>	Kützing		
				Surirellaceae	<i>Surirella</i>	<i>S. elegans</i>	Ehrenberg		
				Achnantheaceae	<i>Cocconeis</i>	<i>C. placentula</i>	Ehrenberg		

Figura 60. Clasificación taxonómica de las algas encontradas en el punto 2 del río Amatzinac.



La siguiente figura indica la presencia y ausencia de especies observadas en las muestras tomadas del punto 2 del río Amatzinac.

Amatzinac p(2)	Mayo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Febrero 2005
<i>Amphora birugula</i>				x	x	x
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i>					x	x
<i>Calothrix atricha</i>		x				
<i>Cocconeis placentula</i>	x	x		x	x	x
<i>Cymbella prostata</i>	x	x	x	x	x	
<i>Denticula elegans</i>		x		x		
<i>Fragilaria capucina</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Gomphonema anglicum</i>			x		x	
<i>Lyngbya aestuarii</i>	x		x			x
<i>Microsistys aureginosa</i>				x		
<i>Mougeotiopsis calospora</i>				x		
<i>Navicula cuspidata</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Nitzschia linearis</i>	x		x	x	x	
<i>Nostoc pruniforme</i>				x		x
<i>Oscillatoria Formosa</i>	x	x	x	x		
<i>Phormidium retzii</i>		x		x	x	x
<i>Pinnularia viridis</i>	x	x	x	x		
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	x		x	x	x	x
<i>Spirogyra micropunctata</i>	x	x		x	x	x
<i>Spirulina sp.</i>		x				
<i>Stigeoclonium tenue</i>			x			
<i>Surirella elegans</i>				x	x	x
<i>Synedra ulna</i>	x					
<i>Ulothrix aequalis</i>	x		x		x	x

Figura 61. Organismos presentes en muestras correspondientes al punto 2 del río Amatzinac en el periodo de estudio.

X = Presencia



DENSIDAD DE ORGANISMOS

A continuación se presenta en forma de tabla la densidad de organismos en las muestras de agua y sedimento, posteriormente se reflejarán mediante una gráfica dichos valores.

Meses	Densidad en agua Org/ml		Densidad en Sedimento Org/mg	
	Amatzinac 1	Amatzinac 2	Amatzinac 1	Amatzinac 2
May 04	1272	990	101	121
Ago 04	1307	1414	67	388
Sep 04	2757	1663	226	20
Oct 04	990	1980	2	18
Nov 04	1247	919	1	10
Feb 05	919	1485	2271	19

Tabla 6. Densidad de organismos en muestras de Agua y Sedimento



DENSIDAD DE ORGANISMOS EN AGUA

Mediante la siguiente figura se observa que el mes con mayor densidad de organismos en agua es Septiembre en el punto 1 de muestreo con 2757 org/ml el punto 2 presenta su máximo en el mes de octubre con 1980 org/ml, además se observa que la densidad de los organismos es relativamente congruente entre ambos puntos.

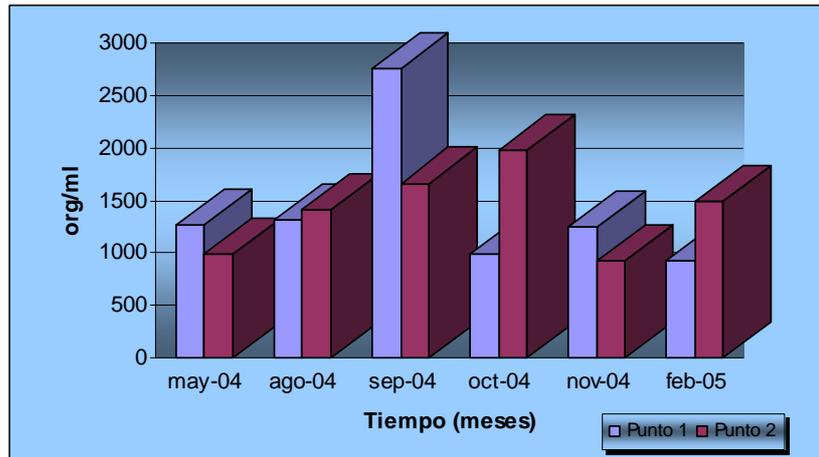


Figura 62. Densidad de organismos en muestras de Agua

DENSIDAD DE ORGANISMOS EN SEDIMENTO

El valor máximo de densidad de organismos en sedimento es 2271 org/mg perteneciente al punto de muestreo 1 del mes de Febrero 2005 y el mínimo corresponde al punto de muestreo 1 del mes de noviembre con un valor de 1 org/mg.

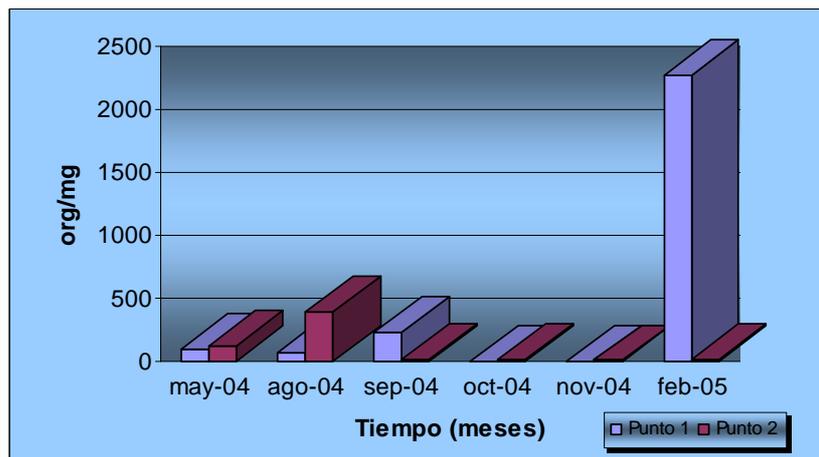


Figura 63. Densidad de organismos en muestras de Sedimento



DENSIDAD DE ORGANISMOS POR ESPECIE EN AGUA DEL PUNTO 1 DE MUESTREO

En la siguiente tabla se plasman los datos correspondientes a la densidad de organismos por especie encontrados en las muestras de agua tomadas en el punto 1 del río Amatzinac, en el periodo en el que se llevó a cabo el estudio.

ESPECIE	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 05
<i>Cymbella prostata</i>	2	3	5			
<i>Cocconeis placentula</i>	3	2		1	1	1
<i>Fragilaria capucina</i>	2	3				2
<i>Navicula cuspidata</i>	8	5	21	6	11	6
<i>Pinnularia viridis</i>	3			1	3	1
<i>Rhoicosphenia curvata</i>		2	7	6	5	1
<i>Gomphonema anglicum</i>		7			1	
<i>Microspora amoena</i>			6			2
TOTAL	18	22	39	14	21	13

Tabla 7. Densidad de organismos por especie en muestras de agua del punto 1 del río Amatzinac.

De acuerdo con los datos reflejados en la tabla anterior, las especies más abundantes en muestras de agua correspondientes al punto 1 de muestreo son *Navicula cuspidata* con 57 Org/ml, *Rhoicosphenia curvata* con 21 Org/ml y *Cymbella prostata* con 10 Org/ml, esto se plasma en la gráfica siguiente. (Figura 64)

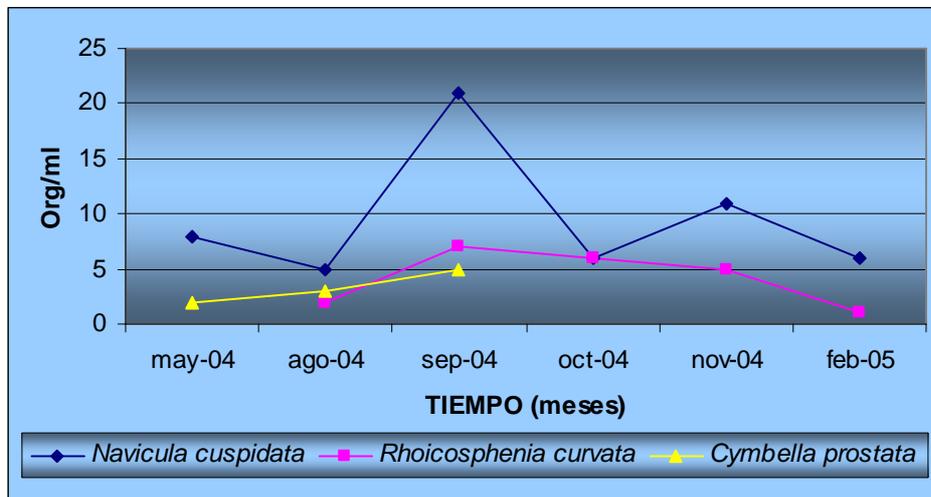


Figura 64. Densidad de organismos de las especies más abundantes en muestras de agua del punto 1 de muestreo del Río Amatzinac



DENSIDAD DE ORGANISMOS POR ESPECIE EN SEDIMENTO DEL PUNTO 1 DE MUESTREO

En la tabla siguiente se indica la densidad de organismos encontradas en las muestras de sedimento tomadas en el punto 1 de muestreo del Río Amatzinac.

ESPECIE	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 05
<i>Cymbella prostata</i>						25
<i>Cocconeis placentula</i>	2	2		2	1	26
<i>Fragilaria capucina</i>	4			3	4	36
<i>Navicula cuspidata</i>	21	22	15	15	22	176
<i>Pinnularia viridis</i>	2	1			2	15
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	4	9	1	2	8	64
TOTAL	33	34	16	22	37	399

Tabla 8. Densidad de organismos por especie en muestras de sedimento del punto 1 del río Amatzinac.

En la siguiente figura se graficaron las especies mas abundantes en sedimento del punto 1 de muestreo, siendo la mas abundante *Navicula cuspidata* con 271 Org/mg, la siguiente es *Rhoicosphenia curvata* con 88 Org/mg y finalmente *Fragilaria Capucina* con 47 Org/mg. (Figura 65)

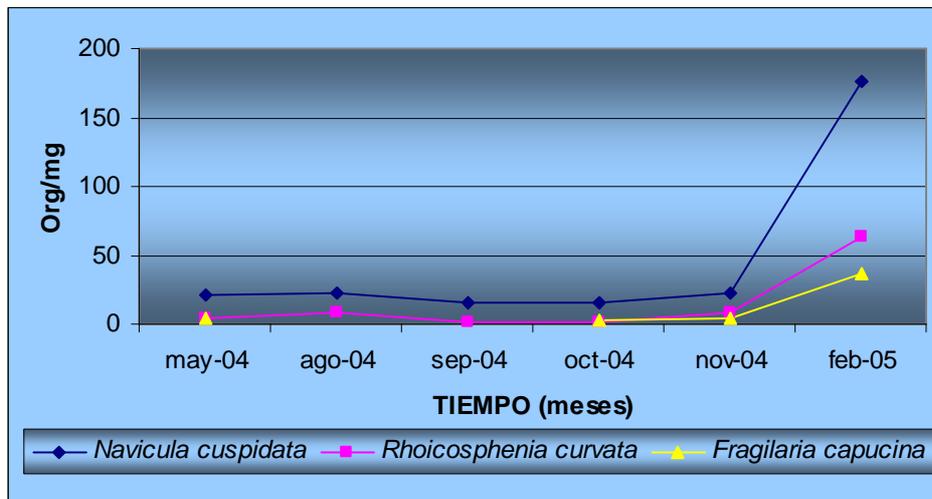


Figura 65. Densidad de organismos de las especies mas abundantes en muestras de sedimento correspondiente al punto 1 de muestreo



DENSIDAD DE ORGANISMOS POR ESPECIE EN AGUA DEL PUNTO 2 DE MUESTREO

A continuación se presenta la tabla correspondiente a la densidad de organismos en muestras de agua del punto 2 del río Amatzinac.

ESPECIE	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 05
<i>Cocconeis placentula</i>	3	4	4	3	1	3
<i>Navicula cuspidata</i>	7	7	15	16	8	9
<i>Pinnularia viridis</i>	1			6		2
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	2	5	6	3	4	4
<i>Oscillatoria Formosa</i>		4				
<i>Denticula elegans</i>			3			
<i>Amphora birugula</i>	1					
TOTAL	14	20	28	28	13	21

Tabla 9. Densidad de organismos por especie en muestras de agua del punto 2 del río Amatzinac.

A continuación se muestra mediante gráfica que las especies mas abundantes en las muestras de agua correspondientes al punto 2 de muestreo a lo largo del estudio son: *Navicula cuspidata*, *Rhoicosphenia curvata* y *Cocconeis placentula* con 62 Org/ml; 24 Org/ml y 18 Org/ml respectivamente. (Figura 66)

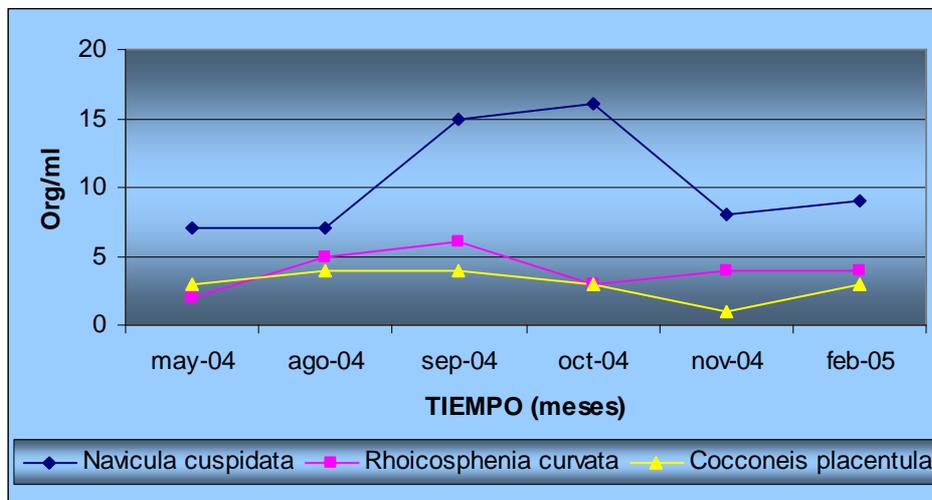


Figura 66. Densidad de organismos de las especies mas abundantes en muestras de agua correspondiente al punto 2 de muestreo



DENSIDAD DE ORGANISMOS POR ESPECIE EN SEDIMENTO DEL PUNTO 2 DE MUESTREO

Finalmente, en la tabla 10, se muestra la densidad de organismos en las muestras tomadas del sedimento del punto 2 del río Amatzinac.

ESPECIE	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 05
<i>Cymbella prostata</i>				34	6	
<i>Cocconeis placentula</i>	1	6		13	5	20
<i>Fragilaria capucina</i>	7	29		33		11
<i>Navicula cuspidata</i>	11	99	152	85	83	172
<i>Pinnularia viridis</i>	3	17	26	6	9	
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	6	25	28	32	14	47
<i>Gomphonema anglicum</i>			20			
<i>Nitzschia linearis</i>	1	5				
<i>Denticula elegans</i>				18	6	
<i>Synedra ulna</i>			7			
TOTAL	29	181	233	221	123	250

Tabla 10. Densidad de organismos por especie en muestras de sedimento del punto 2 del río Amatzinac.

