



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"

"Estudio limnológico y ficológico del arroyo
La Compañía, Estado de México"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G O

P R E S E N T A N:

MARISSA GARCÍA GUTIÉRREZ

EVELIN WENDY LÓPEZ GARCÍA

DIRECTORA DE TESIS: BIÓLOGA ANGÉLICA ELAINE GONZÁLEZ SCHAFF



MÉXICO, D.F., NOVIEMBRE DE 2007



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.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por habernos dado la vida, y desde ese momento hacernos unas triunfadoras, por darnos la fortuna de haber conocido a gente tan especial y maravillosa que se ha cruzado en nuestro camino, por darnos la oportunidad de ser alguien en la vida, por estar siempre a nuestro lado cuidándonos y por permitirnos llegar al final de esta etapa de nuestra vida.

Queremos agradecer con todo nuestro corazón a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por ser la Institución que nos formo profesionalmente, por ser nuestra casa de estudio, por permitirnos realizar nuestro sueño, por llegar a la meta con muchos sacrificios y conseguirlo al fin. Nos sentimos muy orgullosas por ser universitarias, ya que somos muy afortunadas y privilegiadas por estar aquí.

Una de las cosas que se aprenden al participar en un proyecto es que éste no es responsabilidad exclusiva de una sola persona. Y una de las cosas más bellas del mundo es manifestar lo mucho que apreciamos a quienes nos han ayudado. Gracias.

A la Doctora Alejandrina G. Ávila Ortiz, al Maestro en Ciencias Ernesto Mendoza Vallejo y al Doctor José Luis Gómez Márquez, por aportarnos su experiencia profesional, tiempo, por conducirnos por el mejor camino, por darnos su apoyo para dar este gran paso, y pulir nuestro trabajo.

Al Doctor Guillermo A. Blancas Arroyo, por haberse involucrado en nuestra formación profesional, por brindarnos su amistad y sobre todo por dedicar tiempo, darnos consejos y aportar sus conocimientos para la realización de la tesis.

Al Biólogo Rubén Zalbarán, por ayudarnos en nuestra vida profesional, por guiarnos y sobre todo por motivarnos para dar este gran paso, por todo su cariño, amistad y comprensión.

Al Biólogo Juan Romero Arredondo, por ser nuestro profesor y compartirnos sus conocimientos, además de ser un amigo, por brindarnos su confianza y por adentrarnos al estudio.

*Muchas gracias a todos nuestros profesores de la carrera de **Biología** por los aciertos, las enseñanzas y las formaciones a lo largo de este ciclo. Ellos nos enseñaron a valorar la vida, a ser mejores personas y a crecer día con día.*

DEDICATORIAS

A mi mamá Maribel García Aguilar, por darme la vida, por demostrarme que todo en la vida se puede lograr siempre y cuando te lo propongas, por tener el valor de sacarnos adelante, por estar conmigo en las buenas y en las malas, por tu amor, sin ti esto no se hubiera logrado, Gracias, Te Quiero Mucho.

A mi papá Helios López Jurado, por darme la vida, por los momentos que compartimos, por haberme inculcado el superarme en la vida, por orientarme, por ser como eres, Te Quiero Mucho.

A mis hermanas Cinthya Alejandra y Rebeca López García, por brindarme su apoyo, amor, por ser las mejores hermanas aunque a veces nos enojemos, por estar a mi lado cuando más las necesito, por ser mis confidentes y por hacer que los días estén llenos de alegría, las Quiero Mucho.

A la Bióloga Angélica Elaine González Schaff, por guiarme, comprenderme y sobre todo por ser una amiga, por brindarme su confianza, por dedicarme su tiempo, esfuerzo y todo su apoyo para la realización de mi meta, Gracias.

A mis tíos Sergio García Aguilar, Ma. Fabiola García Aguilar, Araceli García Aguilar, Alejandro Duran Paleta, Ma. Elena García Aguilar, Arturo Zamora Bermejo, Damián García Aguilar, Ma. del Rocío García Aguilar, Juan Carlos Rangel Díaz, Eleazar García Aguilar y Filemón García Castro, por extenderme su mano cuando más los necesite, brindarme su cariño sin pedir nada a cambio, haberme abierto las puertas de sus hogares, además de darme consejos para ser mejor cada día, por su apoyo incondicional. Nunca pobre pagarles lo que hicieron por mi y mi familia. A todos los Quiero Mucho.

A mi súper amigocha y gran hermana Mariana Valdez Aguilar, por estar siempre que te necesito, por ser mi paño de lágrimas, por estar en todos los momentos especiales de mi vida y por ser el ángel que me guía y me protege. Gracias por estar a mi lado y nunca abandonarme.

A mi súper amiga Silvia Arlaett Gutiérrez Delgado, sus papas Rodolfo Gutiérrez Jiménez y Silvia G. Delgado Toledano, por haberme apoyado en los momentos más difíciles de mi vida. A ti amiga gracias por siempre comprenderme, por estar a mi lado en los momentos de tristeza, de alegría y sobre todo por compartir momentos muy agradables que hoy forman parte de mi vida. Te Quiero Mucho.

A mis mejores amigas Marissa García Gutiérrez y Nohemi Rodríguez Sánchez, por que en su momento me apoyaron, por darme consejos, por pasar momentos muy felices a su lado que nunca se me olvidaran, por haberme tendido su mano cuando mas lo necesite. Las Quiero Mucho.

A mi mejor amiga Gabriela Rosas Garibán, sus papás Germán W. Rosas Acevedo y Ma. Guadalupe Garibán Franco, por apoyarme, brindarme su cariño. A ti amiga gracias por ser como eres, aunque hubo obstáculos entre nuestra amistad te puedo decir que hoy eres una persona muy apreciada para mí y siempre estarás en mi corazón.

A mi mejor amiga Giovanna O. Mondragón Corona, sus papás José Antonio Corona Estrada y Irene Mondragón Herrera, gracias por ayudarme en los momentos difíciles en mi camino; a ti Giova gracias por ser parte de mi existir, por ser tan natural y sobre todo por cada aliento que tuviste hacia mí para salir adelante, y pues ante todo gracias por permitirme estar en tu vida.

A mis súper amigos de la Prepa 5 Luis Alberto Lechuga Trejo y Miguel Priego, por compartir conmigo momentos especiales, por robarme tantas sonrisas y sobre todo por que aunque ha pasado el tiempo seguimos estando juntos, apoyándonos y brindándonos mucho cariño, los Quiero Mucho.

A mis amigos Ángel Aguilar Rangel y Oscar, gracias por ser tan lindos, por ser unas personas tan especiales en mi vida, que me hicieron aprender muchas cosas y que nunca los voy a olvidar, además gracias por los momentos compartidos, por ser tan auténticos y por todo lo vivido, los quiero.

A mis amigos Rogelio Vidales (Roger) y Fernando Franco Tapia (Fer), por hacer que el tiempo de trabajo se pasara rápido, por brindarme su amistad, por haberme hecho pasar momentos inolvidables, siempre los recordare.

Gracias a todos, sin ustedes mi sueño no se habría realizado, pues de todos he recibido cariño, amor, comprensión y apoyo. A todos los quiero mucho, aunque no lo demuestro Nunca olvidare la ayuda que recibí de muchos de ustedes, pues me han apoyado sin recibir nada a cambio y gracias a cada uno porque me aportó una semilla para que este árbol siga creciendo cada día y llegue a madurar. Los Amo.

Gracias a todas las personas que no nombre, a mis compañeros y amigos de la carrera de biología que formaron parte de mi vida, gracias por hacerme pasar momentos muy maravillosos, por aclarar mis dudas, por darme consejos, sin ustedes no habría sido lo mismo. Los Quiero Mucho.

E. Wendy



DEDICATORIAS

A mis Padres Juan Cruz García Vázquez y Francisca Gutiérrez Jiménez pues son las primeras personas que AMO con todo mi corazón. Gracias por haberme dado la vida, por otorgarme en todo momento el apoyo para obtener este objetivo y por estar ahí, siempre al pendiente de mí y dispuestos a ofrecerme lo mejor.



A mis hermanos Hernando y Vanessa por ser mis cómplices en todo momento. Por su apoyo, por sus consejos siempre que los necesito y por el exhorto permanente a cumplir una meta. Gracias por todo, por escucharme siempre, ustedes son lo más importante, son mi fuerza, los AMO y los QUIERO MUCHO. Gracias a mi cuñado Daniel Ramírez por ser parte ya de mi familia y compartir mis tristezas, mis alegrías y triunfos. De igual manera agradezco a Pedro su confianza, su comprensión y amistad desinteresada.

A mis abuelas Anastacia Jiménez y Carmen Vázquez, las tengo siempre presente, viven dentro de mi corazón y esto es también para ustedes.

Gracias: a la Bióloga y amiga Angélica E. González Schaff, por la oportunidad, confianza otorgada, así como el apoyo recibido para desarrollar este trabajo, ya que fue redactado a través de una lucha constante.

Gracias a la Maestra Leticia Chávez Martínez por su amistad, por sus consejos oportunos, por las facilidades y apoyo otorgados. La QUIERO MUCHO.

A una súper banda que ha sido muy especial para mí: Layin, Foca, Keiko, Venado, Berrendo y el Búfalo los QUIERO MUCHO mil gracias.....



*Un apartado especial merecen mis amigas **Nohemi, Silvia, Susana y Wendy**. Agradezco su compañía, su comprensión, su confianza y su amistad. Ustedes han representado y representan el apoyo que hace falta en los momentos difíciles. Gracias por estar conmigo siempre, las QUIERO MUCHO.*

*A mis amigos **Ángel, Berenice, Daniel (Joy), Eréndira, Fernando, Giovanna, Guadalupe, Lois, Oscar, Rogelio y Ulises**, por su entusiasmo, su energía, su disposición, su confianza han sido y serán elementos significativos para mí. Los QUIERO MUCHO.*

Gracias a todos, amigos y compañeros. Aunque no los he mencionado aquí, pues sería una lista interminable, los tengo presente y les agradezco lo que alguna vez hicieron por mí. Gracias por eso, nunca los olvidaré.

Marissa

INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
<u>CUERPOS DE AGUA EN MÉXICO</u>	2
<u>LAS ALGAS</u>	3
ANTECEDENTES.....	5
ZONA DE ESTUDIO.....	8
<u>UBICACIÓN GEOGRÁFICA</u>	8
<u>MAPA DE UBICACIÓN DEL ARROYO LA COMPAÑÍA</u>	9
<u>DESCRIPCIÓN DE LA ZONA</u>	10
<u>HIDROLOGÍA</u>	10
<u>CLIMA</u>	10
<u>VEGETACIÓN</u>	11
<u>FAUNA</u>	11
<u>CARACTERÍSTICAS Y USO DE SUELO</u>	13
JUSTIFICACIÓN.....	14
HIPÓTESIS.....	15
OBJETIVOS.....	16
<u>OBJETIVO GENERAL</u>	16
<u>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</u>	16
MATERIALES Y MÉTODO.....	17
<u>CAMPO</u>	17
a) PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS.....	17
b) PARÁMETROS HIDROLÓGICOS Y DEL SEDIMENTO.....	18
c) PARÁMETROS BIOLÓGICOS.....	18
<u>LABORATORIO</u>	18
a) PARÁMETROS HIDROLÓGICOS Y DEL SEDIMENTO.....	18
b) PARÁMETROS BIOLÓGICOS.....	19
<u>GABINETE</u>	20
a) PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS.....	20
b) PARÁMETROS HIDROLÓGICOS.....	22
c) PARÁMETROS BIOLÓGICOS.....	23

RESULTADOS.....	25
a) PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS.....	25
<u>PERFILES DE PROFUNDIDAD</u>	25
<u>VELOCIDAD DE CORRIENTE</u>	26
<u>CARGA DEL CAUDAL</u>	27
<u>SEDIMENTO (TAMAÑO DE PARTÍCULA)</u>	27
<u>CONDUCTIVIDAD</u>	28
PARÁMETROS HIDROLÓGICOS.....	29
<u>TEMPERATURA DEL AGUA Y AMBIENTE</u>	29
<u>pH</u>	29
<u>OXÍGENO DISUELTO Y BIÓXIDO DE CARBONO</u>	30
<u>PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO</u>	30
<u>DUREZA TOTAL Y DUREZA DE CALCIO</u>	31
<u>ALCALINIDAD TOTAL</u>	31
<u>NITRITOS, NITRATOS Y AMONIO</u>	32
<u>ORTOFOSFATOS</u>	32
b) PARÁMETROS BIOLÓGICOS.....	33
<u>DENSIDAD DE ORGANISMOS EN AGUA</u>	35
<u>DENSIDAD DE ORGANISMOS EN SEDIMENTO</u>	35
<u>DENSIDAD DE ORGANISMOS DE LAS ESPECIES MÁS ABUNDANTES EN AGUA</u>	37
<u>DENSIDAD DE ORGANISMOS DE LAS ESPECIES MÁS ABUNDANTES EN SEDIMENTO</u>	37
<u>DENSIDAD DE ORGANISMOS EN AGUA CON PARÁMETROS MORFOMETRICOS</u>	38
<u>DENSIDAD DE ORGANISMOS EN SEDIMENTO CON PARÁMETROS MORFOMETRICOS</u>	39
<u>DENSIDAD DE ORGANISMOS EN AGUA CON PARAMETROS HIDROLOGICOS</u>	40
<u>DENSIDAD DE ORGANISMOS EN SEDIMENTO CON PARÁMETROS HIDROLÓGICOS</u>	41
<u>FOTOGRAFÍAS DE ESPECIES MICROALGALES</u>	43
DISCUSIÓN.....	46
CONCLUSIONES.....	55
BIBLIOGRAFÍA.....	56
ANEXO 1 PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS.....	61
ANEXO 2 PARÁMETROS HIDROLÓGICOS.....	64
ANEXO 3 PARÁMETROS BIOLÓGICOS.....	66
ANEXO 4 CARACTERÍSTICAS LAS ESPECIES.....	68
ANEXO 5 DIAGRAMAS CAJA.....	75

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en el Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl, en las áreas de Limnología y Ficología con el afán de contribuir al conocimiento en estas áreas en nuestro país ya que las alteraciones de la cubierta terrestre y del suelo han alterado considerablemente el escurrimiento superficial y la filtración. El sitio de muestreo es una corriente que surge dentro del parque, localizada en el "Arroyo La Compañía" que pertenece a la subcuenca de Amecameca en el sitio conocido como "Las Palomas" en el Estado de México. Se toman en cuenta dos grandes grupos ecológicos. El fitobentos (comunidad formada por los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos que viven en el sustrato de ecosistemas acuáticos) y el fitoplanctón (conjunto de organismos acuáticos autótrofos, que tienen capacidad fotosintética, viven dispersos en el agua como las algas que se encuentran en el sedimento, así como las provenientes de otros sustratos). Se realizaron 9 salidas a campo 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, ya que este cuerpo acuático está pobremente suministrado de nutrimentos y mantiene un bajo crecimiento vegetal; no presenta gran influencia humana; por lo que las algas encontradas son propias de este sistema. 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. Se obtuvieron parámetros que caracterizan a un sistema lótico como: los perfiles de profundidad van de 160-200 cm, fueron cambiando a lo largo del estudio, distinguiéndose dos épocas una de lluvias de agosto a noviembre y la época de secas de febrero a mayo, de igual forma que la velocidad de corriente que tuvo valores de 28.16-65.84 cm/seg y la carga del caudal con un promedio de 40.1 L/seg, el tipo de sustrato que predominó fue la arena mediana con un 65.5%, la conductividad presentó valores bajos que van de 70.5-102.6 μ S. Se evaluó la hidrología a través de los siguientes parámetros: el pH con un promedio de 7.7 y oxígeno disuelto de con un promedio de 4.6 mg/L que son ideales para la vida acuática como las algas u otros organismos. El bióxido de carbono de 1.4 mg/L, la dureza total de 107.2 mg/L, la dureza de calcio con 19.2 mg/L, alcalinidad total de 48.2 mg/L y los nutrimentos presentaron bajas concentraciones: nitratos con 0.022 mg/L, nitritos con 0.019 mg/L, fosfatos con 0.102 mg/L y amonio con 0.0075 mg/L en promedio. 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*, *Diatoma hiemale*, *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*. Por lo que el arroyo "La Compañía" presenta buenas condiciones hidrológicas y biológicas; no presenta gran perturbación por el hombre y consideramos que, de acuerdo a sus características podemos clasificarlo como oligotrófico, debido a la baja concentración de nutrimentos y al bajo crecimiento algal, por lo que las algas encontradas son propias de sistemas oligotróficos.

La lista de cuerpos de agua registrados para México son :

Tabla 1. (Ortega *et al.*,1995)

Serie lítica	Natural	Ríos, arroyos, corrientes, cascadas o caídas de agua y manantiales.
	Artificial	Canales (desagües o drenajes, apantles, zanjas y evaporador solar).

LAS ALGAS

Las algas son habitantes comunes de aguas poco profundas y se encuentran en todo suministro de agua expuesto a la luz del sol. Son diminutas células fotosintetizadoras que constituyen el primer eslabón de la cadena alimentaria de todos los animales que viven en aguas profundas. Estas células que flotan libremente en el agua, forman parte del plancton. (Raven y Curtis, 1975)

El número y clase de algas y otros organismos que crecen en aguas superficiales dependen de las condiciones ambientales. El tamaño del depósito, su forma y profundidad, la extensión de sus bajíos, el carácter del fondo, la fisiografía y la naturaleza del fondo, la cantidad de precipitación, la insolación, la calidad del agua y régimen térmico son factores que influyen sobre el crecimiento de algas en un depósito. (Palmer,1962)

Las algas planctónicas están constituidas normalmente por células individuales, algunas de aspecto muy sencillo y otras con formas complicadas y de delicados detalles, en ocasiones unidas formando filamentos. Entre este plancton, puede encontrarse el plancton animal microscópico, mezclados con formas inmaduras de animales mayores(llamado zooplancton). (Raven y Curtis, 1975)

Las algas han penetrado a los océanos e incluso al medio terrestre, estas constituyen el fitoplancton de lagos, estanques y manantiales. Muchos tipos de algas se encuentran en tierra húmeda o arena o en la zona intermareal y algunas colonizan incluso las rocas desnudas o troncos de árboles. Se encuentran muy extendidas en los suelos, e incluso en los suelos áridos de los desiertos mas rigurosos, en donde pueden encontrarse solo algunas veces al año, después de una lluvia o un rocío. (Raven y Curtis op cit.)

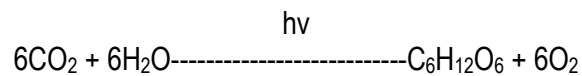
Las algas se encuentran poblando las regiones alpinas, desiertos, montañas en el límite fótico de los cuerpos estancados o corrientes en cuevas y cavernas constituyendo los denominados algares o lugares poblados de algas con diversas fisonomías a la vista del observador. (Ortega *et al.*, 1995)

Estos algares, se presentan en la mayoría de los sustratos (algas bentónicas), en asociaciones en diversos grados de intimidad con otros organismos, libres flotadoras, en el plancton y en ambientes particulares de temperaturas extremas como los manantiales y en charcos temporales. (Ortega, op cit.)

Las algas se desarrollan en hábitats donde la luz puede ser conducida y transformada, por medio de la fotosíntesis en productividad primaria, en cantidad suficiente para el crecimiento, el metabolismo y

su transferencia a los depredadores, lo cual se expresa a través de diferentes tipos de asociaciones y comunidades. (Ortega, op cit.)