Las especies más abundantes en el sedimento correspondiente al punto 2 de muestreo son *Navicula cuspidata* con 602 Org/mg, *Rhoicosphenia curvata* con 152 y *Fragilaria capuchina* con 80 Org/mg esto se muestra en la siguiente figura. (Figura 67)

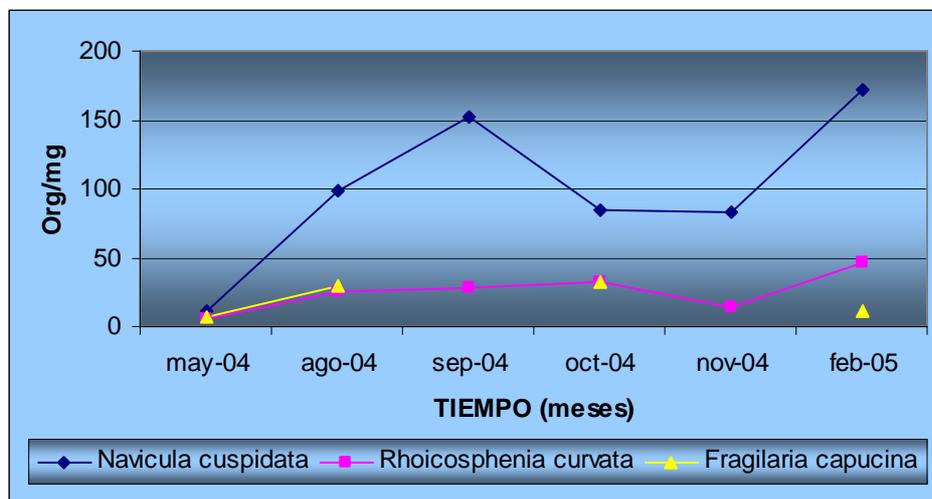


Figura 67. Densidad de organismos de las especies mas abundantes en muestras de sedimento del punto 2

DENSIDAD DE ORGANISMOS EN MUESTRAS DE AGUA CON PARAMETROS MORFOMETRICOS

Densidad de organismos en muestras de agua del punto 1 con Velocidad de corriente.

De acuerdo con la gráfica siguiente tanto la densidad de organismos en agua como la velocidad de corriente tienen un comportamiento muy similar a excepción del mes de Oct 04 en el que se observa que en el punto máximo de velocidad de la corriente de todo el periodo de estudio, la densidad de organismos se vio disminuida, de acuerdo con los cálculos realizados para la obtención del análisis de correlación de Spearman, el valor obtenido es el siguiente $r_s = -0.7714$.

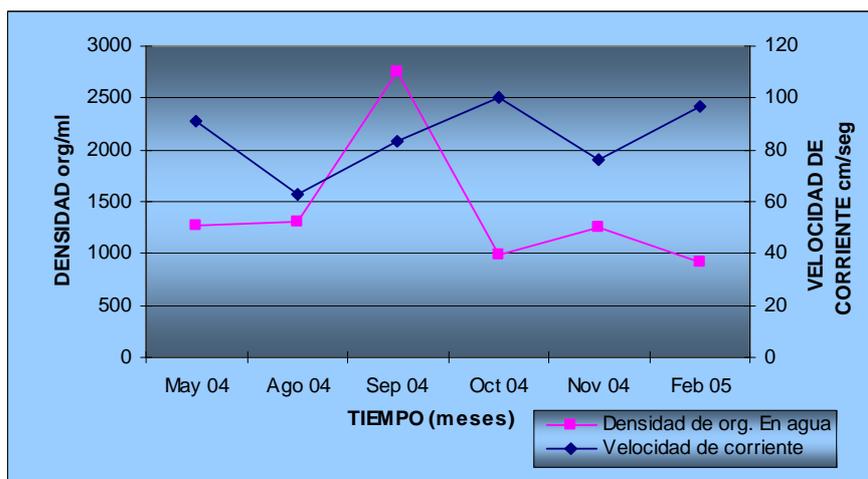


Figura 68. Densidad de organismos en muestras de agua del punto 1 y velocidad de corriente del Río Amatzinac.

Densidad de organismos en muestras de agua del punto 1 con Carga del caudal.

De la misma manera que la figura anterior el comportamiento de la densidad y la carga del caudal son muy semejantes, dado que también coincide que en el mes de Oct 04 al aumentar la carga del caudal disminuye la densidad de organismos en agua, al calcular la correlación de Spearman el valor arrojado es $r_s = 0.0857$.

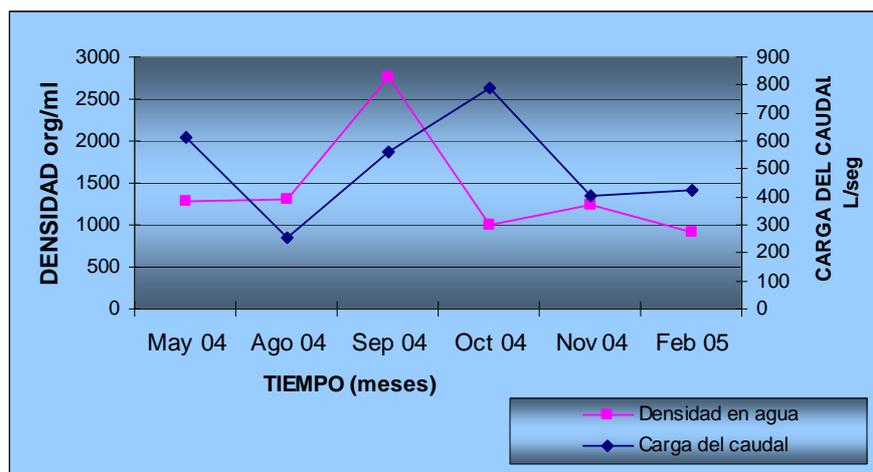


Figura 69. Densidad de organismos en muestras de agua del punto 1 y volumen del caudal del Río Amatzinac.

Densidad de organismos en muestras de agua del punto 2 con Velocidad de corriente.

De acuerdo con lo observado en la siguiente figura se puede apreciar un claro comportamiento similar entre ambas variables graficadas, dado que siguen la misma línea ya que cuando aumenta la velocidad de corriente los organismos tienden a aumentar y viceversa, esto se podría reflejar en el resultado de la correlación de Spearman cuyo resultado es $r_s = 0.6$.

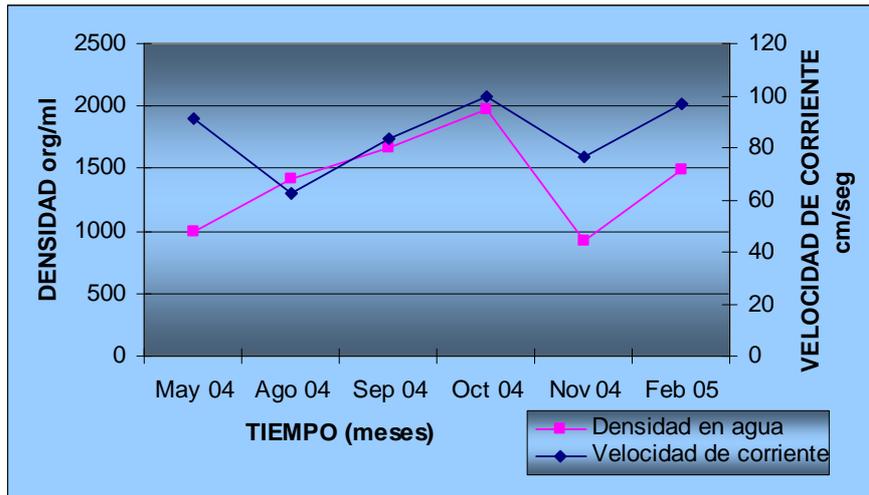


Figura 70. Densidad de organismos en muestras de agua del punto 2 y velocidad de corriente del Río Amatzinac.

Densidad de organismos en muestras de agua del punto 2 con Carga del caudal.

De la misma forma que con la velocidad de corriente, en esta figura, la densidad de organismos en muestras de agua tiene un comportamiento muy similar con el volumen del caudal ya que son muy semejantes en su comportamiento a lo largo de todo el estudio, el resultado de la correlación de Spearman es $r_s = 0.7714$.

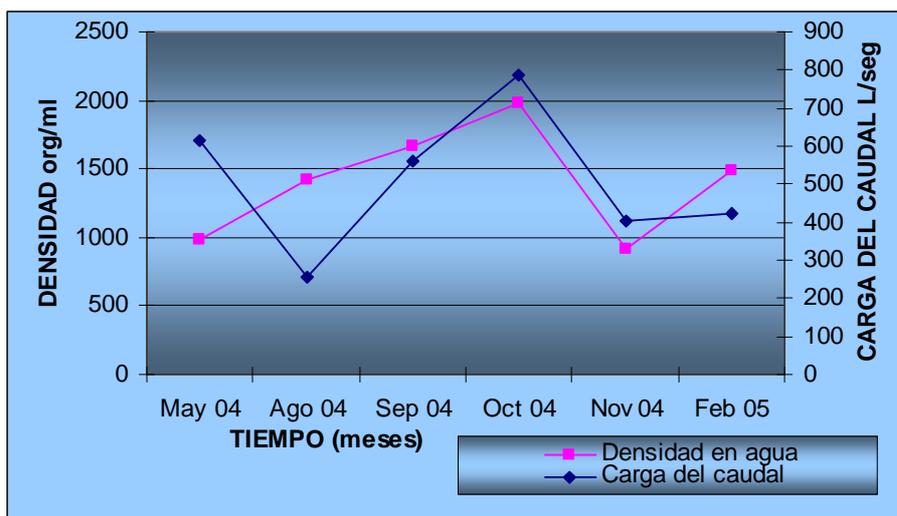


Figura 71. Densidad de organismos en muestras de agua del punto 2 y volumen del caudal del Río Amatzinac.



DENSIDAD DE ORGANISMOS EN MUESTRAS DE SEDIMENTO CON PARAMETROS MORFOMETRICOS

Densidad de organismos en muestras de sedimento del punto 1 con Velocidad de corriente.

Dentro de la siguiente gráfica se observa que la concentración de organismos en el sedimento es constante a lo largo del estudio sin embargo en el mes de Feb 05 existe un aumento considerable de organismos que coincide con un aumento en la velocidad de de corriente entre los meses de Nov 04 a Feb 05. El valor calculado para la correlación de Spearman es $r_s = 0.2571$.

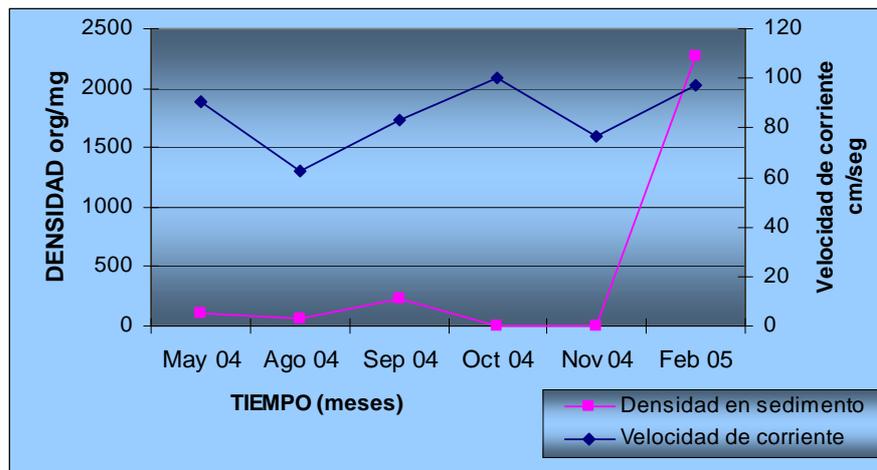


Figura 72. Densidad de organismos en muestras de sedimento del punto 1 y velocidad de corriente del Río Amatzinac.

Densidad de organismos en muestras de sedimento del punto 1 con Carga del caudal.

Los datos correspondientes a la carga del caudal y la densidad en sedimento de acuerdo con la figura siguiente muestran que tienen un comportamiento muy similar al de la figura anterior, en la que la densidad tiene un aumento considerable en el mes de Feb 05 y la carga del caudal se mantiene entre los mese de Nov 04 y Feb 05. Para las muestras de sedimento del punto 1 con la carga del caudal le corresponde una $r_s = 0.2$ de acuerdo con el calculo de la correlación de Spearman.

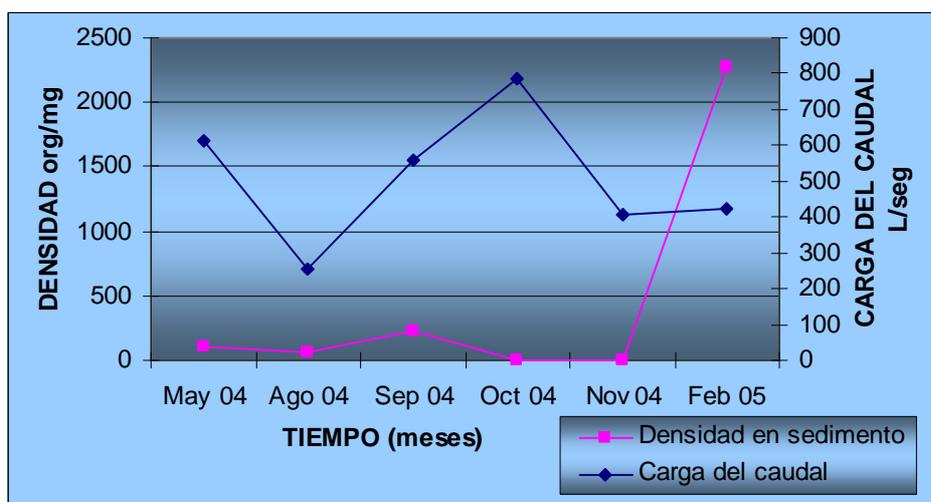


Figura 73. Densidad de organismos en muestras de sedimento del punto 1 y carga del caudal del Río Amatzinac.

Densidad de organismos en muestras de sedimento del punto 2 con Velocidad de corriente.

Los datos correspondientes a la densidad de los organismos en las muestras de sedimento estudiadas respecto a la velocidad de corriente del río y de acuerdo con la figura siguiente muestran que ambas determinaciones tienen un comportamiento inverso en el mes de Ago 04 ya que la densidad llega a su valor más alto mientras que la velocidad indica el más bajo. Posteriormente a partir del mes de Sep 04 en adelante la densidad de organismos se mantuvo constante. Como resultado al cálculo de correlación de Spearman se obtuvo el valor de $r_s = -0.3714$.

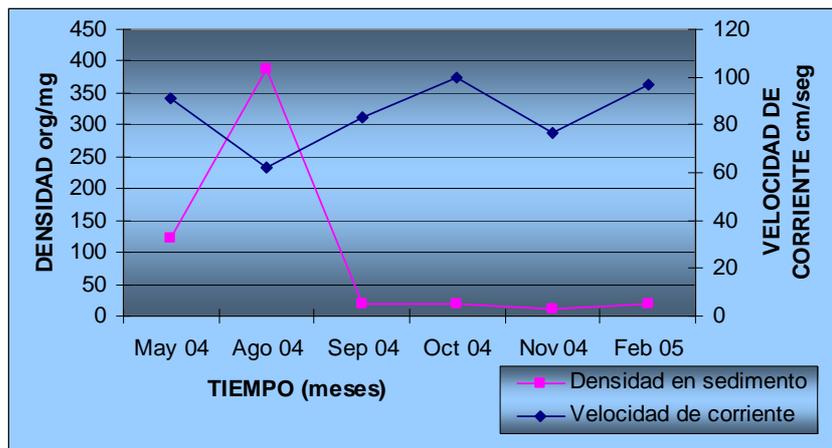


Figura 74. Densidad de organismos en muestras de sedimento del punto 2 y velocidad de corriente del Río Amatzinac.

Densidad de organismos en muestras de sedimento del punto 2 con Carga del caudal.

En esta figura se puede observar una gran similitud con la gráfica anterior ya que el comportamiento entre las variables graficadas son muy similares puesto que en el mes de Ago 04 se presenta el valor más alto de densidad de organismos y en ese mismo mes se registra el valor menor en cuanto a la carga del caudal se refiere. El resultado del cálculo de la correlación de Spearman para este caso es de $r_s = 0.4285$.

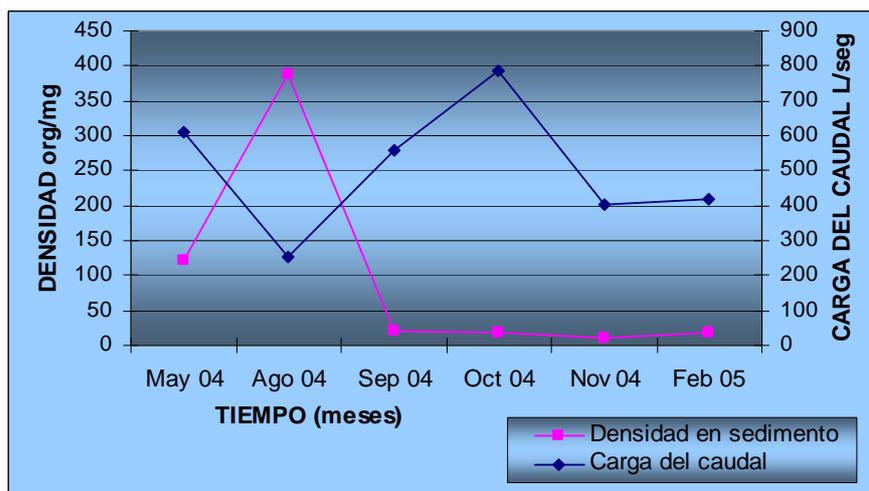


Figura 75. Densidad de organismos en muestras de sedimento del punto 2 y carga del caudal del Río Amatzinac.



ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Es muy importante resaltar que el presente trabajo se inició con el propósito de realizar un estudio ficológico y limnológico en un tramo del río Apatlaco (Pue.), con la finalidad de elaborar un listado ficológico y observar las fluctuaciones del sistema a lo largo de un ciclo anual mediante su morfología y la determinación de sus propiedades químicas, sin embargo al realizar la visita al sitio de muestreo para recolectar las muestras y los datos correspondientes al mes de Mayo se observó que el sitio de muestreo había sido alterado debido a que el caudal del río en ese tramo fue entubado, por lo que tuvimos que recorrer el sitio de muestreo río abajo.

Al realizar un recorrido hacia la parte baja del sistema se descubrió un estanque de truchas en la propiedad privada denominada "La Venta" dicho estanque tiene una desviación del río como ingreso de la corriente de agua y su salida vuelve a verterla a la misma, por lo que se decidió realizar a partir de ese mes un muestreo doble de agua con la finalidad de determinar si existía alteración alguna en cuanto a la flora algal propia de éstos sistemas (ríos de alta montaña), una muestra sería tomada antes del aporte de nutrimentos al sistema y la otra después de dicho aporte; es decir, antes y después del estanque de truchas.

Dado este hecho en el río Apatlaco, se decidió realizar un muestreo en un tramo del río Amatzinac (Mor.) ya que también se encuentra un sitio de aporte de nutrimentos a la corriente del sistema debido a la existencia de un parque recreativo de venados, en él también hay ganado y animales de granja (actividad pecuaria); dicho parque vierte sus desechos a la corriente, razón por la cual al igual que en el río Apatlaco (Pue.) se resolvió realizar un muestreo de agua antes y después de dicho aporte de nutrimentos en este tramo del río a partir del mes de Mayo, esto con la finalidad de realizar el estudio limnológico y ficológico de ambos ríos los cuales poseen semejanzas entre sí.

De acuerdo con lo antes mencionado y toda vez que México posee recursos acuáticos limitados, que constituyen tan sólo el 0.1 por ciento del total de las reservas del mundo. Existen dos tipos de aguas epicontinentales: las *lénticas* (por ejemplo lagos y presas) y las *lóticas* (como ríos y arroyos), (Alcocer 2007) y de acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-1996, un río es definido como la corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial o al mar.

Los Ríos estudiados se consideran sistemas lóticos perennes dado que ambos fluyen continuamente, tanto en la estación seca como la lluviosa, dado que en todas y cada una de las visitas para la toma de muestras de agua y sedimento realizadas a lo largo del estudio ambos sistemas se encontraban en las condiciones propicias para llevar a cabo las mediciones de los parámetros morfométricos.

De acuerdo con esto, para el caso del río Apatlaco y conforme a los datos de ancho y profundidad del mismo se logra identificar que la época de lluvias se presenta en el periodo de Agosto a Noviembre mientras que la estación seca se encuentra comprendida del mes de Febrero a Mayo, al respecto, la velocidad de corriente en el periodo de lluvias presentó su valor máximo en el mes de Septiembre con 87.9 cm/seg y a su vez es el mes en que el ancho del río llegó a su máximo con 270 cm, el mínimo en la velocidad de corriente corresponde al mes de Marzo II con 23.75 cm/seg, sin embargo no es el mes con el valor mínimo de distancia de ancho (200 cm) el mínimo corresponde al mes de Marzo I con 190 cm de ancho.

En el mismo orden de ideas, el río Amatzinac también es considerado un río perenne y de acuerdo con los datos obtenidos de ancho y profundidad durante los meses que duró el estudio se identifica la época de lluvias del mes de Agosto a Noviembre y se puede suponer que el mes de Febrero y Mayo pertenecen a la época de secas, existe una particularidad de la velocidad de corriente del sistema en el mes de Mayo (época de seca) respecto a los demás meses (época de lluvias) por lo siguiente: el ancho del río en el mes de Mayo es el mínimo a lo largo del estudio pero presenta una velocidad de corriente mayor incluso que algunos meses en la época de lluvias, sin embargo esto puede ser explicado por lo siguiente:



En el mes de Agosto al acudir al sitio de muestreo en el río Amatzinac se encontró un montículo de tierra en medio del río que fue construido para detener precisamente la corriente y formar una especie de “poza” suponemos fue utilizada para permitir que tomaran agua los animales de granja o como simple esparcimiento, además el montículo lo utilizaban como soporte para atravesar el río de un lado a otro, ese montículo provocó que la fuerza en la velocidad de corriente disminuyera en el sitio debido a la “detención” del agua.

Estos cambios definen la distribución, la dispersión, la colonización y la respuesta de los organismos al medio (Allan 1995), dichos cambios en la hidrología, especialmente en el flujo y la velocidad de la corriente, se consideran como disturbios que desencadenan el proceso de sucesión (Martínez y Donato, 2003).

Respecto a la carga del caudal, en el río Apatlaco el valor mínimo corresponde al mes de Marzo I (periodo de secas) y el más alto se reporta en el mes de Septiembre con 348, 821.26 cm³/seg, seguido por el mes de Octubre con 348, 361.2 cm³/seg, meses que pertenecen al periodo de lluvias. Para el río Amatzinac el máximo se dio en el mes de Octubre con 788, 048.078 cm³/seg que corresponde al periodo de lluvias y el mínimo corresponde al mes de Agosto con 253, 952.89 cm³/seg. Esto refleja que la carga del caudal en ambos ríos se comporta de manera similar a su respectiva velocidad de corriente.

La información recabada acerca de la carga del caudal de los sistemas así como su velocidad de corriente es muy importante dado que éstos sirven como antecedente para posteriores estudios limnológicos, ecológicos o morfológicos, y así observar el cambio que sufren los sistemas acuáticos a través del tiempo, ya que dentro del río, encontramos peces y un sin número de insectos y otras criaturas pequeñísimas con necesidades muy particulares. Por ejemplo, los habitantes del arroyo, necesitan oxígeno disuelto para respirar, rocas, ramas de árboles que cuelguen dentro del arroyo, troncos y raíces que les sirvan de refugio, vegetación y otros animales para comer y lugares especiales para reproducirse e incubar a sus crías. Para muchas de estas actividades, ellos también pueden necesitar que el agua corra a una velocidad específica, cierta temperatura y profundidad. (http://www.usda.gov/stream_restoration/).

Es de suma importancia reconocer el tipo de sustrato que se encuentra en los ríos, ya que éste provee un hábitat para una gran variedad de organismos, así como permitirles movimiento, reproducción, fijación o enraizamiento y en muchas ocasiones sirve de refugio contra depredadores, además de proveer directamente de alimento (Giller and Björn, 1998). Por lo tanto se llevó a cabo la determinación del tamaño de partícula de los ríos estudiados y el sedimento que predominó en ambos sistemas fue la arena gruesa, arena mediana y arena fina > 0.125 mm con un promedio de 75.92% para el río Apatlaco y un 63.16% para Amatzinac, la partícula menos abundante fue la grava fina de 2.38 mm con un porcentaje de 2.52 % para Apatlaco y 3.11 % para Amatzinac.

Los datos determinados al tamaño de partícula son muy importantes por que quedan como un antecedente primordial para posteriores estudios ficológicos, ya que relacionando la velocidad de corriente y el tipo de sedimento puede derivar en la variabilidad temporal o definitiva de organismos que existen naturalmente en ese medio. (Giller and Björn, 1998).

La conductividad del río Apatlaco varía desde un mínimo de 35.5 μ s en el mes de Septiembre hasta su máximo de 127 μ s para el mes de Marzo II, en lo que corresponde al río Amatzinac los valores de conductividad van desde un mínimo de 110 μ s para el mes de Octubre hasta un máximo de 124 μ s para el mes de Agosto, estos valores de conductividad registrada para estos ríos son afines con los resultados reportados para sistemas lóticos similares a los de este estudio, por ejemplo en el río la Magdalena D.F. se reportaron valores de conductividad desde 39.4 μ s hasta 102.0 μ s (Ramírez *et. al.*, 2001), en el río de alta montaña (río Tota) de Colombia se registraron valores desde 30 μ s hasta 280 μ s (Martínez y Donato, 2003).



En ambos estudios anteriormente mencionados; se reportó una flora algal típica de ambientes lóticos, la cual es muy similar a la del presente trabajo, lo que nos lleva a concluir que los valores reportados de conductividad de ambos sistemas son valores dentro del rango aceptable para este tipo de aguas, debido tal vez a que proviene de deshielos y por lo tanto no existe una alteración química.

Temperatura ambiental y del agua.

En la figura 12 para el río Apatlaco y en la figura 47 para el río Amatzinac, se observa que existe relación directa y proporcional entre la temperatura ambiental y del agua. Es decir, la temperatura de las dos variables aumenta y desciende a la par, esto se observa claramente cuando ambas variables son graficadas en relación al tiempo que dura el estudio, los valores de temperatura en el ambiente para el río Apatlaco registraron un rango entre los 13 °C y 24.1 °C y de l agua entre 8 °C y 15 °C; para el río Amatzinac la temperatura ambiente de 18 °C a 29 °C y en cuanto a la temperatura del agua en el rango de 13 °C a 18 °C, estos datos coinciden con los valores reportados para temperatura del agua y ambiente en el estudio de calidad del agua de las subcuencas del parque nacional Izta-Popo y áreas de influencia que reportan para la T. Ambiente un rango de 8.6 °C a 27.9 °C y para el agua de 7.9 °C a 28 °C. (Gómez *et. al.*, 2001).

Potencial de hidrógeno (pH).

La figura 13 (río Apatlaco) y 48 (río Amatzinac), muestran gráficamente el comportamiento del pH a lo largo del tiempo, las muestras analizadas en el río Apatlaco presentan en promedio 7.92 de pH y en el río Amatzinac el promedio es de 8.43 de pH, estos valores de acuerdo con Valadez *et al.*, (1996) en su trabajo "Algas de ambientes lóticos en el estado de Morelos, México"; encontraron valores que van de 6.5-7.8 de pH. Thurston, (1979) define el siguiente criterio para el pH: 5 a 9 agua para fines domésticos; 6.5 a 9 para la vida dulceacuática y 6.5 a 8.5 para la vida marina. (Thurston, 1979). Los valores registrados para ambos ríos se encuentran dentro de los límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización, establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, lo cual nos indica que ambos sistemas son aptos tanto para la vida acuática como para ser utilizada como agua para uso y consumo humano.

Oxígeno disuelto (O₂).

La concentración de oxígeno disuelto en agua fluctuó de 1.3 mg/L a 9.46 mg/L, para el río Apatlaco, para el río Amatzinac el rango de oxígeno fue de 7.5 mg/L a 9.32 mg/L. Esta fluctuación pudiera deberse a que la solubilidad del oxígeno disuelto (OD) en el agua se incrementa con el descenso de la temperatura, de modo que en aguas frías hay más OD que en aguas calidas (Schwoerbel, 1975).

Como ejemplo de lo anterior tenemos que, en el mes de Marzo II la muestra de agua del río Apatlaco tuvo una temperatura de 11 °C y se encontró una concentración de OD de 1.3 mg/L y cuando la temperatura descendió a 8.0°C como en el mes de Agosto el OD aumentó a 7.0 mg/L, este valor reportado de oxígeno en este mes también se ve directamente influenciado por las lluvias ya que Agosto pertenece a la temporada de lluvias, por lo tanto la carga del caudal es de los valores más altos (134, 692.928 cm³/seg) y por consecuencia el agua del sistema presenta en esas condiciones una mayor turbulencia. Sólo una muestra contenía niveles de oxígeno por debajo de 3 mg/L pero ninguna presentó niveles por arriba de 14 mg/L, estas concentraciones son críticas para la integridad de los microorganismos (Schwoerbel, 1975). Sin embargo, tales concentraciones críticas se pueden encontrar en su porcentaje de saturación en la corriente de agua, ocasionado por la inclinación del terreno y el grado de agitación de la misma. Esto provoca una alta oxigenación que a su vez sirve como amortiguador biológico frente a algún tipo de contaminante y puede facilitar la sobrevivencia de los microorganismos.



Bióxido de carbono (CO₂).