Las algas son los organismos que producen la materia orgánica primaria a partir de la energía luminosa y de las sales nutrientes disueltas en el agua; son los productores primarios de este medio. Para la fotosíntesis necesitan dióxido de carbono según la ecuación:



Utilizan al dióxido de carbono como proveedor de carbono, el cual es el sillar mas importante para las síntesis orgánicas de las plantas. La producción fotosintética de las algas lacustres se han investigado con ayuda de carbono radioactivo. De esta producción primaria vive todo el mundo animal acuático. (Schwoerbel,1975)

Todos los sistemas acuáticos contienen sustancias disueltas y en suspensión que sirven como nutrimentos que sostienen el desarrollo no solo de las algas, sino de muchas otras clases de seres vivos acuáticos, cuyo número depende en gran parte de la cantidad y naturaleza de los nutrimentos disponibles, como algunas plantas y animales entre los que se encuentran los peces, las tortugas, lotos y lirios de agua, así como inmensas poblaciones de formas pequeñas, algunas de ellas microscópicas. Los organismos microscópicos comprenden, además de las algas, actinomicetos, hongos o mohos, levaduras, protozoarios, rotíferos, microcrustáceos, gusanos diminutos y ácaros. Muchos de ellos desempeñan un papel importante en lo que concierne a alterar la calidad del agua y han de ser tomados en cuenta en el proceso de purificación del agua para el uso doméstico o industrial. (Palmer, 1962)

El presente estudio toma en cuenta los grandes grupos ecológicos.

- a) En el medio acuático, el fitobentos y fitoplanctón.
- b) En el medio terrestre, las algas en el sedimento así como también a las algas provenientes de otros sustratos (que incluyen algas que viven en proyecciones rocosas, troncos, etc.)

INTRODUCCIÓN

El primer Parque Nacional en México de los tiempos modernos se creó por decreto presidencial en 1917. Durante el mandato del presidente Lázaro Cárdenas (1934-1940) se crearon 40 Parques Nacionales y 7 Reservas. Entre ellos estaban los 18 km² del Parque Nacional Palenque, que protege las ruinas de una antigua ciudad maya y las densas selvas lluviosas que las rodean. El uso controlado y la protección sistemática de los recursos naturales han sido siempre la principal razón para crear Parques Nacionales. (Vargas, 1984)

El gran aumento de la población y el rápido desarrollo agrícola e industrial han ocasionado un considerable aumento en el uso de agua en los últimos años y han provocado muchos problemas en lo que respecta a conseguir abastecimientos de agua adecuados. (www.cddhcu.gob.mx/bibliot/publica/iveyana/polisoc/dps03/introagu.html, Palmer, 1962)

Al roturarse y desenvolverse el campo, las alteraciones de la cubierta terrestre y del suelo han alterado considerablemente el escurrimiento superficial y la filtración. La deforestación, los incendios, el exceso de pastizales, el uso agrícola y el drenaje han aumentado el derrame superficial y la erosión, así como también se ha reducido la filtración en muchas regiones. (www.cddhcu.gob.mx/bibliot/publica/iveyana/polisoc/dps03/introagu.html, www.invdes.com.mx/antiores/Marzo2000/htm/cna82.html, Palmer, op cit.)

A medida que aumenta la demanda de la población y de la industria, las aguas subterráneas se hacen insuficientes y se incrementa el número de ciudades y poblaciones que se asientan cerca de los lagos, corrientes y depósitos para aprovisionarse de agua. Este cambio de suministros subterráneos por superficiales ha creado muchos problemas para quienes se dedican a procurar y tratar el agua destinada a usos domésticos o de otra clase. Las aguas subterráneas están sustancialmente libres de organismos capaces de provocar dificultades y molestias, mientras que las aguas superficiales contienen muchos organismos que complican el aprovechamiento de agua potable. (Palmer, op cit)

CUERPOS DE AGUA EN MÉXICO

Es importante señalar que para clasificar ambientes es necesario basarse en criterios firmes, como en los aspectos fisiográficos geológicos, edáficos, climatológicos o fisicoquímicos y relacionarlos con los aspectos biológicos, evaluando al recurso acuático, su estado evolutivo, sucesional y de productividad, temas que por el momento, son poco abordados en México. Los ambientes continentales acuáticos se dividen en ambientes lénticos o leníticos (cuerpos de agua estancada) y ambientes lóticos (de corriente). (Pearse, 1939 citado en Ortega *et al.*, 1995)

El presente trabajo está enfocado particularmente en ambientes lóticos (Tabla 1), los cuales corresponden a las aguas corrientes, cuyas moléculas se desplazan en una dirección definida, este flujo se realiza en un canal, todas las condiciones físicas, química y biológicas cambian desde los nacientes hasta las desembocaduras en un gradiente definido.

ANTECEDENTES

Precisar con exactitud cuando se iniciaron los estudios limnológicos en nuestro país es una tarea difícil, ya que gran parte de la información se encuentra dispersa y poco accesible. Una parte de la misma se encuentra publicada en revistas extranjeras y nacionales, que solo es posible conseguir en las bibliotecas antiguas o de manos de algunos investigadores. (Gómez y Arenas, 1987)

Las primeras investigaciones hidrobiológicas fueron realizadas hace medio siglo, y encontraron un campo fértil en los lagos Michoacanos (Pátzcuaro, Cuitzeo y Chapala). Desafortunadamente, parte de la tradición limnológica inicia en esta época por investigadores como Cuesta-Terrón, De Buen, Osorio-Tafall, Rioja y Álvarez del Villar, se ha perdido y no existe una continuidad, sobresaliendo solo algunos esfuerzos aislados. (Gómez y Arenas, op cit.)

- Gómez y Arenas (1987), hacen una reseña histórica de la ficología:
 - ✓ Menciona que el conocimiento de las algas tiene una larga tradición en el país. Durante la colonia merece mención la confección de diversos códices que relatan el uso de las algas.
 - ✓ La visita de Alejandro Von Humbolt entre 1803 y 1804 marcó el principio de una serie de exploración.
 - ✓ En el segundo tercio del siglo XX inicia el estudio de la ficología Nacional formalmente.
 - ✓ En el periodo de 1971 a 1983 florecieron los estudios y la explotación de *Spirulina* realizados por Claudia Santillán y Hubert Durand Chastel.
 - ✓ La década de los 80's tiene como nuevos investigadores a Rogelio Quintana Molina en el área de ficología marina en 1980 y a Margarita Casas Valdez en el área de ecología de algas intermareales en 1982.

- Carmona y Montejano, (1993), realizaron un estudio llamado "Caracterización Ficológica en manantiales de la cuenca baja del sistema hidrológico del Pánuco, México"; en el cual se presentan los resultados del estudio ficoflorístico de tres manantiales en la región de la Huasteca Potosina, en el que se analizan las diferencias y similitudes florísticas y su relación con algunos parámetros ambientales como la iluminación y velocidad de corriente. Se definieron los microambientes y las principales asociaciones algales que los caracterizan.

- Valadez *et al.*, (1996) con el artículo "Algas de ambientes lóticos en el estado de Morelos, México". Donde se muestran los resultados de tres localidades del estado de Morelos, registrando 100 especies algales, además de elaborar claves dicotómicas para cada una de las clases, se incluyen las descripciones para todas las especies acompañadas de fotografías y esquemas.

- Ramírez *et al.*, (2001), realizan el proyecto "Estudio de la flora algal de tres localidades del río la Magdalena, Distrito Federal, México", en el cual describen las especies con fotografías, incluyendo datos ambientales y referencias para México. Encontrando 11 nuevos registros para la flora algal del país.
- Juárez, (2005), realizo la Tesis "Microalgas en tres sistemas acuáticos del estado de México", en la que la composición por especies de arroyos del Parque Nacional Izta-Popo, muestra la presencia principal de la división Chrysophyta con 12 especies, las mas importantes son: *Amphora birugula*, *Navicula radiosa*, *Navicula platalea* y *Fragilaria capucina*. Con base en la composición de microalgas presentes y a las condiciones físico-químicas se ubica a la presa Valle de Bravo como un sistema eutrófico, a la presa Villa Victoria como mesotrófico y al arroyo Ameca del Parque Nacional Izta-Popo como oligotrófico.
- Miguel, (2006), elabora la Tesis "Estudio de las condiciones ambientales y composición microalgal en cuerpos de agua de los Parques Nacionales Izta-Popo, Zoquiapan y anexas". En el cual se hicieron 7 muestreos, reconociéndose 27 cuerpos de agua, determinando 47 especies microalgales de las cuales 27 de ellas pertenecen a la división Chromophyta, 11 Chlorophyta, 9 Cyanophyta y 2 Euglenophyta predominando las diatomeas. Se muestran fotografías de algunas especies encontradas.
- Franco *et al.*, (2006), "Estudio limnológico y ficológico en el río Apatlaco, Puebla". Se evaluaron algunos parámetros limnológicos básicos, así como la composición y densidad ficológica en el periodo comprendido de marzo a noviembre de 2004. Las especies mas representativas fueron *Cocconeis placentula*, *Cymbella sp.*, *Fragilaria sp.*, *Mougeotiopsis calospora*, *Navicula sp.*, *Prasiola mexicana*, *Pinnularia sp.*, *Rhoicosphenia curvata*, *Denticula elegans*, *Anomoeoneis sphaerophora* y *Spirogyra micropuntata*.
- Higuera *et al.*, (2006), "Estudio limnológico y de algas en el arroyo el Salto, Municipio de Tétela del Volcán, Morelos, México", donde observaron e identificaron a *Cocconeis placentula*, *Diatoma hiemale*, *Fragilaria sp.*, *Cymbella minuta*, *Pinnularia brevicostata*, *Navicula sp.*, *Spirogyra micropuntata* y *Oscillatoria tenuis*. Siendo la mas abundante el genero *Navicula*. Además de haber tomado parámetros físicos y químicos.
- Juárez *et al.*, (2006), "Estudio limnológico y de microalgas del arroyo El Salto, municipio de Tétela del Volcán, Morelos", se evaluó la hidrológica a través de parámetros físico-químicos y se obtuvo una lista de macroalgas como: *Spirogyra micropuntata*, *Prasiola mexicana*, *Mougeotiopsis calospora*, *Rhizoclonium crassipellitum*, *Oscillatoria tenuis*, *Ulothrix aequalis*, *Lyngbya aestuarii*, *Cladophora glomerata*, *Mougeotia scalaris* y *Stigeoclonium lubricum*.
- Balbuena, (2007), plasma la tesis "Análisis de la composición y densidad de la microflora ficológica en manantiales y arroyos del Parque nacional Izta-Popo". Realizó análisis de parámetros físicos como: oxígeno, temperatura y pH, parámetros químicos y biológicos como: alcalinidad, dióxido de carbono, dureza, nutrimentos, biomasa, densidad algal,

cantidad de clorofilas e identificación de microalgas de las que se determinaron 65 especies de las cuales 61 especies pertenecen a la división Heterokontophyta y 4 especies de la división Chlorophyta. Los sistemas lóticos estudiados son oligotróficos.