La figura 15 correspondiente al río Apatlaco muestra que las concentraciones de CO₂ fluctuaron entre 1.2 y 3.9 mg/L y la figura 50 muestra para el río Amatzinac, que las concentraciones de CO₂ fluctuaron de 0.9 a 1.9 mg/L. Lo anterior puede deberse probablemente a los factores que afectan las concentraciones de CO₂ en el agua, tal como la temperatura, la turbulencia, el pH y la tasa fotosintética (Wetzel, 1981) entre otros. Como ejemplo de esto tenemos que, en el presente trabajo se observa que existe una tendencia de las concentraciones de CO₂ a mantenerse bajas cuando la temperatura es alta, se puede observar que al iniciarse el descenso de la temperatura, la concentración de CO₂ comienza a elevarse. En cuanto al pH sucede algo similar, a valores elevados de pH se observan concentraciones de CO₂ bajas, pero cuando se da un descenso del pH las concentraciones de CO₂ se incrementan.

Por otro lado las concentraciones de CO₂ observadas para ambos sistemas, la mayoría de ellas tiende a mantenerse por abajo de (3 mg/L) sólo en el mes de agosto para el río Apatlaco presentó 3.99 mg/L de CO₂, por lo que son menores a las concentraciones de oxígeno disuelto. Esto puede deberse a que la tasa fotosintética que es intensa durante el día consume el CO₂ y por lo tanto disminuye los niveles del mismo, y produce el O₂ y eleva las concentraciones del mismo en el agua (Wetzel, 1981).

Dureza Total y Dureza de calcio (Ca²⁺).

La determinación de la dureza total se basa en la cuantificación de las concentraciones de los iones de Ca²⁺ y Mg²⁺ y sirve para clasificar la dureza del agua. Con base en esto, el agua es blanda a una concentración de < 60 mg/L, moderadamente dura de 61 a 120 mg/L, dura de 121 a 180 mg/L y muy dura >181 mg/L (Lind 1985). Con base en lo anterior, y conforme al valor promedio de dureza total en el río Apatlaco (65.30 mg/L) y el río Amatzinac (132.89 mg/L) se pueden clasificar de la siguiente manera: el río Apatlaco se encuentra en el rango de 61 a 120 mg/L por lo que se considera como agua moderadamente dura y el río Amatzinac se encuentra dentro del rango de 121 a 180 mg/L lo cual la ubica dentro de la clasificación de agua dura, además estos valores nos permiten decir que se encuentra dentro del límite permisible establecido en la NOM-127-SSA1-1994.

La dureza debida al Ca²⁺ en las aguas naturales depende principalmente del aporte de Ca²⁺ por la corteza terrestre, en especial por minerales como la calcita y dolomita. La mayor concentración de Ca²⁺, puede deberse al aporte extra de Ca²⁺ derivado de la actividad humana y agrícola asociadas a la región (Saldaña, *et. al.* 1991). En la dureza de calcio se registró un rango de 8.0 hasta 18.81 mg/L para el río Apatlaco con un promedio de 21.01 mg/L y para Amatzinac el rango fue de 12.0 a 25.62 mg/L con un promedio de 17.74 mg/L.

Alcalinidad total.

El término de alcalinidad de las aguas, se refiere generalmente a la cantidad y tipo de compuestos que tienden a elevar el pH a la neutralidad. Estos compuestos son bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos y con menor frecuencia boratos, silicatos y fosfatos. (De la lanza, 1990).

El intervalo de alcalinidad total obtenido en el río Apatlaco para el presente estudio fue de 22 mg/L a 51.96 mg/L de CaCO₃, con un promedio de 35.25 mg/L de CaCO₃ y en lo concerniente al río Amatzinac el intervalo fue de 30 mg/L a 73 mg/L de CaCO₃ con un promedio de 56.66 mg/L de CaCO₃; estos valores obtenidos son similares a los reportados por García y López en 2007 en el trabajo de tesis titulado: "Estudio limnológico y ficológico del arroyo La Compañía, Estado de México" y por De Anda y Miranda en 2004 en su trabajo: "Contribución al conocimiento de la calidad del agua en diferentes corrientes superficiales del parque nacional Izta-Popo y su zona de influencia", estos trabajos mencionados fueron realizados en sistema lóticos muy similares a los del presente estudio.



La alcalinidad total en los sistemas presentó distintas variaciones a lo largo del estudio sin llegar a tener valores extraordinarios, siendo en ambos sistemas Agosto uno de los meses con el valor más bajo debido tal vez al comienzo de la época de lluvias. Llevando a cabo un análisis relacionando las gráficas de Ph, alcalinidad y CO₂ se puede observar que los sistemas presentan una relación muy similar entre pH y alcalinidad en donde se nota que para ambos sistemas los valores más bajos corresponden al mes de agosto y para CO₂ se observa un valor alto esto se debe principalmente a la época de lluvias ya que hay una mayor captación de CO₂ y al reaccionar con las moléculas de agua forman el ácido carbónico propiciando la acción de amortiguamiento del sistema.

NUTRIMENTOS

Toda vez que para la realización de la presente tesis se llevó a cabo un muestreo de agua antes y otro después del aporte de nutrimentos observado en ambos sistemas y de acuerdo con la hipótesis de este trabajo, se trata de resolver si dicho aporte de nutrimentos provoca alteraciones en la flora algal de los cuerpos de agua dulce estudiados, por lo tanto se discutirán los valores de nutrimentos determinados para ambos puntos de muestreo en los tramos de los ríos Apatlaco y Amatzinac en los que se llevó a cabo el estudio de una manera mas particular con el fin de dar respuesta a nuestra hipótesis y a dar cumplimiento con los objetivos planteados.

La carga externa de nutrientes, que pueden ser orgánicos o inorgánicos, procede de los tributarios y de aportes directos por escorrentía y precipitación. Esta carga se reparte y procesa en el embalse principalmente en función de las variables hidrodinámicas y físicas (especialmente la temperatura) y alimenta a la reserva de nutrientes inorgánicos directamente o a través de procesos previos de mineralización. Esta reserva de nutrientes, en condiciones de intensidad y calidad lumínica suficientes, es utilizada por las algas para su crecimiento. (Monteoliva, *et. al.* 2000).

Los factores potenciales de limitación del crecimiento en cada nivel son diversos (luz, hidrodinámica, nutrientes, depredación) y generalmente varían a lo largo del año. A menudo, durante la primavera tardía y el verano, es la provisión de nutrientes para los productores primarios el factor que predomina y define el tipo de comunidad que se asienta, así como los flujos de materia y energía hacia los niveles superiores (Monteoliva, *et. al.* 2000).

Amonio (N-NH₄).

El intervalo de concentración de amonio obtenido en el presente estudio para el Río Apatlaco fue de 0.03 a 0.81 mg/L para el punto 1 (muestra de agua recolectada antes del aporte de nutrimentos) y para el punto 2 (muestra de agua después del aporte) el rango se encuentra de 0.10 a 0.58 mg/L, el nitrógeno amoniacal total esta compuesto de amonio no ionizado (NH₃) que es tóxico para los peces y el amonio ionizado (NH₄⁺) que no es tóxico (Arredondo, 2001; De la Lanza, 1990). Sólo una pequeña fracción del nitrógeno amoniacal total existe como forma tóxica, la proporción de la forma tóxica se incrementa en forma directamente proporcional con el incremento de la temperatura y del pH. Por cada unidad de incremento de pH la cantidad de amonio no-ionizado se incrementa 10 veces. (Arredondo, 2001). Las experiencias demuestran que una exposición crónica a niveles tan bajos como 0.06 mg/L puede ocasionar daños en las branquias y en los riñones y posiblemente un mal funcionamiento del cerebro y reducir la capacidad de transportar el oxígeno en la sangre de los peces (Arredondo, *op. cit.*).



De acuerdo con lo anterior, es muy probable que para el mes de mayor cantidad de amonio reportado (Marzo II), en el punto 1 de muestreo, sea una concentración que resultaría tóxica para algunas especies de peces ya que la temperatura del agua en ese mes fue una de las más elevadas con 11 °C con su correspondiente valor de 8.82 de pH por lo que se estaría cumpliendo lo reportado por Arredondo (2001) ("la proporción de la forma tóxica del nitrógeno amoniacal se incrementa en forma directamente proporcional con el incremento de la temperatura y del pH"). Esta concentración de amonio junto con las determinadas en los meses de abril y mayo están por arriba del límite permitido de concentración de NH_4^{4+} para agua de consumo humano (0.5 mg/L, NOM-127-SSA1-1994). En el punto 2 de muestreo sólo en el mes de septiembre sobrepasa el límite permitido por la NOM antes citada con un valor de 0.58 mg/L.

Es importante recordar que el muestreo doble de agua para la determinación de nutrimentos se llevó a cabo a partir del mes de mayo por lo que en los meses marzo I, marzo II y abril no existe valor de amonio para el punto 2. Aclarado lo anterior y de acuerdo a la figura 19, en los meses de agosto, septiembre y febrero se observa un incremento de amonio en el punto 2 con respecto al punto 1, es decir si hay una concentración mayor de amonio debido tal vez a la actividad acuícola en la zona.

En ese sentido en el río Amatzinac (figura 54), el único mes que sobrepasa el límite permitido por la NOM-127-SSA1-1994 es septiembre con 0.61 mg/L perteneciente al punto 1 de muestreo, sin embargo en este caso tanto el valor de temperatura como el pH no son de los más elevados por lo que muy probablemente no exista una concentración crítica de amonio tóxico para la vida acuática.

Se puede observar claramente en la gráfica de amonio a excepción del mes de septiembre un aumento en la concentración del punto 2 con respecto al punto 1 en la mayoría de los meses de muestreo, a pesar de no ser una diferencia muy marcada se puede decir que si existe un aporte al sistema por el parque recreativo que existe junto al caudal del río dado que en 5 de los 6 meses en los que se llevó a cabo el muestreo en el punto 2 la concentración de amonio es mayor que en el punto 1. También el comportamiento anterior se puede deber a la alta hidrodinámica variable de los sistemas lóticos, ya que es posible que remueva la materia orgánica en descomposición como por ejemplo el alimento que no ha sido consumido o algas y plantas acuáticas muertas. (Arredondo, 2001)

Nitritos (N-NO₂).

Según las condiciones de oxidación, se puede favorecer la desnitrificación ($\text{NO}_3 \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{NH}_4 \rightarrow \text{N}_2$); en este sentido los nitritos, por ser una especie química intermedia, su concentración suele ser baja, menos de 0.2 mg/L. sus efectos tóxicos en peces aún se desconocen (De la Lanza, 1990).

Se puede considerar que dentro del intervalo de concentración de N-NO₂ obtenido en el presente estudio para ambos puntos del río Apatlaco (0.00043-0.0020 mg/L), se encuentra el intervalo de concentración de N-NO₂ (0.001-0.068 mg/L) previamente reportado por (Gómez *et al.*, 2001) en la subcuenca Atoyac. Las concentraciones de N-NO₂ en el río Apatlaco se encuentran dentro del límite permisible para agua de consumo humano (1.00 mg/L, NOM-127-SSA1-1994).

De acuerdo con la figura 20, de los 6 meses en los que se tomó la muestra de agua antes y después del aporte nutrimental al sistema, 4 de ellos (agosto, octubre, noviembre y febrero) tienen una concentración mayor al punto 1, debido a que las muestras de agua del punto 1 y 2 son tomadas el mismo día y sin mucho tiempo de diferencia se puede pensar que la concentración mayor de nitritos en el punto 2 es debida efectivamente al aporte realizado por el estanque de peces presente en la zona de estudio.



En lo que respecta al río Amatzinac, los valores correspondientes a este nutriente en el sistema en ambos puntos se encuentran entre 0.00045 mg/L y 0.00093 mg/L por lo que de acuerdo con los valores obtenidos del río Apatlaco son muy semejantes entre ellos y también se encuentran dentro del límite permisible para agua de consumo humano de acuerdo con lo establecido en la NOM-127-SSA1-1994.

Conforme a la figura 55, en el mes de mayo, septiembre y febrero existe una mayor concentración de nitritos en el punto 2 de muestreo con respecto al 1 pero solo en febrero se puede observar una diferencia claramente marcada entre ellos. En el mes de noviembre las concentraciones de nitritos en ambos puntos fueron iguales con un valor de 0.00056 mg/L, en los meses de agosto y octubre los nitritos fueron menores en el punto 2 que en el punto 1 lo cual puede ser debido a que la concentración de amonio era mayor en el punto 1.

Nitratos (N-NO₃)

El Nitrógeno Amoniacal Total (NAT) es convertido a nitrito (NO₂) de forma natural por acción biológica y en condiciones normales rápidamente se oxida a nitrato (NO₃), básicamente por acción bacteriana. A este proceso se le llama nitrificación. (Arredondo, 2001).

De acuerdo con (Lind, 1985) el nitrato (N-NO₃) es la especie química del nitrógeno más abundante, a pesar de que su concentración en aguas naturales es baja, raramente excede a 10 mg/L. (citado en De la Lanza, 1990) esto se puede observar muy claramente en el presente trabajo ya que el intervalo de concentración de nitratos (0.0016 mg/L a 0.053 mg/L) en los dos puntos de muestreo del río Apatlaco son mayores que la concentración de nitritos. El promedio para el punto 1 es de 0.02 mg/L y para el punto 2 es de 0.017 mg/L que coinciden con lo reportado por (García y López 2007) para un sistema lóxico. El intervalo de concentración de N-NO₃ es apropiado para agua de consumo humano (10 mg/L, NOM-127-SSA1-1994).

En la figura 21 se puede observar que en agosto, septiembre, octubre y noviembre los nitratos son mayores en el punto 2 y en los meses de Mayo y febrero es de manera contraria, los nitratos son mayores en el punto 1.

En el río Amatzinac el intervalo de concentración de nitratos (0.012 mg/L a 0.062 mg/L) en los dos puntos de muestreo del río son mayores que la concentración de nitritos. El promedio para el punto 1 es de 0.026 mg/L y para el punto 2 es de 0.047 mg/L; aquí el promedio del valor de nitratos del punto 1 sólo coincide con lo reportado por (García y López 2007) para un sistema lóxico, ya que el valor de nitratos del punto 2 es más elevado, aún así el intervalo de concentración de N-NO₃ del sistema es apropiado para agua de consumo humano (10 mg/L, NOM-127-SSA1-1994).

En la figura 56 se graficó la concentración de nitratos contra el tiempo, es decir, los meses en los que se llevó a cabo el muestreo de agua en ambos puntos y como se puede ver el mes de agosto es el único en el que la concentración de nitratos es mayor en el punto 1 que en el 2, los demás meses tienen una concentración mayor en el punto 2 que en el 1.

Ortofosfatos (P-PO₄).

El fósforo es un nutriente esencial que se encuentra en forma disuelta (90%) y en forma de partículas (10%). Existe una importante pérdida de fósforo hacia los sedimentos en forma de apatita (OHF) Ca₄ (PO₄)₃. Esta pérdida está balanceada por su entrada debido al intemperismo de las rocas y su arrastre por los ríos hacia los ecosistemas acuáticos. Los compuestos de fósforo, tales como el adenosin trifosfato y las coenzimas nucleótidas tienen un papel clave en la fotosíntesis y otros procesos vegetales. El fitoplancton satisface sus requerimientos de este elemento por asimilación directa de los ortofosfatos. (Contreras, 1993).