- Gómez *et al.*, (2007), evalúan calidad de recursos hídricos en los Parques Izta-Popo, Zoquiapan y Áreas Anexas, realizaron 4 muestreos entre julio y noviembre del 2001. Se analizaron 69 muestras de agua en diferentes tipos de escurrimientos, así como pozos y manantiales en 18 municipios. Se observó que gran parte del recurso acuático es desviado en ramales destinados para uso potable, actividades industriales y agrícolas. La mayoría de los parámetros en las cuatro subcuencas manifestaron un comportamiento en función de la altitud. A mayor altitud los parámetros como: temperatura ambiente y del agua, pH, alcalinidad, dureza total, pOR, conductividad, DBO, DQO, coniformes totales y fecales, registraron menores concentraciones en comparación con los que se encuentran a menores altitudes. En cada una de las subcuencas los escurrimientos que se ubican a mayor altitud y algunos a menor altitud han sido poco deteriorados por actividades antropogénicas, a diferencia de los que se encuentran cercanos a las manchas de población rural, suburbana y urbana.

ZONA DE ESTUDIO

El proyecto de investigación se realizó en las áreas de influencia del Iztaccíhuatl y el Popocatepetl que forman parte del Parque Nacional Izta-Popo, área natural protegida decretada en 1935 para la conservación de sus bosques en riesgo por la deforestación intensiva, los incendios forestales provocados y el sobre pastoreo. (Chávez, 2003)

Para el desarrollo de pequeñas ciudades rurales el valor estratégico de estas montañas como reservas de agua reside en su gran cantidad de infiltración, que hace posible la recarga de sus acuíferos, dichos acuíferos proporcionan más del 70% de agua que se consume en la ciudad de México. De los escurrimientos de agua de lluvia y de deshielo de los glaciares de ambos volcanes dependen los pobladores vecinos para satisfacer sus necesidades de uso doméstico y agropecuarios. (Chávez, op cit.)

El presente proyecto se realizó en el Parque Nacional Izta-Popo con el fin de aportar el estado actual del Arroyo "La Compañía". La UNAM a través de la FES-Zaragoza en coordinación con la SEMARNAT realizan investigaciones con fines ecológicos que ayudan a la conservación de los sistemas acuáticos y corrientes de deshielo. Ya se han realizado estudios anteriores en los que se han localizado ríos y arroyos dentro del parque. (Miguel, 2006)

En el arroyo "La Compañía" se hace un análisis inicial de las condiciones hidrológicas y del bentos. El estudio se realizó en este arroyo por que es una corriente permanente de caudal considerable. La corriente del arroyo proviene del deshielo del Popocatepetl a través de la Barranca de Nexpayantla y es uno de los caminos por los que podría salir el flujo volcánico en caso de algún evento por lo que es de importancia ecológica tanto como histórica. Más adelante del sitio de muestreo este arroyo se entuba llevando su flujo al Municipio de Chalco. (López y Rivera, 1995)

UBICACIÓN GEOGRAFICA.

El arroyo La Compañía sitio de muestreo, se localiza en el municipio de Amecameca situado en las faldas del Eje Neovolcánico Transmexicano, dentro de la provincia del eje volcánico y en la cuenca del río Moctezuma-Pánuco. Sus coordenadas geográficas son longitud 98° 37' 34" y 98° 49' 10"; latitud 19° 3' 12" y 19° 11' 2". La altura sobre el nivel del mar es de 2,420 metros en la cabecera municipal. Se ubica en la porción sur del oriente del Estado de México. En la Región III Texcoco. Los límites del municipio son: al norte, el municipio de Tlalmanalco; al este el estado de Puebla; al sur, los municipios de Atlautla y Ozumba; y al oeste, los municipios de Ayapango y Juchitepec. (<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15009a.htm>)

El arroyo "La compañía" (Figura 1) tiene las siguientes coordenadas geográficas en el Estado de México 19°13' 50.9" Latitud Norte y 99°41'33.1" Longitud Oeste con una altitud de 2980 m.s.n.m., pertenece al río La Compañía y este a su vez a la subcuenca de Amecameca, corre a lo largo de la cañada Nexpayantla. (<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15009a.htm>)

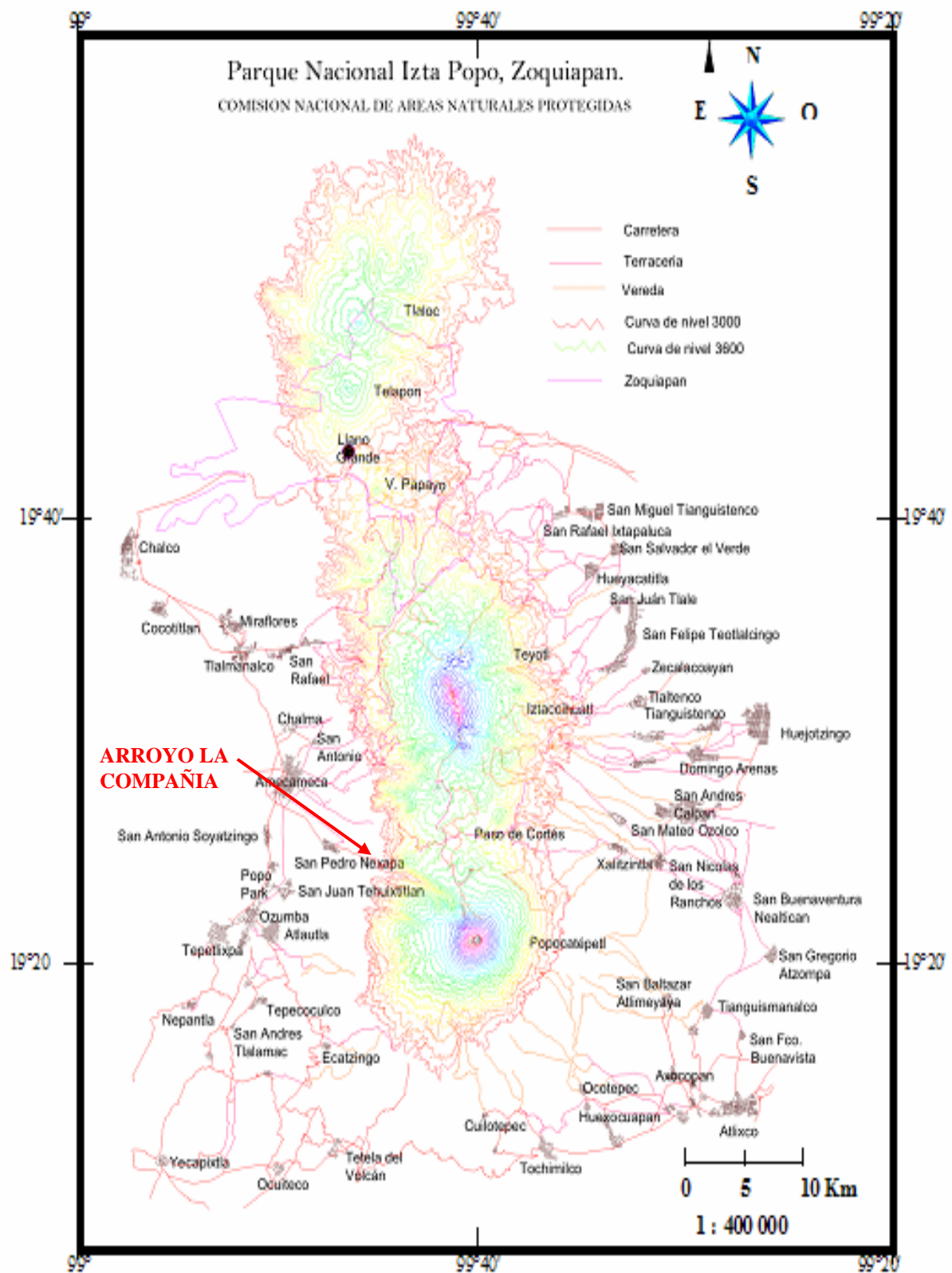


Figura1. Mapa de la ubicación y zona de muestreo. (http://iztapopo.conanp.gob.mx/img/map_reg.png)

DESCRIPCION DE LA ZONA

La superficie del municipio de Amecameca es de 181.72 kilómetros cuadrados. Ocupa el lugar número 44 por su extensión y representa el 0.8 por ciento del territorio estatal.

El Eje Neovolcánico Transmexicano es la cadena montañosa más importante de la región; recorre el territorio municipal de norte a sur y sus vertientes ocupan la mayor parte de la zona oriente. Su altitud promedio es de 4,000 metros sobre el nivel del mar. La sierra culmina en los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl. Al pie de los volcanes se extiende el valle de Amecameca. (<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15009a.htm>)

HIDROLOGIA:

Existen 4 ríos en el Parque Nacional Izta-Popo: Amecameca, Molinos, Akal y Atila que son escurrimientos menores. La hidrología de los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatepetl es característica de las zonas altas de una cuenca, en este caso de las cuencas de México y del Balsas. Las pendientes pronunciadas en las zonas montañosas contribuyen favoreciendo el escurrimiento.