En el presente trabajo el promedio de ortofosfatos ($P-PO_4$) en el río Apatlaco fue de 0.1947 mg/L por lo tanto rebasa el límite permisible de contenido de PO_4 en agua de consumo humano (0.1 mg/L, NOM-127-SSA1-1994).

La figura 22 corresponde a las concentraciones de ortofosfatos en forma gráfica, a lo largo de todo el estudio en la que se puede observar que la concentración de ortofosfatos es mayor en el punto 1 que en el 2 a excepción de los meses de septiembre y noviembre.

Para el río Amatzinac el promedio de ortofosfatos fue de 0.0909 mg/L lo cual le permite estar dentro del límite permisible establecido en la NOM-127-SSA1-1994 la cual establece los límites permisibles de calidad del agua para uso y consumo humano.

De acuerdo con lo reflejado en la figura 57, sólo en los meses de octubre y noviembre se observa mayor concentración de ortofosfatos en el punto 2 de muestreo. Los meses restantes reflejan una concentración mayor en el punto 1.

La NOM-001-ECOL-1996, establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales y toda vez que los ríos estudiados en el presente trabajo coinciden con la definición de río en dicha Norma, se tomaron en cuenta los límites permisibles para las aguas de ríos para protección de la vida acuática, al comparar los valores obtenidos tanto en el río Apatlaco (Pue.) como en el río Amatzinac (Mor.) se considera que ambos ríos son aptos para la vida acuática ya que las concentraciones de los nutrientes, el pH y la temperatura se encuentran muy por debajo de los límites máximos permitidos establecidos en dicha norma.

PARÁMETROS BIOLÓGICOS

El fitoplancton ocupa un lugar importante dentro de los ecosistemas acuáticos. El fitoplancton tiene como función principal la realización de la fotosíntesis de moléculas orgánicas a partir de moléculas inorgánicas utilizando la radiación solar como fuente energética y liberando oxígeno, el cual es aprovechado por los organismos acuáticos en el proceso de respiración. Este fenómeno es regulado por diversos factores como la cantidad de nutrientes, la salinidad, la luz y la temperatura, entre otros. (Sánchez, 1996).

La desaparición de las algas significaría la ausencia de la primera fuente de alimento y energía para los animales acuáticos. Además oxigenan el agua durante el día y aportan sus productos como polisacáridos, aminoácidos, DNA, RNA, enzimas y otras proteínas al medio que sirven directamente a los organismos asociados a ellas. Sin embargo hay también aspectos negativos que tomar en cuenta, como aquellas especies productoras de toxinas, ej: *Microcystis* (alga azul-verdosa) nociva en algún grado para peces y moluscos. (Álvarez, 1994).

La flora algal de ambientes lóticos es abundante, diversa y juega un papel importante por ser productores primarios (Round, 1984) (Citado en Ramírez *et. al.*, 2001), por lo que de acuerdo a lo establecido en los objetivos del presente trabajo se llevó a cabo el estudio de la composición y densidad de la flora ficológica en dos tramos de los ríos Apatlaco (Pue.) y Amatzinac (Mor.), obteniendo los siguientes resultados.

Densidad total de microalgas presentes en agua y sedimento.

En el presente estudio se observa claramente, que tanto en el río Apatlaco (tabla 1) como en el río Amatzinac (tabla 6) existe una mayor densidad de microalgas en el agua que en el sedimento, esto debido a que las densidades de organismos en agua sobrepasan de manera general los 1000 org/ml y en el sedimento la gran mayoría de los valores de densidad no llegan a 500 org/mg. Esto puede deberse a que, en el agua las condiciones físicas y químicas prevalecientes favorecen una mayor proliferación y supervivencia de las microalgas que en el sedimento. (Álvarez, 1994).



Analizando los resultados para el río Apatlaco en cuanto a densidad de organismos en agua para el punto 1 se observa que en el periodo de lluvias (Agosto a Noviembre) la densidad de organismos es mayor que en la época seca, para el punto 2, esto no sucede así ya que además de ser menor la densidad de organismos en comparación con el punto 1, para la época seca (Febrero y Mayo) la densidad es mayor que en la época de lluvias.

En cuanto a la densidad en sedimento el punto 2 de muestreo del río Apatlaco presenta una diferencia significativa en cuanto al punto 1, ya que existe mayor densidad en el sedimento del punto 2 que del punto 1, y esto puede ser explicado debido a que las concentraciones de amonio, nitritos y nitratos son mayores en el punto 2 que en el punto 1, lo cual estaría repercutiendo directamente en el crecimiento de organismos, aunado a esto la velocidad de corriente del sistema (figura 8) tiene gran importancia en esto debido a que a mayor velocidad en el río los organismos buscan "fijarse" en el sustrato para evitar ser removidos bruscamente por el agua. (Giller y Björn, 1998). Aunado a lo anterior, también debe influir la cantidad alta de microambientes que se forman en cada sector del cauce y que es diferente en el punto 1 que en el 2 lo cual depende de la velocidad de corriente, la pendiente del sistema, las partículas del sedimento, la cantidad de luz que penetra al sistema o que en ciertos puntos del sistema tiene mayor horas de luz al día debido a la cobertura vegetal superior, a las turbulencias, etc.

En ese sentido, la densidad de organismos en agua reportada para el río Amatzinac, es muy semejante entre ambos puntos, es decir, no se observa una gran diferencia en cuanto a la cantidad de organismos por mililitro entre ambos puntos de muestreo, en sedimento los valores de densidad son mucho más bajos que los reportados en agua, el único mes en el que se reportó un valor de 2271 org/ml fue Febrero correspondiente al punto 1 de muestreo.

La densidad en sedimento si es mucho menor en comparación con la densidad en agua, pero entre ambos puntos no se observa una marcada diferencia entre ellos, como ya se mencionó el único mes que sobresale en cuanto a densidad de organismos por mililitro es Febrero.

Diversidad de especies de microalgas en agua y sedimento.

Llevando a cabo un análisis de la composición de especies encontradas en el río Apatlaco, tanto en agua como en sedimento y en ambos puntos de muestreo, se observó que la división más abundante fue *Cryophyta*, (diatomeas), dentro de las cuales las más representativas son: *Navicula cuspidata*, *Rhoicosphenia curvata*, *Cymbella prostata* y *Fragilaria capucina*. Los géneros *Navicula*, *Fragilaria* y *Cymbella* presentan un amplio rango ecológico y son considerados indicadores de aguas limpias o moderadamente limpias, encontrando algunas especies también en aguas polucionadas. (Pierotto, 2004). También se encontraron algas pertenecientes a la división *Cyanophyta* como *Oscillatoria formosa*, *Phormidium retzii* y *Microcystis aeruginosa*, esta última considerada potencialmente tóxica (De Hoyos, 2003) ya que es responsable de envenenamiento en animales como peces y crustáceos, siendo dañinas para el hombre, a quien pueden causar dermatitis (Norstog and Long, 1976) (citado en Álvarez, 1994). De la división *Chlorophyta* también se encontraron especies como *Prasiola mexicana*, *Ulothrix aequalis*, *Mougeotia scalaris*, entre otras.

De acuerdo con los datos obtenidos para la densidad de organismos por especie en muestras de agua del punto 1 correspondiente al río Apatlaco se observó que las especies más abundantes fueron *Navicula cuspidata*, *Rhoicosphenia curvata*, *Cymbella prostata* y *Fragilaria capucina*, la especie con mayor densidad fue *Navicula cuspidata* además de presentarse a lo largo de todo el periodo de estudio, cosa que no sucedió con *Fragilaria*, ya que en Marzo II, Mayo y Febrero no se encontraron en las muestras de agua, sin embargo su densidad fue tal que permitió ubicarla entre las especies más abundantes.



En las muestras de agua correspondientes al punto 2 los resultados son muy similares al punto 1, dado que las especies más abundantes fueron *Navicula cuspidata*, *Rhoicosphenia curvata* y *Cymbella prostata*, también se reportaron especies pertenecientes a la división *Cyanophyta* y *Chlorophyta* siendo muy semejante la densidad total de organismos en agua (tabla 1).

En cuanto a la densidad de organismos por especie reportada para el sedimento del punto 1 de muestreo, las especies más representativas fueron: *Navicula cuspidata*, *Rhoicosphenia curvata* y *Cymbella prostata* lo cual coincide con las muestras de agua, la especie con mayor representación es nuevamente *Navicula cuspidata* con 1220 org/mg (con un promedio de 54.8%), seguida por *Rhoicosphenia* con 356 org/mg (15.99%) y finalmente *Cymbella* con 154 org/mg (6.91%).

Para el punto 2 la densidad de organismos en sedimento se comportó de la siguiente manera: las especies con mayor representantes fueron *Navicula cuspidata* con 1273 org/mg (69.29%), *Rhoicosphenia curvata* con 168 org/mg (9.14%) y *Cymbella prostata* con 79 org/mg (4.3%) por lo antes mencionado se puede decir que las especies más abundantes en sedimento para ambos puntos son las mismas.

Al llevar a cabo una comparación entre las especies encontradas en el punto 1 (figura 23) y el punto 2 (figura 25) se logra apreciar que en ambos puntos se reportaron las divisiones *Cyanophyta*, *Chlorophyta* y *Chrysophyta*, en el punto 1 la división *Cyanophyta* es representada por 6 especies, la división *Chlorophyta* con 10 especies y *Chrysophyta* por 15 especies, en el punto 2 de muestreo se distribuyen de la siguiente manera; para la división *Cyanophyta* se encontraron 4 especies, para la división *Chlorophyta* 8 especies y para *Chrysophyta* 14 especies.

También se observó que la densidad de organismos en agua del punto 1 aumenta y disminuye de acuerdo con la velocidad de corriente y la carga del caudal del sistema, pero la densidad en agua del punto 2 decrece cuando la velocidad y el caudal aumentan. La densidad de organismos en sedimento del punto 1 tiene un comportamiento contrario a la velocidad y el caudal, es decir, la densidad de organismos aumenta cuando la velocidad y por consecuencia el caudal del sistema se ven disminuidos, esto puede explicarse porque a menor movimiento de agua los organismos tienden a mantenerse con mayor frecuencia en un lugar determinado, en este caso en el sedimento, para el punto 2 la densidad de organismos se puede decir que también se comporta de la misma manera que en el punto 1.

Respecto al río Amatzinac, dentro de las especies registradas, encontramos aquellas consideradas como planctónicas (especies algales que son llevadas por la corriente de un cuerpo de agua), como: *Spirulina sp.*, y *Navicula sp* (Prescott, 1962; Patrick y Reimer, 1975); las algas bentónicas (algas adheridas a un sustrato como: hojas, troncos de árboles, rocas, sustrato u otro tipo de objeto al que se puedan adherir) son: *Oscillatoria formosa*, *Cymbella prostrata*, *Fragilaria capucina* y *Rhoicosphenia curvata* (Prescott, 1962; Patrick y Reimer, 1975). Las algas epifíticas o epifitas (algas adheridas a cualquier parte de otros vegetales) son: *Amphora birugula*, *Cocconeis placentula* y *Gomphonema* (Patrick y Reimer, 1975). Algas perifíticas (las que se adhieren alrededor de vegetales), de deslizamiento (se encuentran en la pendiente del río) o remanso (pequeña parte del río donde se estanca el agua) tenemos a *Cocconeis placentula* y *Pinnularia viridis*.

Se encontró en densidad de especies en agua del punto 1 a: *Navicula cuspidata* con 57 org/ml (44.8%), *Rhoicosphenia curvata* con 21 org/ml (16.53%) y *Cymbella prostata* con 10 org/ml (7.87%), siendo la más abundante *Navicula cuspidata*, para el punto 2 de muestreo las especies más abundantes son: *Navicula cuspidata* con 62 org/ml (51.23%), *Rhoicosphenia curvata* con 24 org/ml (19.83%) y por primera ocasión *Cocconeis placentula* se presenta como una especie representativa de acuerdo a su densidad con 18 org/ml (14.87%) observándose que en época de lluvias hay menor densidad de organismos que en época de secas.



La densidad de especies promedio, más abundantes en sedimento del punto 1 son: *Navicula cuspidata* con 271 org/mg (55.99%), *Rhoicosphenia curvata* con 88 org/mg (18.18%) y *Fragilaria capucina* con 47 org/mg (9.71%). Siguiendo ese orden en el punto 2 de muestreo del río Amatzinac se encontraron que las siguientes especies son las más abundantes: *Navicula cuspidata* con 602 org/mg (58.05%), *Rhoicosphenia curvata* con 152 org/mg (14.65%) y *Fragilaria capucina* con 80 org/mg (7.71%).

Es importante el muestreo en la época de lluvias y secas, ya que se ha observado que están relacionadas con la densidad de algas. En la temporada de lluvias, los compuestos químicos presentes en el agua son diluidos o lavados, por lo que su condición podría modificar el ecosistema. (De la Lanza, 2003).

Al relacionar algunos parámetros morfométricos como: la velocidad de corriente y carga del caudal con la densidad de organismos en agua y sedimento, con la ayuda de análisis estadísticos (correlación de rangos de Spearman), se concluyó que en general se comportan de manera inversa, ya que al aumentar la carga del caudal la densidad disminuye o al aumentar la velocidad de corriente la densidad en sedimento y agua disminuye. Esto se debe a que la carga del caudal y la velocidad de corriente del arroyo arrastran a los organismos con fuerza del sustrato donde se encuentren, por lo tanto disminuye su presencia al aumentar la carga del caudal y velocidad de corriente.

Esto puede observarse en la densidad de especies en sedimento y agua de nuestro sistema, la densidad de especies tanto de agua como de sedimento dependen de estos parámetros ya que al haber mayor captación de agua aumenta la carga del caudal y la velocidad de corriente del arroyo, por lo que las especies son arrastradas con la corriente, a esto podría deberse la disminución de la densidad de especies de agua y sedimento en época de lluvias.

Creemos que resulta importante ampliar de manera general, el estudio algal de cuerpos de agua con diferentes condiciones, para demostrar que los factores ambientales y demás variables son elementos determinantes para la diversidad en las comunidades algales; además como ya se había mencionado, el presente trabajo contribuye al conocimiento de las algas dulceacuícolas presentes en 2 ríos que surgen del parque nacional Iztaccihuatl-Popocatepetl, y de alguna forma tener información de limnología básica de ambos cuerpos de agua, estos resultados apoyarán seguramente a futuros trabajos de carácter ecológico y biogeográfico de la región.