La totalidad de los ríos, arroyos y manantiales del municipio de Amecameca se alimentan por los escurrimientos de la Sierra Nevada. La red hidrológica cubre toda la zona gracias al deshielo permanente de los volcanes. En la época de lluvias aumentan considerablemente los escurrimientos y se forman innumerables arroyos y riachuelos; asimismo, el caudal de los ríos es mayor. Los cauces principales son: en la zona norte, el arroyo Chopanac, el cual se une más adelante al río de Tlalmanalco; en la zona centro-norte corren los arroyos Almoloya y Coronilla, que a su vez dan origen al río de Amecameca, proveedor de agua potable a la cabecera; en la zona sur, se encuentran los arroyos de Amilpulco, de La Ciénega, de Alcalican, tributarios del río Tomacoco y La Compañía, en la zona sur-este del municipio que corre por la barranca de Nexpayantla. (<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15009a.htm>)

CLIMA:

Presenta un clima templado subhúmedo Cb(w'2) con régimen de lluvias de mayo a octubre. La temperatura media anual entre 12 y 18°C; el mes más frío es enero con 3°C promedio, pero en febrero o diciembre la temperatura puede descender hasta -8°. El mes más caluroso es abril con 24° en promedio, pero la máxima temperatura extrema puede llegar hasta 34° en mayo o de 32° en octubre y diciembre. La precipitación anual es de 935.6 milímetros, febrero es el mes más seco (6.2 mm), seguido por diciembre (6.5 mm) y marzo (7.0 mm). Julio es el más lluvioso (341 mm), le sigue agosto (338 mm) y junio (321.4 mm). (García,2004)

VEGETACION:

Entre las plantas comestibles tenemos a los quelites, que se dan en forma silvestre y abundante en época de lluvias, entre otros se encuentran los quintoniles (*Amaranthus hybridus*), el quelite cenizo (*Amaranthus hybridus*), los "perritos" (*Antirrhinum majus*). En las partes más húmedas se encuentran una gran variedad de hongos comestibles, los más conocidos son: xochilillos, sanjuaneros (*Agaricus campestris*), paragüitas, xoletes (*Lyophyllum decastes*), xocooyoles, olotitos o mazorquitas (*Morchella* spp.), panzas, chilpanes, totopicles, cornetas grande (*Cantharellus aurantiacus*), escobetas (*Clavaria aurea* y *Clavaria cinerea*), mazayeles (*Boletus edulis*), venados (*Tricholoma flavovirens*), yemas (*Amanita caesarea*), tuzas (*Amanita calyptroderma*), enchilado (*Cantharellus floccosus*), cazahuates, juandieguitos o champiñón (*Agaricus bisporus*), duraznillo o membrillos (*Cantharellus cibarius*), colorados (*Hypomyces lactifluorum*), el huitlacoche (*Ustilago maydis*), y muchos otros más. (<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15009a.htm>)

Existen tres tipos de bosques en el área municipal: entre los 2,500 y 2,800 msnm, encontramos bosques de pinos (*Pinus moctezumae*), (*Pinus ayacahuite*), mezclados con encino (*Quercus* spp) y cipreses (*Cupressus lindae*). Los árboles son altos, a menudo alcanzan más de 30 metros de altura. Es la zona más perturbada por la deforestación, los incendios y las plagas. El ganado pasta con intensidad creciente e impide los renuevos. Significativas extensiones se han transformado en matorrales y eriales poblados por tepozán (*Ribes cilatum*), jarilla (*Senecio salignus*), majahuites (*Lupinus montanus*), zacate amacollado (*Achaetoregon mexicanus*) y un estrato herbáceo que consiste en una mezcla profusa de especies, algunas con usos medicinales como el estafiate (*Artemisa mexicana*), gordolobo (*Gnaphalium indicum*), epazote de zorrillo (*Quenopodium foetidum*), tabaquillo o carbonero (*Calamintha macrostema*) y árnica (*Heterotheca inuloides*). (<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15009a.htm>)

Entre los 2,900 y 3,400 msnm, se localiza un segundo piso de vegetación arbórea, formado por oyameles (*Abies religiosa*), que se encuentra principalmente en los cañones, mientras en las laderas, son dominantes los pinos y los cedros. Se hallan relictos de madroños (*Arbutus xalapensis*) y ailes (*Alnus firmifolia*). Las especies arbustivas y herbáceas no varían mucho del estrato anterior, pero no son tan abundantes gracias a que hay una conservación de la vegetación original. En el límite superior de éste piso se forma una masa original de oyameles o abetos donde mora una gran cantidad de ejemplares de la fauna silvestre. (<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15009a.htm>)

FAUNA:

En el Parque Nacional Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas, se tiene registrada la existencia de mamíferos con un total de 16 familias, 37 géneros y 52 especies, lo que significa el 30% del total de mamíferos existentes en el país, además contiene casi la mitad de las especies representadas en el Eje Neovolcánico Transversal. (<http://iztapopo.conanp.gob.mx/fauna.php>)

En el Eje Neovolcánico Transversal encontramos 10 especies endémicas, lo que representa el 19.2% de las que se registran para dicha área. Los altos endemismos de la región han sido

atribuidos a las características fisiográficas y topográficas de la misma, ya que conforma innumerables hábitats que han actuado como elementos aislantes. (<http://liztapopo.conanp.gob.mx/fauna.php>)

En la zona es notable la presencia de una especie que vive en esta zona, el conejo de los volcanes o teporingo (*Romerolagus diazi*); otros animales son: la musaraña (*Criptotis alticola*), conejos y liebres (*Sylvilagus florinadus*), ardillas (*Sciurus nelsoni*), coyote (*Canis latrans*), armadillo (*Dasipus novemcintus*). (<http://liztapopo.conanp.gob.mx/fauna.php>)

La NOM-059-ECOL-2001, considera en peligro de extinción (Tabla 2) al teporingo (*Romerolagus diazi*) cuyo proceso de extinción es indicador temprano de deterioro ambiental; y al coati o tejón de Cozumel (*Nasua nasua*). (<http://liztapopo.conanp.gob.mx/fauna.php>)

Tabla 2. NOM-059-ECOL-2001 (<http://portal.semarnat.gob.mx>)

FAMILIA	GENERO	ESPECIE	SUBESPECIE	NOMBRE COMÚN	CATEGORÍA	DISTRIBUCIÓN
Leporidae	<i>Romerolagus</i>	<i>R. diazi</i>		teporingo	P	Endémica
Procyonidae	<i>Nasua</i>	<i>N. nasua</i>	nelsoni	Tejón de Cozumel o coati	A	Endémica

P: en peligro de extinción, A: amenazada.

Con respecto a la avifauna, las zonas altas y montañosas propician el establecimiento de comunidades vegetales variadas, generando ambientes y microambientes de gran importancia para la supervivencia de innumerables especies de aves. La zona destaca debido a que el 75 % de las especies reportadas son residentes, y porque funciona como un punto de transición de las rutas migratorias entre el Pacífico y el Golfo de México, las aves presentes son: gavilancillo (*Falco sparverius*), águilas (, correcominos (*Geococcyx californianus*), codorniz (*Cyrtonyx montezumae*), lechuza (*Tyto alba*), búho grande (*Bubo virginianus*), cuervo (*Corvus corax*), ceniztonle (*Mimodes graysoni*), jilguero pinero (*Carduelis pinus*), calandria (*Icterus bullockii*), gorrión mexicano (*Carpodacus mexicanus*), azulejo trigueño (*Passerina caerulea*), tórtola colilarga (*Columbina inca*), coquito, chillón (*Otus asio*), tigrillo (*Pheucticus melanocephalus*), primavera (*Turdus migratorius*), carpintero (*Colaptes auratus*), colibrí (*Cyananthus latirostris*), chochoyota, seseto, mosquero cardenal (*Pyrocephalus rubinus*), cacaxtle (*Aphelocoma ultramarina*), tordo ojo rojo (*Molothrus aeneus*) y mulato azul (*Melanotis caerulescens*). Dentro de los insectos hay araña capulina (*Latrodectus mactans*), araña tigre (*Scytodes globula*), alacrán (*Centrurides spp.*), catarinas (*Epilachna varivestis*), mosquitos y gusanos. (<http://liztapopo.conanp.gob.mx/fauna.php>)

En cuanto reptiles y anfibios en la zona se tiene reportado el camaleón (*Phrynosoma sp.*), lagartijas (*Pseudoeurycea leprosa*, *Pseudoeurycea cephalica cephalica*, *Chiropterotriton chiroptera*, *Sceloporus aeneus bicanthalis*, *Sceloporus m. mucronatus*, *Sceloporus grammicus microlepidotus*, *Barisia i. imbricata*), y otros reptiles como; *Storeria storerioides*, *Thamnophis scalaris scalaris*, *Thamnophis eques*, *Crotalus triseriatus* (víbora de cascabel), y *Sistrurus ravus*. Los anfibios se registran, sobre todo hacia los 3,000 m de altitud, en los arroyos y aguajes, por ejemplo se encuentra

a la rana (*Hyla plicata*, *Hyla lafrentzi*) y al ajolote (*Rhyacosideran altamirani*). (<http://iztapopo.conanp.gob.mx/fauna.php>)

Muchas especies están en peligro de desaparición, por la cacería a que están expuestas. No se encuentran ya el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus mexicanus*), el mázate (*Mazama americana*), el gato montés (*Lynx rufus*), diversas aves y pájaros. (<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15009a.htm>)

CARACTERÍSTICAS Y USO DEL SUELO

En la región ocupada por los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatépetl el material parental de los suelos está formado por cenizas volcánicas y pómez (tefras) de diferentes edades, lo que ejerce un efecto sobre el desarrollo de los andosoles que ocupan grandes superficies. Las unidades del suelo características del declive occidental del Iztaccíhuatl se divide en cuatro tipos: Litosol, Andosol, Cambisol y Fluviosol.

En lo que se refiere a los usos del suelo, se observa una pérdida de superficie forestal del 20%, en los últimos 15 años. La mayoría de esta superficie se ha dedicado a la agricultura y a la ganadería.

También el renglón de erosión y tierras improductivas se ha elevado sensiblemente, lo que hace suponer que la pérdida de bosques se traduce en pérdida de suelo cultivable. Por otro lado la superficie agrícola y ganadera se ha visto afectada igualmente por el crecimiento urbano de la cabecera y sus delegaciones. (<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15009a.htm>)

JUSTIFICACIÓN

Con el fin de contribuir al conocimiento limnológico y ficológico de los sistemas lóticos en México, se estudió una corriente que nace en el Parque Nacional Izta-Popo, aportando así parámetros característicos del sistema, a lo largo de un ciclo anual. El estudio de la calidad del agua es de gran importancia dados los efectos de deterioro por asentamientos humanos, desarrollo industrial, agrícola, inadecuado manejo del recurso hídrico por desconocimiento y actividad turística que han llevado a la modificación o aún hasta la desaparición de las condiciones naturales del medio acuático. Las algas microscópicas son las que responden rápidamente a cambios ambientales ocasionados de manera natural o por las actividades humanas, por esto la composición de sus especies es un indicador de la calidad del agua en la que se encuentran, contribuyendo de esta forma el estado de conservación del Parque, además de contribuir al estudio integral que se realiza en el Parque Nacional Izta – Popo y zonas de influencia con la SEMARNAT.

HIPÓTESIS

La abundancia y diversidad de la flora ficológica del sistema lótico se presentará como una respuesta a ciertos parámetros morfométricos (velocidad de corriente, carga del caudal, perfiles de profundidad y tipo de sedimento), hidrológicos (temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto, bióxido de carbono, dureza total, dureza de calcio, alcalinidad, fosfatos, nitratos, nitritos y amonio). Se esperan obtener condiciones oligotróficas, ya que este cuerpo acuático tiene su origen en los deshielos de los volcanes, y está pobremente suministrado de nutrimentos y sin influencia humana. Sí el sistema presenta tales características entonces la flora ficológica presente serán especies de diatomeas bentónicas, filamentos de algas verdes y algas verde-azules, propias de éstos sistemas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Reconocer la composición de especies y densidad de la flora ficológica presente en el arroyo "La Compañía " en el Estado de México.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener las medidas morfológicas que caractericen a un sistema lótico: ancho, perfil de profundidad, velocidad de corriente, volumen del caudal y sus cambios a través de un ciclo anual.
- Evaluar la calidad del agua del sistema a través de los siguientes parámetros: pH, temperatura, oxígeno y bióxido de carbono disueltos, alcalinidad, dureza y nutrientes.
- Realizar el listado florístico de las algas presentes, (planctónicas, epífitas y epilíticas.)
- Evaluar la posible relación entre la hidrología del sistema estudiado con las especies algales registradas.

MATERIALES Y MÉTODO

El lugar de estudio es una corriente que surge dentro del parque, y como ya se mencionó está localizada en el "Arroyo la Compañía" que pertenece a la subcuenca de Amecameca en el sitio conocido como las Palomas en el Estado de México.

El sitio de muestreo se eligió por las siguientes características:

- ✓ Es un arroyo permanente de caudal considerable, cuya presencia de algas esta comprobada.

CAMPO

a) PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS:

Se realizarón 9 visitas a la zona de muestreo (Tabla 3), en cada una de ellas se llevó a cabo el registro del ancho, perfil de profundidad y velocidad de corriente, con estos datos se obtuvo la carga del caudal.

Tabla 3. Fechas de las colectas en campo.

MES	FECHA
Marzo A	4 de marzo de 2004
Marzo B	26 de marzo de 2004
Abril	29 de abril de 2004
Mayo	28 de mayo de 2004
Agosto	27 de agosto de 2004
Septiembre	23 de septiembre de 2004
Octubre	21 de octubre de 2004
Noviembre	18 de noviembre de 2004
Febrero	18 de febrero de 2005

- El perfil de profundidad se realizó tomando la medida del ancho del caudal y con base a esta se midió la profundidad cada 10 cm; posteriormente se realizó el mismo procedimiento 10 m debajo de la primera medida del ancho del caudal. (Wetzel y Likens, 1995)
- Velocidad de corriente se dejó un móvil (pequeño envase de plástico) que flotó en la superficie de la corriente y la velocidad de transporte equivalió a la velocidad de corriente del agua, registrando 5 veces el tiempo de transporte entre dos puntos y calculando un promedio. (Schwoerbel, 1975)

b) PARÁMETROS HIDROLÓGICOS Y DEL SEDIMENTO:

La toma de muestras para las determinaciones no tiene problema en corrientes pequeñas o poco profundas, fácilmente accesibles desde la orilla, como charcos y depresiones poco profundas. Se toma la muestra de agua directamente, para lo que son muy apropiadas las botellas de polietileno de 1 litro de capacidad, más ligeras que las de vidrio e irrompibles. Por lo que se sabe, no sueltan sustancias químicas en el agua. (Schwoerbel, 1975)

Se colocó un Termómetro (Brannan) de -10 a 120° dentro del agua, con una precisión de 0.1 (Schwoerbel, 1975), el Oxígeno con un oxímetro (YSI Incorporated) con precisión de 0.1 mg/L, la Conductividad con un conductímetro (Conductronic PCI8) con 0.1 de precisión y el pH con un Potenciómetro (PCI8) con 0.1 de precisión; así como también, se realizó la determinación de oxígeno (Método de Winkler), Bióxido de carbono (Método volumétrico), Alcalinidad Total (Método de indicadores), Dureza Total (Método complejométrico). (APHA, 1992)

Se analizó la composición del sustrato ya que es importante tanto para la población de la zona del fondo de las aguas remansadas y corrientes; por ello es necesario el análisis del sedimento según el tamaño de grano en las cuestiones y problemas biológicos. Se tomó del fondo del río la muestra de sustrato, 1 Kg aproximadamente con la ayuda de una pala pequeña y se colocó en bolsas de plástico. (Schwoerbel, 1975)

c) PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

Se destinaron 250ml de agua para el análisis de las algas para observarlas al microscopio, esta muestra se fijó con acetato de lugol (se utilizó por que les da más peso a las células y ayuda a una mejor sedimentación) para posteriormente se analizaron en el laboratorio a través del método de Uthërmohol. (Schwoerbel, op cit. y Contreras, 1994)

El sedimento, vegetación circundante, rocas, costras, natas y filamentos visibles se recolectaron en frascos de plástico, se fijaron con formol al 4% (ya que conserva las células en buen estado, además de fijar sus estructuras), y se llevaron al laboratorio para su posterior análisis. (Schwoerbel, op cit.)

La muestra de agua restante se llevó a conservación a 7°C en refrigeración para posteriores análisis en el laboratorio. (SEPESCA; 1986)

LABORATORIO

a) PARÁMETROS HIDROLÓGICOS Y DEL SEDIMENTO:

Se realizarón análisis de algunos nutrimentos importantes para determinar la calidad del agua como: amonio por el Método del fenato, nitratos por el Método del acidofenoldisulfónico, nitritos por el Método del ácido sulfanílico y ortofosfatos por el Método del fosfomolibdato. (APHA, 1992 y Contreras, 1994)

El sustrato recolectado (1 Kg.) se puso a secar en charolas, con ayuda de un juego de cribas de diferentes tamaños de malla (Tabla 4), que se colocaron unas encima de otras, se separaron las partículas según su tamaño. La muestra se colocó en la criba superior (la de malla más separada) y todo el juego de cribas se cierra con una tapadera y se agita. Después de 15 minutos se separaron las partículas y se pesaron por separado. (Schwoerbel, 1975)

Tabla 4. Tipo de partículas, abertura de malla y número de tamiz. (Schwoerbel, 1975)

NÚMERO DE TAMIZ	ABERTURA DE MALLA (mm)	TAMAÑO DE PARTÍCULA (mm)	TIPO DE PARTÍCULAS
6	3.36	6.3 a 2.0	Grava fina
8	2.38	6.3 a 2.0	Grava fina
50	0.297	0.6 a 0.2	Arena mediana
120	0.125	0.2 a 0.063	Arena fina

b) PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

Las muestras de algas se observaron con el microscopio invertido (Olympus IX70) a 40x para determinar las especies presentes por medio de claves para determinar a nivel de especie se utilizaron las siguientes claves: (Gilbert, 1950; Patrick y Reimer, 1975; Krammer, *et al*, 1998 y Jairo, 2004), a nivel de género (Prescott, 1962 y Palmer, 1982) y el Catálogo de Ortega, 1984, también se realizaron recuentos, por medio de cámaras de sedimentación que permitieron obtener su densidad. (Schwoerbel, op cit.)

Para obtener la densidad de la comunidad algal fue necesario seguir los siguientes procedimientos conforme a los métodos de Uthärmohol. (Schwoerbel, op cit; González, 1988; Sánchez y Ponce, 1996)

I. Para muestras de agua:

- ✓ Se colocaron 2 ml de muestra en la cámara de sedimentación, se dejó reposar la muestra por lo menos 24 horas.
- ✓ Se colocó la cámara de sedimentación bajo el microscopio invertido y se enfocó con el objetivo a 40x para la observación de los organismos.
- ✓ Se analizaron de 10 a 20 campos, registrándolos en una libreta.

II. Para muestras de sedimento:

- ✓ Se pesó la cámara de sedimentación antes de colocar la muestra
- ✓ Se colocó 1mg de muestra en la cámara de sedimentación.
- ✓ Se dejó reposar la muestra.
- ✓ Se pesó la cámara de sedimentación con la muestra.
- ✓ Se colocó la cámara de sedimentación bajo el microscopio invertido y se observó con el objetivo a 40x los organismos.
- ✓ Se analizaron de 10 a 20 campos, registrándolos en una libreta.

(Ramírez, 2004)

GABINETE:

a) PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS:

I. Para conocer el volumen del caudal fue necesario obtener los siguientes cálculos. Al registrar todos los resultados de los procedimientos mencionados (velocidad, perfil de profundidad y ancho del caudal); se calculó la carga del caudal mediante las siguientes fórmulas:

i. Carga $Q = A \times V$

En donde:

$Q =$ Carga cm^3 / seg

$A =$ Área cm^2

$V =$ Velocidad cm/seg

Área de la boca del cuadrángulo $B \times h$

ii. Velocidad en cm/seg . (Wetzel y Likens, 1995)

Esta fórmula es ideal para una profundidad constante, por lo cual se toma una profundidad promedio (Figura 3) que resulta de todas las profundidades tomadas cada 10 cm a lo ancho del arroyo, que lleva a una estimación del caudal. (González, 1988; Wetzel y Likens, 1995; Sánchez y Ponce, 1996)

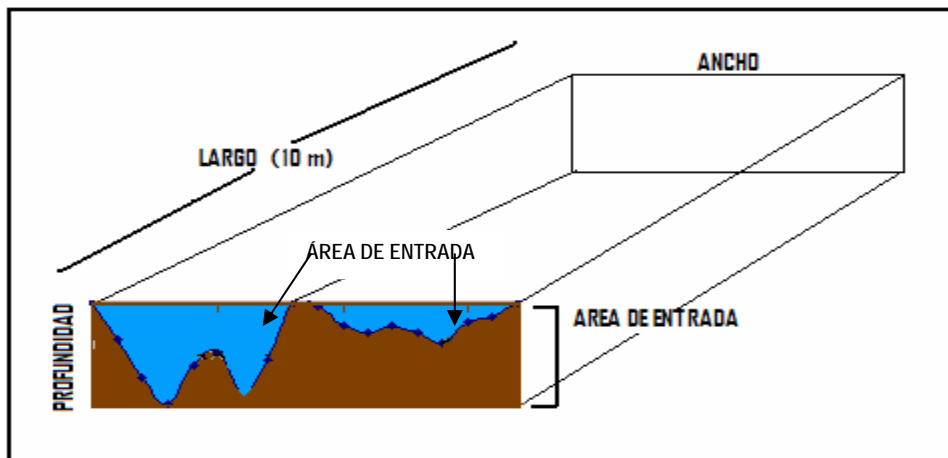


Figura 2. Representación real del perfil de profundidad de un arroyo.