CONCLUSIONES

- ◆ De acuerdo con los parámetros morfométricos evaluados en ambos sistemas, se lograron identificar para cada uno de ellos las fluctuaciones en su profundidad, velocidad, carga de caudal, el tamaño de partícula del sedimento y su conductividad, los cuales nos permitieron definir sus periodos de lluvias (de Agosto a Noviembre, para ambos ríos) y secas (Febrero a Mayo, para ambos sistemas también) de tal forma que la velocidad de corriente, la carga del caudal y la profundidad presentan los valores más altos en periodos de mayor precipitación. El tipo de sedimento que predominó en ambos sistemas fue arena gruesa, arena mediana y arena fina > 0.125 mm. La conductividad presentó un valor promedio para el río Apatlaco de 56.9 μS y para el río Amatzinac de 119.5 μS .
- ◆ De acuerdo con los resultados de los parámetros limnológicos evaluados del agua de los dos ríos estudiados, se puede concluir que tanto el pH como la concentración de oxígeno disuelto se encuentran dentro del valor promedio para la vida acuática, ya que se cree son valores que permiten la vida de algas y de algunos otros organismos. Los valores promedio de los demás parámetros evaluados, temperatura del agua y del ambiente, dureza total y de calcio y bióxido de carbono, son muy semejantes, por lo que se puede decir de manera general que las condiciones de ambos sistemas son similares. En cuanto a las concentraciones promedio de los nutrimentos determinados en ambos sistemas (fosfatos, nitratos, nitritos y amonio), no se observó una diferencia marcada entre los puntos muestreados (punto 1 y punto 2) de cada uno de los sistemas, incluso las concentraciones de nutrimentos entre los dos sistemas son muy semejantes. Por lo tanto se consideran aguas limpias y propicias para la vida acuática, además de encontrarse dentro de los límites establecidos para ser utilizada como agua para uso y consumo humano conforme a la NOM-127-SSA1-1994 y también se encuentra dentro de los parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-1996 la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.
- ◆ Al llevarse a cabo la obtención del listado de especies presentes en los ríos, se encontraron algas en el agua, el sedimento, formando filamentos y en costras adheridas a las rocas. Reportándose en el punto 1 del río Apatlaco 31 especies (6 de la división *Cyanophyta*, 10 de *Chlorophyta* y 15 de *Chrysophyta*) en el punto 2 se reportaron 26 especies (4 de la división *Cyanophyta*, 8 de *Chlorophyta* y 14 de *Chrysophyta*); para el río Amatzinac se reportan 30 especies en el punto 1 de muestreo (5 de ellas corresponden a la división *Cyanophyta*, 6 a *Chlorophyta* y 19 de *Chrysophyta*) y en lo que corresponde al punto 2 de muestreo se reportaron 24 especies (7 de la división *Cyanophyta*, 4 de *Chlorophyta* y 13 de *Chrysophyta*). Los géneros más representativos y abundantes fueron *Navicula*, *Cymbella*, *Rhoicosphenia*, *Fragilaria* y *Cocconeis*, los cuales son indicadores de aguas limpias o moderadamente limpias, también se encontraron géneros considerados importantes en acuicultura como son: *Spirulina*, *Oscillatoria*, *Anabaena* y *Microcystis*, ya que se ha comprobado que la *Spirulina* es fácil cultivarla y es usada como alimento para larvas de camarón, y a pesar que el género *Microcystis*, reportado en el río Apatlaco, es considerado tóxico, al haberse encontrado en muy poca cantidad se puede calificar el agua del sistema como limpia.
- ◆ La estructura de la comunidad de algas en los ríos Apatlaco (Pue.) y Amatzinac (Mor.) no evidenció grandes diferencias en cuanto a su distribución y diversidad de organismos entre puntos del mismo sistema, ni entre los sistemas, además la mayor densidad y diversidad de algas pertenecen a la división *Chrysophyta* (Diatomeas) por lo que se puede concluir que ambos sistemas a pesar de que existen sitios de aporte de nutrimentos y que han sido alterados en su cauce, aún se conserva la flora algal propia de estos sistemas (con diatomeas en su mayoría).



- ◆ El crecimiento de los centros urbanos, así como de sitios de esparcimiento en las zonas cercanas a las áreas de estudio, van a experimentar un aumento de las actividades humanas, las cuales deberán ser acompañadas por un debido planeamiento en los sistemas de recolección y tratamiento de desechos. Al ser las aguas superficiales y subterráneas los receptores naturales de focos difusos o permanentes de contaminación, y toda vez que los resultados de este trabajo indican que los sistemas estudiados se conservan aún como aguas aptas para la vida acuática y limpias, resaltan la importancia de implementar proyectos de monitoreo inter-institucionales para la prevención y control de la contaminación del recurso acuático, así como de los parques nacionales y en particular del Izta-Popo.



BIBLIOGRAFÍA.

- Alcocer, J. (2007). "El agua epicontinental de México". Ciencia. Julio-Septiembre. 26-35 p.
- Allan, J. (1995). "Stream Ecology". Chapman & Hall, Great Britain, Alden Press.
- Alonso, T. E. (1981). "La ciencia de la vida 1 unidad y diversidad". McGraw-Hill / Interamericana de México, 139 p.
- Álvarez, A. H. G. (1994). "Aspectos biológicos generales", Folleto de algas, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Impreso en Ecuador. 3-9 p.
- Ambroggi, R. P. (1989). "Agua. Investigación y ciencia". Scientific American, New York, 77 p.
- American Public Health Association (A.P.H.A.), (1980). "Análisis de suelos y aguas de desecho, sedimentos bentónicos y lodos". Editorial Interamericana. USA, p. 609.
- Arredondo, F. J. (2001). "Conceptos generales de calidad del agua para la acuicultura." PEXPA Planta Experimental de Producción Acuícola, Departamento de hidrobiología, CBS, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa. 8 p.
- Arredondo, F. J. y Flores N. A. (1992). "Características limnológicas de pequeños embalses epicontinentales, su uso y su manejo en la acuicultura". Hidrobiológica, Vol. 3 / 4: 1-10.
- Balbuena, P. Y. L. (2007). "Análisis de la composición y densidad de la microflora ficológica en manantiales y arroyos del parque nacional Izta-Popo". Tesis de Licenciatura. UNAM FES Zaragoza. México, 88 p.
- Blancas, A. G. A., (2002). "Métodos de colecta de agua y monitoreo en ambientes acuáticos". En: Limnología de presas Mexicanas. Editorial Omega, México. 320 p.
- Bourrelly, P. (1985) "Les algues d'eau douce, Editions N. Boubée, Initiation à la systématique". Tomo I, Tomo II.
- Cervantes, S. A., (1984). "Manual de Técnicas básicas para el análisis de ambientes acuáticos". UNAM ENEP Zaragoza. México, 106 p.
- Contreras, E. F. (1993). "Ecosistemas costeros mexicanos. Comisión Nacional Para el conocimiento y uso de la biodiversidad". UAM-I. primera edición. México, 415 p.
- Chávez, M. T. (2003). "Conservar los bosques del Izta-Popo, un reto para asegurar el futuro". Pronatura No. 2, 20-26 p.
- Darley, W. Marshall, (1991). "Biología de las algas: enfoque ficológico". editorial Limusa, México p 236.
- De Anda, H. P. y Miranda H. G. P. (2004). "Contribución al conocimiento de la calidad del agua en diferentes corrientes superficiales del parque nacional Izta-Popo y su zona de influencia". Tesis de licenciatura. FES Zaragoza, UNAM, México. p. 87.
- De Hoyos, C. (2003). "Cianobacterias en los embalses españoles." Centro de estudios hidrográficos del CEDEX, Ministerio de Fomento, España. 29 p.
- De la Lanza, E. G. (1990). "Algunos conceptos sobre hidrología y calidad del agua". 181-199 p. en De la Lanza, E. G. y J. L. Arredondo Figueroa. 1990. "La acuicultura en México: de los conceptos a la producción". Capítulo V. México. Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. p 315.



- De la Lanza, E. G. (2003). "Manual para la colecta, el manejo y las observaciones de campo para los bioindicadores de calidad de agua". México, editorial AGT Editor, S.A. 223 p.
- García, G. M. y López G. E. W. (2007). "Estudio limnológico y ficológico del arroyo La Compañía, Estado de México" Tesis de Licenciatura. UNAM FES Zaragoza. México. 84 p.
- Giller, S. P. y Björn M. (1998). "The biology of streams and rivers (biology of habitats)" Oxford university Press, New York, 296 p.
- Gómez, M. J. L., B. M. Peña, M. M. Arteaga, R. R. Arcos, E. A. H. Guerra, A. E. S. González y E. V. Mendoza. (2007). "Evalúan calidad de recursos hídricos en los parques Izta-Popo, Zoquiapan y Áreas Anexas". Gaceta Comunidad Zaragoza. Vol. 11 No. 31. pp. 14-15
- Gómez, M. J. L., B. M. Peña, M. M. Arteaga, R. R. Arcos, E. A. H. Guerra, A. E. S. González y E. V. Mendoza. (2001). "Calidad de agua de las subcuencas del parque nacional Izta-Popo y áreas de influencia". FES Zaragoza, UNAM, 10 p.
- Harold C. B. y M. J. Wynne (1986). "Introduction to the algae. Structure and reproduction". Second edition, Prentice-hall, Inc., USA.
- Leopold, L.B. (1968). "Hydrology for Urban Land Planning: A guidebook on the hydrologic effects of urban land use". U.S. Geological Survey Circular 554 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey).
- Lind, O. T. (1985). "Handbook of common methods in limnology" 2a. Ed. Dubuque, Iowa Kendall/hunt. 199 p.
- Martínez, F. L. y Donato J. (2003). "Efectos del caudal sobre la colonización de algas en un río de alta montaña tropical (Boyacá, Colombia)". COLCIENCIAS-Universidad nacional de Colombia, Vol. 25 (2): 337-354 p.
- Miguel Santiago Claudia Marina (2006). "Estudio de las condiciones ambientales y composición microalgal en cuerpos de agua de los parques nacionales Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas." Tesis de Licenciatura. UNAM FES Zaragoza. México. 68 p.
- MODIFICACIÓN a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. "Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización" Diario Oficial de la Federación, publicada el 20 de octubre de 2000.
- Monteoliva, P. A. y C. B. Muñoz (2000). "La gestión limnológica y el mantenimiento de la integridad ecológica en los embalses." LA GESTION DEL AGUA. Revista del colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos. No. 51, Vol. II.
- Nason, A. (1991). "Biología". Editorial Limusa, México. Vigésimo sexta reimpresión, 726 p.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996. "Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales". Diario Oficial de la Federación, 6 de enero de 1997.
- Ortega, M. M. (1984). "Catalogo de algas continentales recientes de México". UNAM. México. 566 p.
- Patrick R. y Ch. Reimer, (1975). "The diatoms of exclusive of Alaska and Hawaii "Department of Limnology, The Academy of Natural Science of Philadelphia, Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, The United States. 688 p.
- Pierotto, M., Daga, C., Rincón, A., Gonella, M. y Prospero, C. (2004) "Estudio ecotoxicológico y estructura de las poblaciones de algas en el río Ceballos y Arroyo Saldán." Laboratorio de hidrobiología, Universidad Nacional de Córdoba Argentina. 11 p.



- Prescott, G. W. (1962). "Algae of the western great lakes area." Department of Botany and Plant. Michigan State University, East Lansing Michigan, WM. C. Brown Company. 563 p.
- Ramírez, V.M., Y. Beltrán M., M. Bojorge G., J. Carmona J., E. A. Cantoral U. y F. Valadez C. (2001). "Flora algal del Río La Magdalena, Distrito Federal, México", Bol. Soc. Bot. UNAM México. 68: 45-67.
- Rodier, J., Ch. Gofray, G. Kovascsik, J. Laporte, M. Plissier, J. Scheidhaver, J. Verneaux, J. vial y L. Rodi. (1981). "Análisis de las aguas, aguas naturales, aguas residuales, agua de mar". Química, fisicoquímica, bacteriología. Trad. al español de Santiago Balqué Dolz. Omega, Barcelona, España.
- Rogers, G. (1978). "La vida en la tierra, Ríos y Lagos". Editorial M & S, Barcelona España. 144 p.
- Saldaña, F. P., G. Cabrera J., N. López V. (1991). "Impacto de las descargas antropogénicas en el río Apatlaco, Mor." Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Comisión Nacional del Agua, México. 5 p.
- Salgado, U. I. H. (1992). "El análisis exploratorio de datos biológicos: fundamentos y aplicaciones", UNAM Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, México, 243 p.
- Sánchez, R. M. P. (1996). "Estudio y colecta de organismos marinos, estuarino-lagunares y de agua dulce, UAM, unidad Iztapalapa; serie métodos hidrobiológicos 2, 208 p.
- Schwoerbel J. (1975). "Métodos de Hidrobiología (biología del agua dulce)", ediciones H. Blume, Madrid, España 262 p.
- Thurston, R.V. (1979). A review of the EPA Red Book: Quality criteria for water. Water Quality Section, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. 313 p.
- Trujillo, J. P. y Díaz, P. E. (2003). "Biodiversidad acuática del río Amacuzac, Morelos, México", Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Centro de Investigaciones Biológicas. Departamentos de Biología Animal, Biología Vegetal e Hidrobiología, Informe Final S150, Conabio. 41 p.
- Valadez, C. F., J. J. Carmona, y U. E. Cantoral, (1996). "Algas de ambientes lóticos en el estado de Morelos, México". UNAM. Anales del Instituto de Biología. Ser. Bot. 67 (2): 227-282 p.
- Vargas-Márquez, F. (1997). "Parques Nacionales de México. Aspectos físicos, sociales, legales, administrativos, recreativos, biológicos, culturales, situación actual y propuestas en torno a los Parques Nacionales de México". Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP, México.
- Wetzel, R. G. (1981). "Limnología" Ediciones omega, S. A., Barcelona, España. 679 p.
- Wetzel, R. G. (1975). Limnology. Saunders Collage Publishing, Philadelphia. 743 p.
- Wetzel, G. R., Likens G.E. (1991) Lymnological analyses. 2a. ed. Springer-Verlag. New York, 391 p.

- Biblioteca de consulta Microsoft Encarta, 2005. 1993-2004 Microsoft Corporation.
- <http://www.e-morelos.gob.mx> (Octubre 2006)
- www.agua.org.mx Centro Virtual de Información del Agua. (Octubre 2006)
- http://www.usda.gov/stream_restoration/ (Octubre, 2006)



ANEXOS



ANEXO I

PARAMETROS MORFOMETRICOS

A continuación se presentan resumidos en forma de tabla los datos por mes correspondientes a la profundidad del río Apatlaco (Pue.) y Amatzinac (Mor.), los datos presentados corresponden a los parámetros morfométricos, es decir, la profundidad del río, la velocidad de corriente, carga del caudal y el tamaño de partícula de cada uno de los sistemas analizados.

Profundidad del Río Apatlaco (Pue.)

ANCHO (CM)	MAR I	MAR II	ABR 04	MAY 04	AGO 04	SEP 04	OCT 04	NOV 04	FEB 05
0	0	0	0	0	0	3	5	12	0
10	1.5	0	6.5	5	0	4	6	15	0.5
20	1	4	3.5	4	0	4.5	6	12	3
30	10.5	5.5	8.2	6	3	5	7	16	2
40	11	0	8.5	7.2	5	4	4	17	5
50	0	2	0	8	8.5	5	7	6	3
60	0	12.5	0	0	9	5	8	8	5
70	0.5	15.5	1.5	0	9	7	12	13	1
80	4	16.6	6	4	8	10	15	17	8
90	7.5	12.8	9	9	11	11	28	20	14
100	9.7	13	11	10.5	15	14	25	19	13
110	11.8	12	2.5	8	13	14	25	21	13
120	11.5	5	10	10	12	16	27	21	12
130	12	2	7.5	10	23	16	22	20	8
140	10	0	5	10	17	22	27	15	3
150	12	0.5	6	4.5	16	30	25	7	0.5
160	7	12	5.5	0	19	25	27	10	0
170	0	12	5	0	20	20	15	9	1
180	3	2	6	6	14	25	20	8	9
190	3.5	1	3.5	4.5	9	28	15	9	12
200		1	0	3	12	22	15	7	2
210					19	17	20	7	5
220					17	15	23	3	0
230					15	10	25	2	
240					15	20	25	0	
250					0	18		0	
260						18			
270						23			
PROFUNDIDAD PROMEDIO (cm)	5.825	6.161	5.009	5.223	11.134	14.696	17.36	11.307	5.217



Profundidad del Río Amatzinac (Mor.)

ANCHO (CM)	MAY 04	AGO 04	SEP 04	OCT 04	NOV 04	FEB 05
0	0.5	0	0	0.5	0	0
10	1	0	12	3	5	2
20	8	0.5	2	25	2	1
30	10	0	5	27	5	3
40	11	1	10	20	16	12
50	14	1.5	15	10	17	14
60	11	2	13	17	12	13
70	11	5	10	30	14	13
80	10	9	10	30	14	13
90	6.5	16	10	37	25	19
100	7	10	15	42	27	21
110	4	9	31	47	30	22
120	10	8	32	55	34	26
130	11	2	47	53	32	29
140	11	4	38	50	30	30
150	10	1.5	50	45	32	30
160	10	0.5	53	40	37	32
170	12	0	56	20	40	35
180	16	0	55	15	35	35
190	18	2	10	10	42	37
200	16	2	29	10	38	33
210	15	3	18	25	15	11
220	22	3	21	15	14	9
230	15	8	23	18	14	10
240	15	7	22	0	15	11
250	6	0	18	0	12	9
260	3	0	20	7	16	13
270	5	0	18	8	0	0
280	12	11	5	8	0	0
290	17	29	21	4	0	0
300	21	23	16	0	0	0
310	15	4	11	0	4	2
320	7	6	11	1	0	0
330	14	16	5	1	0	0
340	12	44	5	4	0	0
350	7	48	7	6	0	0
360	7	48.5	6	5	0	0
370	7.5	45	10	5	0	0
380	1.5	41	11	13	0	0
390	0	33	9	15	1	2
400	0	34	15	15	4	2
410		25	13	15	9	5
420		20	9	13	9	6
430		18	15	13	10	9
440		18	17	5	12	9
450		21	18	4	7	5
460		13	16	4	10	9
470		17	12	5	5	3
480		15	8	3	7	5
490		6	6	4	2	2
500		0	3	1	1	1
510		0	4	0	2	2
520			3		0	0
530			2		1	
540			0		0	
550			0			
560			0			
PROFUNDIDAD PROMEDIO (cm)	10	12.125	15.807	15.451	11.945	10.283



Velocidad de corriente del Río Apatlaco (Pue.)

TIEMPO (meses)	VELOCIDAD DE CORRIENTE	
	cm / seg	m / seg
Mar I 04	25	0.25
Mar II 04	23.75	0.2375
Abr 04	28.90625	0.2890625
May 04	36.8852459	0.36885246
Ago 04	48.3870968	0.48387097
Sep 04	87.9077945	0.87907794
Oct 04	83.6120401	0.8361204
Nov 04	46.5487432	0.46548743
Feb 05	76.9230769	0.76923077

Velocidad de corriente del Río Amatzinac (Mor.)

TIEMPO (meses)	VELOCIDAD DE CORRIENTE	
	cm / seg	m / seg
May 04	90.9090909	0.90909091
Ago 04	62.5	0.625
Sep 04	83.32	0.83319447
Oct 04	100	1
Nov 04	76.5110941	0.76511094
Feb 05	96.9932105	0.9699321



Carga del caudal del Río Apatlaco (Pue.)

TIEMPO (meses)	CARGA DEL CAUDAL (cm³ / seg)
Mar I	28542.5
Mar II	29269.0473
Abril	28961.3095
May	38536.2998
Ago	134692.928
Sept	348821.268
Oct	348361.204
Nov	129484.281
Feb 05	124569.46

Carga del caudal del Río Amatzinac (Mor.)

TIEMPO (meses)	CARGA DEL CAUDAL (cm³ / seg)
May 04	612913.225
Ago 04	253952.899
Sep 04	560454.536
Oct 04	788048.078
Nov 04	404557.58
Feb 05	420842.763



Tamaño de partícula (sedimento) del Río Apatlaco (Pue.)

	Mar I 04	Mar II 04	Abr 04	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 05
grava fina de 3.36mm (%)	6.521	30.1	11.36	17.56	29.76	12.48	5.75	4.5	5.67
grava fina de 2.38mm (%)	1.73	3.56	2.64	5	3.93	2.84	0.97	1.09	0.95
arena gruesa, arena mediana y arena fina > 0,125mm (%)	91	61.24	77.74	72.62	63.2	66.11	81	84.9	85.5
arena fina < 0,125mm y aluvión (%)	0.743	4.7	8.04	4.1	3	18.33	11.8	9.48	7.55

Tamaño de partícula (sedimento) del Río Amatzinac (Mor.)

	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 05
grava fina de 3.36mm (%)	19.38	28.04	19.84	19.31	13.02	11.52
grava fina de 2.38mm (%)	2.80	3.20	1.00	5.50	0.80	5.41
arena gruesa, arena mediana y arena fina > 0,125mm (%)	49.53	60.27	58.8	64.6	77.94	67.84
arena fina < 0,125mm y aluvión (%)	28.2	8.41	19.79	10.5	8.1	15



ANEXO II

PARAMETROS HIDROLOGICOS

Se presentan en forma resumida todos los datos correspondientes a todos los parámetros hidrológicos por mes para ambos ríos, en primer lugar los **parámetros físicos** (T° ambiental, T° del agua, pH, conductividad), y posteriormente los **parámetros químicos** (Oxígeno, Bióxido de carbono, Dureza total, Dureza de calcio, Alcalinidad total, Fosfatos, Nitratos, Nitritos y Amonio).

Parámetros físicos del Río Apatlaco (Pue.)

TIEMPO (meses)	PARAMETRO			
	Temperatura ambiente (°C)	Temperatura del agua (°C)	pH	Conductividad μ s
Mar I 04	18	8.3	8.7	49.9
Mar II 04	23.5	11	8.82	127
Abr 04	13	8	7.53	52
May 04	19	15	7.365	58.84
Ago 04	13	8	7.2	40
Sep 04	15	9	8.5	35.5
Oct 04	22	12	7.7	63.5
Nov 04	24.1	9	7.59	44
Feb 05	21	8.5	7.9	41.68

Parámetros físicos del Río Amatzinac (Mor.)

TIEMPO (meses)	PARAMETRO			
	Temperatura ambiente (°C)	Temperatura del agua (°C)	pH	Conductividad μ s
May 04	29	18	8.41	119
Ago 04	22.5	16	7.5	124
Sep 04	18	14	8.72	123
Oct 04	21	14	8.1	110
Nov 04	21	15	9.32	122
Feb 05	20	13	8.54	119



Parámetros químicos del Río Apatlaco (Pue.)

	PARAMETRO (mg / L)								
TIEMPO (meses)	Oxígeno	Bióxido de carbono	Dureza total	Dureza de calcio	Alcalinidad total	Fosfatos Pto. 1	Amonio Pto. 1	Nitritos Pto. 1	Nitratos Pto. 1
Mar I 04	5.6	2.497	39.2392	8.4084	51.96	0.566364214	0.0375	0.000565709	0.03873737
Mar II 04	1.3	1.9976	104.104	14.4144	38	0.052609698	0.81547619	0.000468904	0.021301947
Abr 04	4.6	1.9976	36.036	8.008	40	0.048491425	0.613095238	0.001185893	0.034378514
May 04	7.042	1.2485	48.048	10.8108	34	0.308972172	0.56547619	0.002033015	0.053993366
Ago 04	7	3.9952	54.054	14.4144	22	0.778455257	0.092857143	0.000693856	0.003866523
Sep 04	7.5	1.9976	58.058	16.8168	30	0.005558433	0.50297619	0.000716485	0.006045951
Oct 04	7.3	2.9964	60.06	10.8108	33.5	0.469584806	0.127380952	0.000586159	0.001687095
Nov 04	16	1.4982	82.082	18.8188	39.5	0.044373153	0.247619048	0.000586159	0.008225379
Feb 05	9.46	1.69796	70.07	15.45544	28.3	0.129827311	0.269047619	0.000545622	0.036557942

	PARAMETRO (mg / L)			
TIEMPO (meses)	Fosfatos Pto. 2	Amonio Pto. 2	Nitritos Pto. 2	Nitratos Pto. 2
May 04	0.161743924	0.482142857	0.000432724	0.010404807
Ago 04	0.059816675	0.129166667	0.000739477	0.023481375
Sep 04	0.053639266	0.580357143	0.000586159	0.008225379
Oct 04	0.06290538	0.103571429	0.000649688	0.030019658
Nov 04	0.120561197	0.251190476	0.000762832	0.012584235
Feb 05	0.057757539	0.364880952	0.000671591	0.021301947



Parámetros químicos del Río Amatzinac (Mor.)

	PARAMETRO (mg / L)								
TIEMPO (meses)	Oxígeno	Bióxido de carbono	Dureza total	Dureza de calcio	Alcalinidad total	Fosfatos Pto. 1	Amonio Pto. 1	Nitritos Pto. 1	Nitratos Pto. 1
May 04	8.41	0.9988	82.082	12.012	41	0.156596083	0.396428571	0.000565709	0.027837197
Ago 04	7.5	1.4982	164.164	22.4224	30	0.156596083	0.07202381	0.000859883	0.034374768
Sep 04	8.72	1.2485	169.169	12.8128	73	0.109235947	0.619047619	0.000693856	0.021299626
Oct 04	8.1	1.623	96.096	18.4184	70	0.06805322	0.069047619	0.000525898	0.04309153
Nov 04	9.32	1.9976	153.153	25.6256	67	0.058787107	0.11547619	0.000565709	0.019120435
Feb 05	8.54	1.578104	132.7326	15.2152	59	0.171010037	0.108928571	0.000450633	0.012582864

	PARAMETRO (mg / L)			
TIEMPO (meses)	Fosfatos Pto. 2	Amonio Pto. 2	Nitritos Pto. 2	Nitratos Pto. 2
May 04	0.061875811	0.404761905	0.000586159	0.038733149
Ago 04	0.045402721	0.1	0.000762832	0.032195578
Sep 04	0.048491425	0.405952381	0.000716485	0.060525054
Oct 04	0.077319334	0.095833333	0.000506537	0.062704245
Nov 04	0.059816675	0.161904762	0.000565709	0.038733149
Feb 05	0.078348902	0.131547619	0.000936484	0.056166673



ANEXO III

PARAMETROS BIOLÓGICOS

Las tablas presentadas a continuación corresponden a las densidades de los organismos encontrados en las muestras de ambos ríos, tanto en muestras de agua como de sedimento para cada uno de los puntos de muestreo.

Densidad de organismos por especie en muestras de agua del punto 1 del río Apatlaco.

ESPECIE	Mar I 04	Mar II 04	Abr 04	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 04	TOTAL
<i>Navicula cuspidata</i>	18	8	10	23	17	28	20	10	13	147
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	5	6	7	7	2	2	3	3	5	40
<i>Amphora birugula</i>	3					8				11
<i>Pinnularia viridis</i>	4	1	2	4	3	1			2	17
<i>Cymbella prostata</i>	4	5	1	4	1	6	4	2		27
<i>Fragilaria capucina</i>	4		1		5	7	7	2		26
<i>Cocconeis placentula</i>	3	2	1	3			2	3	5	19
<i>Ghomphonema anglicum</i>	1	2	1	2	1		3	1	3	14
<i>Microspora amoena</i>		2								2
<i>Nitzschia linearis</i>					8					8
TOTAL	42	26	23	43	37	52	39	21	28	



Densidad de organismos por especie en muestras de sedimento del punto 1 del río Apatlaco.

ESPECIE	Mar I 04	Mar II 04	Abr 04	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 04	TOTAL
<i>Navicula cuspidata</i>	250	102	120	250	39	42	32	169	216	1220
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	100	36	30	84	7	10	4		85	356
<i>Amphora birugula</i>					2					2
<i>Pinnularia viridis</i>	31	13	15	29	9	5	8	17		127
<i>Cymbella prostata</i>	41	5	10	31	2	7	6	33	19	154
<i>scillatoria formosa</i>									1	1
<i>Peronia fibula</i>								4		4
<i>Fragilaria capucina</i>	81		7	2	3	8	3		9	113
<i>Cocconeis placentula</i>	23	8	10	29	6		14	18	12	120
<i>Ghomphonema anglicum</i>	30		4	8		4		10		56
<i>Nitzschia linearis</i>								7		7
<i>Denticula elegans</i>	20		2	12			2	4	19	59
<i>Synedra ulna</i>	13								34	47
TOTAL	612	164	198	445	68	76	69	262	395	

Densidad de organismos por especie en muestras de agua del punto 2 del río Apatlaco.

ESPECIE	Mar I 04	Mar II 04	Abr 04	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 04	TOTAL
<i>Navicula cuspidata</i>	----	----	----	17	29	12	6	9	35	108
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	----	----	----	16	5	4	7	3	6	41
<i>Amphora birugula</i>	----	----	----			1	1			2
<i>Pinnularia viridis</i>	----	----	----	3	4	3	4	3		17
<i>Cymbella prostata</i>	----	----	----	3	5	3	3	1	6	21
<i>Fragilaria capucina</i>	----	----	----			2	1	3		6
<i>Cocconeis placentula</i>	----	----	----	2	3	1	2	1		9
<i>Nitzschia linearis</i>	----	----	----			1				1
<i>Denticula elegans</i>	----	----	----	1						1
TOTAL	----	----	----	42	46	27	24	20	47	

---- = sin muestreo



Densidad de organismos por especie en muestras de sedimento del punto 2 del río Apatlaco.

ESPECIE	Mar I 04	Mar II 04	Abr 04	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 04	TOTAL
<i>Navicula cuspidata</i>	----	----	----	450	54	67	237	249	216	1273
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	----	----	----	4	13	22	30	14	85	168
<i>Pinnularia viridis</i>	----	----	----	1	10	12	34			57
<i>Cymbella prostata</i>	----	----	----	6	11	14	16	13	19	79
<i>Oscillatoria formosa</i>	----	----	----						1	1
<i>peronia fibula</i>	----	----	----					13		13
<i>Fragilaria capucina</i>	----	----	----	13	7	20	37	11	9	97
<i>Cocconeis placentula</i>	----	----	----	6		10	5	5	12	38
<i>Ghomphonema anglicum</i>	----	----	----		4		5	2		11
<i>Nitzschia linearis</i>	----	----	----					3		3
<i>Denticula elegans</i>	----	----	----			16	4	8	19	47
<i>Synedra ulna</i>	----	----	----			15		1	34	50
TOTAL	----	----	----	480	99	176	368	319	395	

---- = sin muestreo

Densidad de organismos por especie en muestras de agua del punto 1 del río Amatzinac.