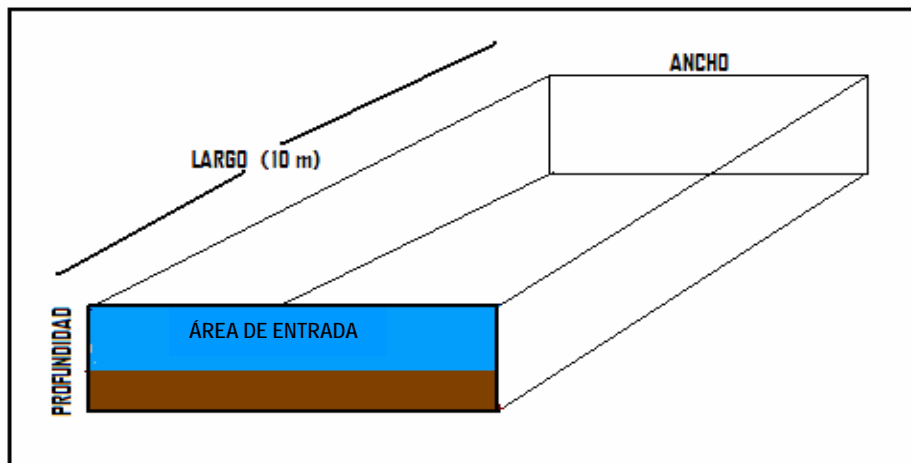


Figura 3. Representación de un arroyo con una profundidad promedio.

Otro método para calcular el volumen del caudal ha derivado del método de área bajo la curva.

- i. Se dividió el ancho del arroyo en segmentos cada 10 cm y se tomó el valor más alto de la profundidad en esos 10 cm, para así poder tener rectángulos a los cuales se les sacó su área con la fórmula: $A=B \times h$. (Figuras 2 y 3)

A= Área del rectángulo

B= Base del rectángulo

h= Altura del rectángulo

- ii. Después se utiliza la siguiente fórmula: $Q=V(A_1+A_2+A_3+A_4+ A_\infty)$

Q= Carga del caudal

V= Velocidad de corriente

A_1 = Área del rectángulo (1) hasta el último rectángulo. (Franquet, 2003)

El método de área bajo la curva se realizó, tomando profundidades cada 10 cm. A partir de la profundidad se sacó el área de cada rectángulo, ya que se obtuvieron las áreas de todos los rectángulos cada 10 cm se sumaron todas las áreas. Con lo que obtuvimos una evaluación de la carga del caudal del sistema. (Figuras 4 y 5)

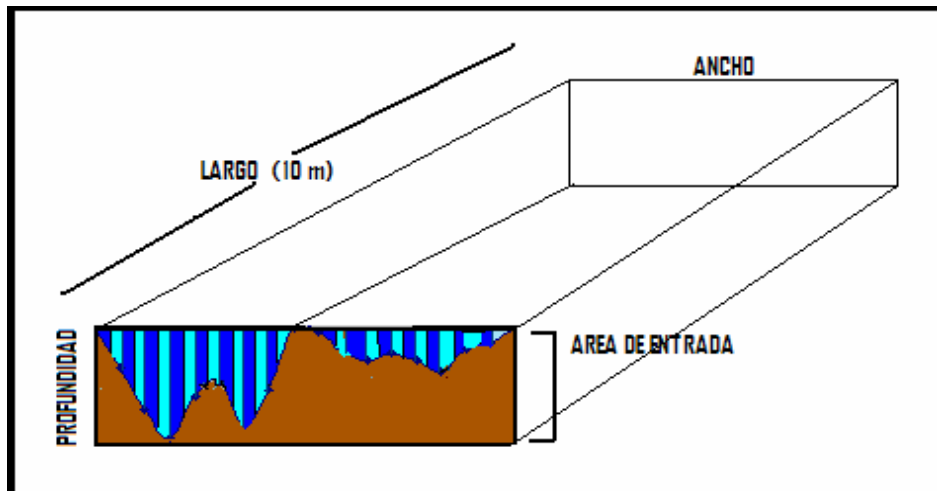


Figura 4. Representación real del perfil de profundidad del arroyo dividido en segmentos iguales.

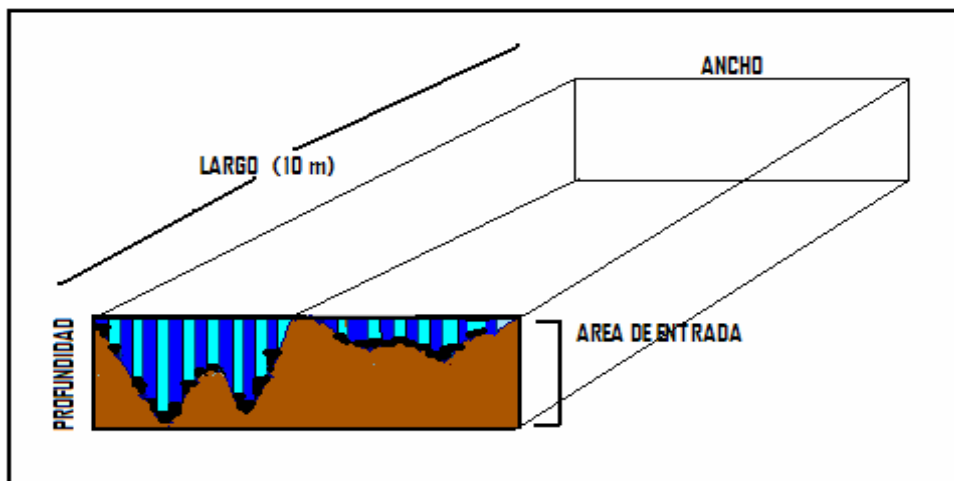


Figura 5. Representación del arroyo dividida en rectángulos.

II. Los resultados son mostrados en gráficos:

Profundidad, velocidad, volumen del caudal y sedimento (por tipo de partícula), todos los parámetros contra tiempo.

b) PARÁMETROS HIDROLÓGICOS:

Contra tiempo se graficaron Temperatura, pH, Oxígeno disuelto, Bióxido de carbono, Alcalinidad total, Dureza de calcio, Dureza total, Amonio, Nitratos, Nitritos, Fosfato, para saber si existe alguna relación con respecto al crecimiento algal y los nutrientes; la presencia de alguna especie algal en particular con algún parámetro hidrológico, biológico o morfométrico y comparar los resultados de los parámetros hidrológicos contra algún criterio y las Normas: NOM-127-SSA1-1994 (<http://www.facmed.unam.mx/sss/nom/normas%20oficiales.htm>) y La NOM-001-ECOL-1996. (<http://portal.semarnat.gob.mx>)

c) PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

Se realizó un listado florístico con las especies presentes durante todo el ciclo.

- Se utilizarón claves para determinar las especies algales a nivel de especie.
- Para obtener la densidad de las algas fue necesario realizar el siguiente procedimiento:

En primer lugar para calcular el número de células por unidad de volumen de muestra fue necesario conocer:

- El diámetro de la cámara de sedimentación.
- Área de la cámara de sedimentación

Los cálculos para obtener el número de células por volumen de agua se hace siguiendo las fórmulas:

I. Área de sedimentación:

$$A = \pi r^2 \text{ en } \text{mm}^2$$

II. Número total de campos para cada cámara:

$$\frac{1 \text{mm}^2}{\text{Área de la cámara de sedimentación}} = \frac{6.25 \text{ campos a } 40x}{X}$$

III. Número de organismos en 10 campos:

$$\frac{\# \text{ de organismos}}{X} = \frac{10 \text{ campos}}{\# \text{ total de campos para cada cámara.}}$$

IV. Número de organismos en 1 litro de agua (muestras de agua) y en 1mg (muestras de sedimento)

$$\frac{\# \text{ de organismos en } 10 \text{ campos}}{X} = \frac{1 \text{ml}}{1000 \text{ml}}$$

$$\frac{\# \text{ de organismos en } 10 \text{ campos}}{X} = \frac{\text{peso del sedimento en la cámara de sedimentación}}{1 \text{mg}}$$

(Sánchez y Ponce, 1996; Ramírez, 2004)

Se aplicaron análisis exploratorios de los datos, el cual proporciona al analista una serie de técnicas para explorar los valores numéricos y centrar la atención en sus características prominentes por medio de novedosos resúmenes numéricos y gráficos. (Salgado, 1992)

El modelo que se utilizó fue el de diagrama de cajas múltiples, dado que el número de datos es pequeño y no es adecuada la aplicación de métodos estadísticos paramétricos, como el análisis de varianza que exige una distribución al azar, una distribución normal y una igualdad de varianzas. (Salgado, op cit.)

Se realizaron correlaciones entre la densidad de organismos y algunos parámetros, estadístico que ayudó a describir el comportamiento de los resultados obtenidos. (Milton *et al.*, 2001)

Se realizaron métodos estadísticos como: la prueba H de Kruskal-Wallis que es una prueba no paramétrica para escalas ordinales que no asume que la población siga una distribución normal y correlación de Spearman prueba no paramétrica que mide la asociación o interdependencia entre dos variables discretas. (Bonilla, 2001 y Chou, 1986)

RESULTADOS

a) PARAMÉTROS MORFOMÉTRICOS

PERFILES DE PROFUNDIDAD

Los perfiles de profundidad se obtuvieron con el fin de observar el tamaño de las fluctuaciones en cuanto a la profundidad del cauce del arroyo en el sitio de muestreo a lo largo de un ciclo anual, (anexo 1 se encuentra la base de datos). En el anexo 5 se muestra el análisis exploratorio de datos que consistió en los diagramas de caja y bigote que se realizaron para describir el comportamiento de los datos.