ESPECIE	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 05	TOTAL
<i>Cymbella prostata</i>	2	3	5				10
<i>Cocconeis placentula</i>	3	2		1	1	1	8
<i>Fragilaria capucina</i>	2	3				2	7
<i>Navicula cuspidata</i>	8	5	21	6	11	6	57
<i>Pinnularia viridis</i>	3			1	3	1	8
<i>Rhoicosphenia curvata</i>		2	7	6	5	1	21
<i>Gomphonema anglicum</i>		7			1		8
<i>Microspora amoena</i>			6			2	8
TOTAL	18	22	39	14	21	13	



Densidad de organismos por especie en muestras de sedimento del punto 1 del río Amatzinac.

ESPECIE	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 05	TOTAL
<i>Cymbella prostata</i>						25	25
<i>Cocconeis placentula</i>	2	2		2	1	26	33
<i>Fragilaria capucina</i>	4			3	4	36	47
<i>Navicula cuspidata</i>	21	22	15	15	22	176	271
<i>Pinnularia viridis</i>	2	1			2	15	20
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	4	9	1	2	8	64	88
TOTAL	33	34	16	22	37	399	

Densidad de organismos por especie en muestras de agua del punto 2 del río Amatzinac.

ESPECIE	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 05	TOTAL
<i>Cocconeis placentula</i>	3	4	4	3	1	3	18
<i>Navicula cuspidata</i>	7	7	15	16	8	9	62
<i>Pinnularia viridis</i>	1			6		2	9
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	2	5	6	3	4	4	24
<i>Oscillatoria Formosa</i>		4					4
<i>Denticula elegans</i>			3				3
<i>Amphora birugula</i>	1						1
TOTAL	14	20	28	28	13	21	

Densidad de organismos por especie en muestras de sedimento del punto 2 del río Amatzinac.

ESPECIE	May 04	Ago 04	Sep 04	Oct 04	Nov 04	Feb 05	TOTAL
<i>Cymbella prostata</i>				34	6		40
<i>Cocconeis placentula</i>	1	6		13	5	20	45
<i>Fragilaria capucina</i>	7	29		33		11	80
<i>Navicula cuspidata</i>	11	99	152	85	83	172	602
<i>Pinnularia viridis</i>	3	17	26	6	9		61
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	6	25	28	32	14	47	152
<i>Gomphonema anglicum</i>			20				20
<i>Nitzschia linearis</i>	1	5					6
<i>Denticula elegans</i>				18	6		24
<i>Synedra ulna</i>			7				7
TOTAL	29	181	233	221	123	250	



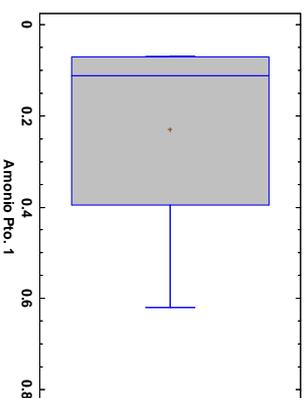
ANEXO IV

DIAGRAMAS DE CAJA

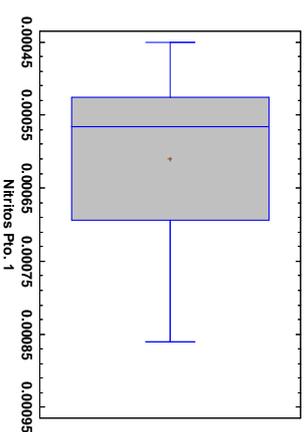
A continuación se presentan los diagramas de caja y bigotes realizados a los nutrimentos determinados en ambos puntos (1 y 2) de los ríos estudiados, con esto se pretende proporcionar una impresión visual de varios aspectos importantes de la distribución empírica de los lotes de datos obtenidos para los nutrientes.



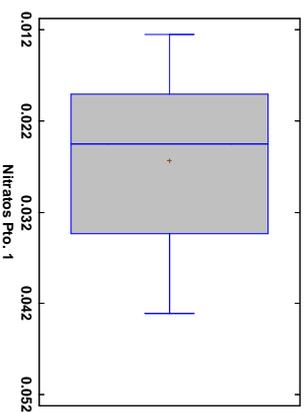
En la siguiente figura se muestran los diagramas de caja y bigotes de los nutrimentos determinados en las muestras tomadas en el punto 1 del río Amatzinac, Mor.



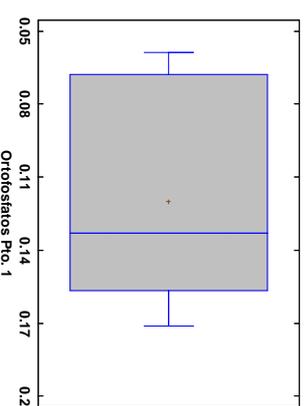
El amonio presenta una distribución sesgada a la derecha sin valores extraordinarios.



El diagrama correspondiente a los nitratos indica una distribución sesgada a la derecha y con valores adyacentes, en donde el de la derecha es mas largo.



Los nitratos demuestran una variación ligeramente sesgada a la derecha y los valores adyacentes casi a la misma distancia.



Los ortofosfatos presentan un sesgo hacia la izquierda, sin embargo los "bigotes" presentan valores a la misma distancia.

Figura 76. Diagramas de caja y bigotes correspondientes a los nutrimentos determinados en el punto 1 del río Amatzinac, Mor.



En la siguiente figura se muestran los diagramas de caja y bigotes de los nutrimentos determinados en las muestras tomadas en el punto 2 del río Amatzinac, Mor.

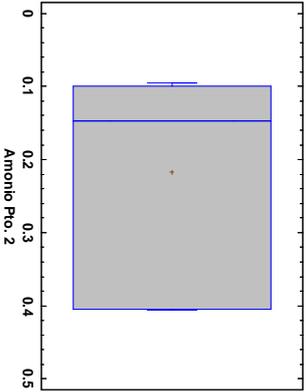
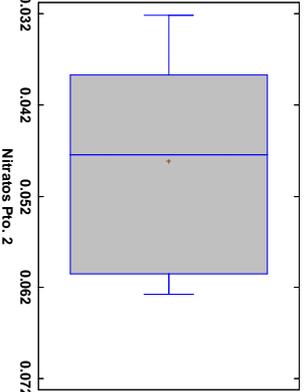
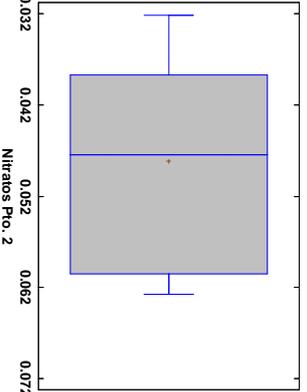
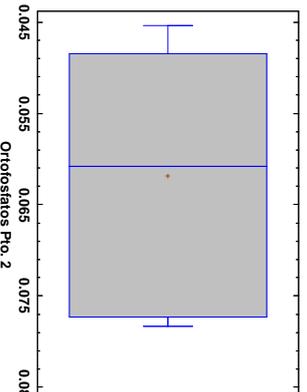
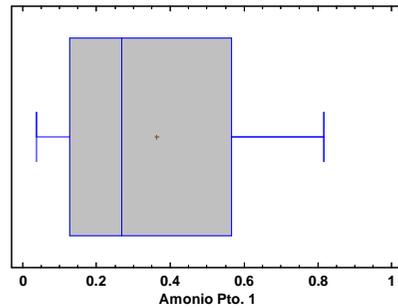
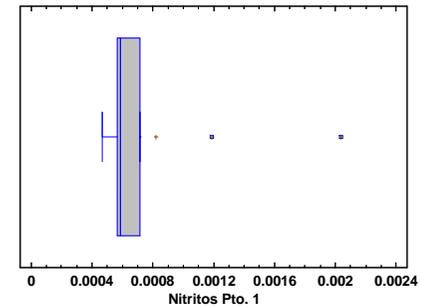
<p>Este diagrama indica un sesgo marcado a la derecha y un solo valor adyacente muy pequeño.</p>  <p>Box plot for Amonio Pto. 2. The x-axis ranges from 0 to 0.5. The box extends from approximately 0.1 to 0.4, with a median line at about 0.15. Whiskers extend from 0.1 to 0.4. A single outlier is present at approximately 0.18.</p>	<p>Respecto a los nitratos del pto. 2 se observa un ligero sesgo a la derecha y el valor adyacente de la derecha mas alejado que el de la izquierda.</p>  <p>Box plot for Nitratos Pto. 2. The x-axis ranges from 0.032 to 0.072. The box extends from approximately 0.042 to 0.062, with a median line at about 0.052. Whiskers extend from 0.032 to 0.062. A single outlier is present at approximately 0.052.</p>
<p>Los nitratos del pto. 2 presentan un valor muy pequeño a la izquierda y un sesgo de la caja hacia la derecha.</p>  <p>Box plot for Nitratos Pto. 2. The x-axis ranges from 0.032 to 0.072. The box extends from approximately 0.042 to 0.062, with a median line at about 0.052. Whiskers extend from 0.032 to 0.062. A single outlier is present at approximately 0.032.</p>	<p>En cuanto a los ortofosfatos del pto. 2 se presenta un sesgo a la derecha y los valores adyacentes muy pequeños.</p>  <p>Box plot for Ortofosfatos Pto. 2. The x-axis ranges from 0.045 to 0.085. The box extends from approximately 0.055 to 0.075, with a median line at about 0.065. Whiskers extend from 0.045 to 0.075. A single outlier is present at approximately 0.045.</p>

Figura 77. Diagramas de caja y bigotes correspondientes a los nutrimentos determinados en el punto 2 del río Amatzinac, Mor.

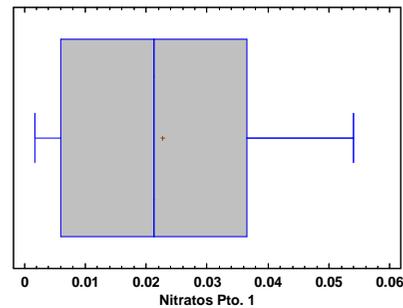
En la siguiente figura se muestran los diagramas de caja y bigotes de los nutrimentos determinados en las muestras tomadas en el punto 1 del río Apatlaco, Pue.



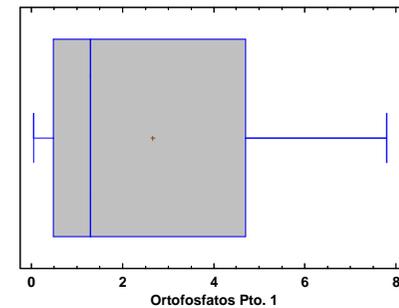
El amonio presenta el valor adyacente de la derecha ligeramente mas alejado que el de la izquierda y la caja está sesgada hacia la derecha.



Los nitritos presentan el valor adyacente (bigote) a la izquierda y valores extraordinarios hacia la derecha, la distribución sesgada hacia la derecha.



Este diagrama indica que la caja no tiene sesgo, sin embargo los bigotes si tienen una diferencia entre ellos, el de la derecha es mas largo.



Aquí se observa un sesgo a la derecha de la caja y también el valor adyacente derecho es mas largo.

Figura 78. Diagramas de caja y bigotes correspondientes a los nutrimentos determinados en el punto 1 del río Apatlaco, Pue.

En la siguiente figura se muestran los diagramas de caja y bigotes de los nutrientes determinados en las muestras tomadas en el punto 2 del río Apatlaco, Pue.

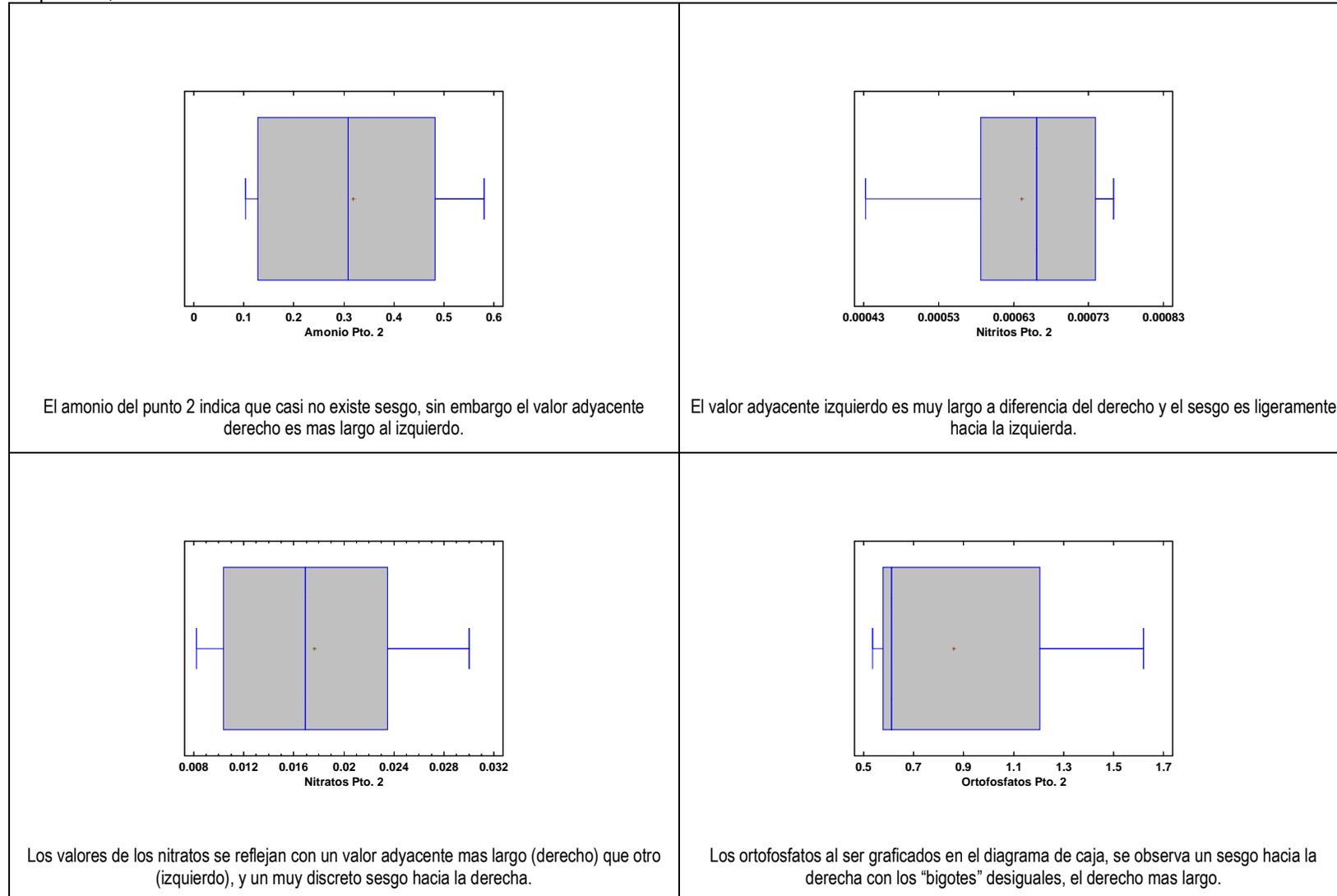


Figura 79. Diagramas de caja y bigotes correspondientes a los nutrientes determinados en el punto 2 del río A