Se aprecia que la profundidad del sitio de muestreo, tuvo el valor más alto en el mes de septiembre que corresponde a época de lluvias con un promedio de 9.0 cm y el mes menos profundo corresponde a febrero con un promedio de 1.6 cm. De igual forma se puede observar que el ancho del arroyo va variando dependiendo la época de lluvias y secas. El mes que presentó el ancho más grande es octubre con 200 cm y el menos ancho se registró en abril con 160 cm. Se realizó la prueba H de Kruskal-Wallis ($H= 5.727$; $P<0.05$) donde se obtuvo diferencias estadísticas entre los diferentes meses de los muestreos. (Figura 6)

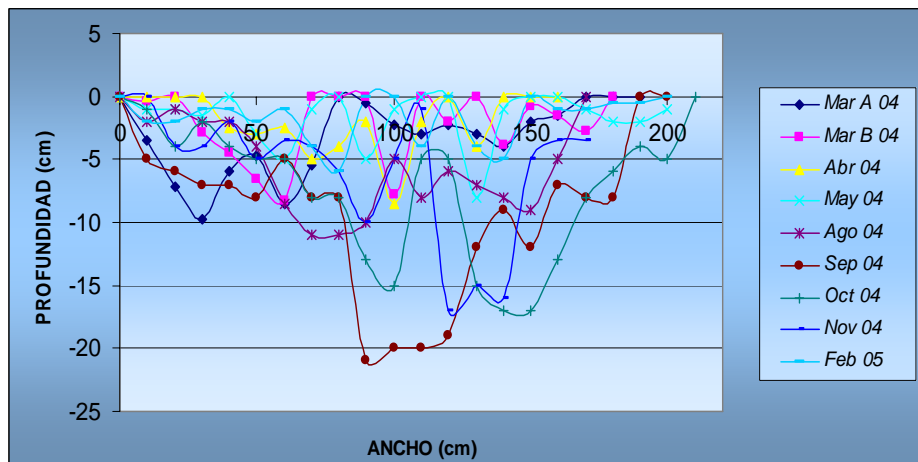


Figura 6. Perfiles de profundidad del arroyo "La Compañía" a lo largo del estudio.

Se muestra en la grafica una comparación de los perfiles más y menos profundos, observando que el perfil menos profundo corresponde a febrero con un promedio de 1.6 cm de profundidad por lo que se considera el menos profundo en todo el ciclo. El perfil más profundo es el mes de septiembre con un promedio de 9.0 cm de profundidad, además de ser más ancho que el de febrero. (Figura 7)

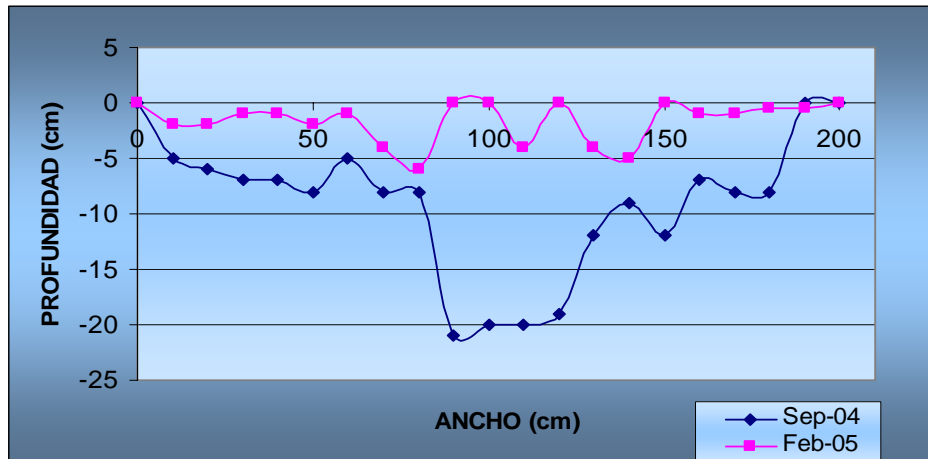


Figura 7. Perfiles más y menos profundos, a lo largo del ciclo.

VELOCIDAD DE CORRIENTE

La velocidad de corriente es un parámetro que nos determina la distancia a la que avanza el agua en un determinado tiempo. (Véase anexo 1 para consultar datos completos).

Se muestra la variación de la velocidad de corriente del arroyo a lo largo del ciclo, mostrando una disminución en los meses de noviembre, marzo, y mayo, un aumento en los meses de septiembre y octubre. En el mes de septiembre se presentó la velocidad de corriente máxima con 65.84 cm/seg y una mínima de 28.16 cm/seg en el mes de marzo A, con tendencia a aumentar durante la época de lluvias y una disminución en época de primavera. (Figura 8)

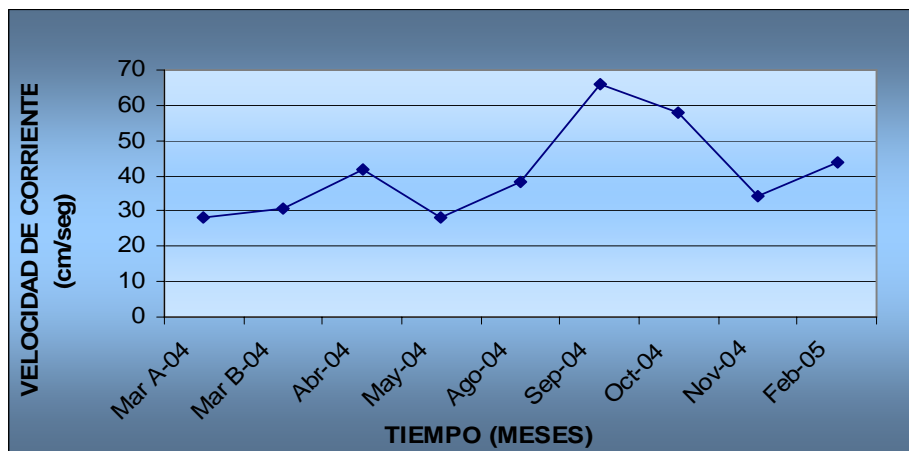


Figura 8. Velocidad de corriente del arroyo.

CARGA DEL CAUDAL

Se registró una carga del caudal mínima de 9.03 L/seg en el mes de mayo y una máxima de 119 L/seg en el mes de septiembre. Con el método de área bajo la curva se registro un mínimo de 9.4 L/seg en el mes de mayo y un máximo de 125.09 L/seg en el mes de septiembre. Observándose así, que las dos graficas son prácticamente iguales, véase anexo 1. (Figura 9)

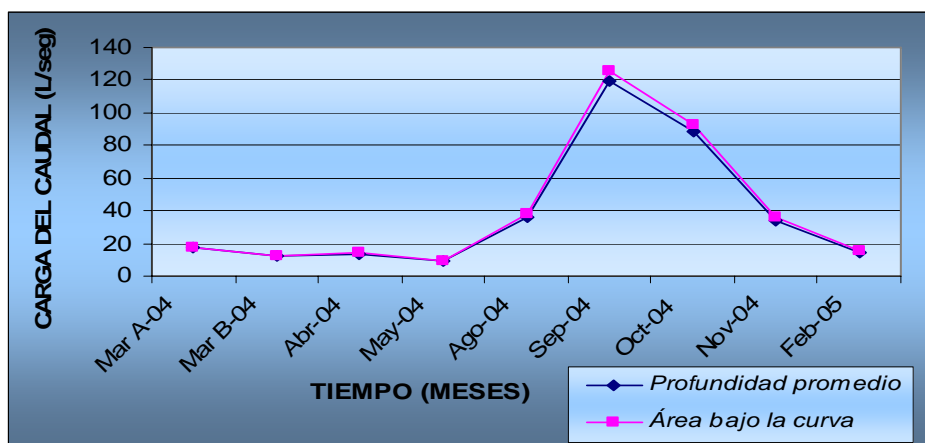


Figura 9. Carga del caudal del arroyo.

SEDIMENTO (TAMAÑO DE PARTICULA)

El tamaño de partícula más abundante es la arena mediana (0.6-0.2 mm) y la menos abundante es la arena fina (0.2-0.063 mm) y la grava fina (2.38 mm). (Figura 10)

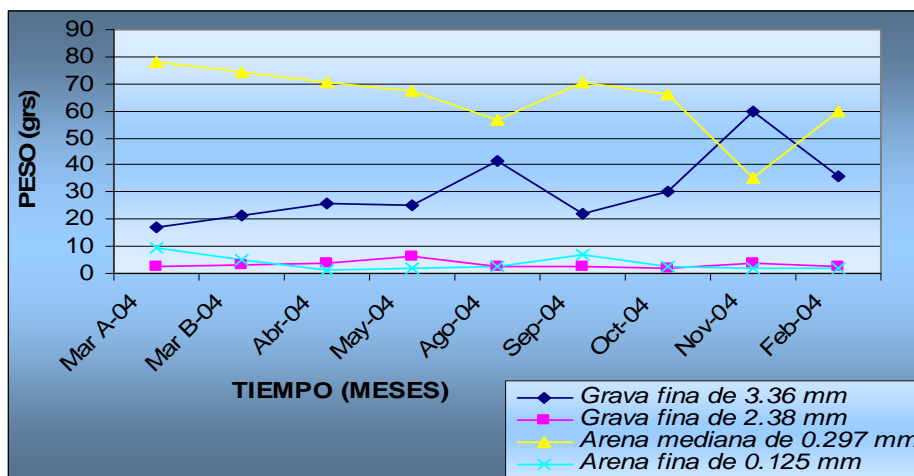


Figura 10. Tamaño de partícula.

CONDUCTIVIDAD

La conductividad presenta un valor máximo de 102.6 μS en el mes de marzo A y un mínimo de 70.5 μS en el mes de septiembre. Su comportamiento es casi homogéneo, conforme pasa el tiempo va descendiendo hasta septiembre, al siguiente mes empieza a aumentar hasta febrero. (Figura 11)

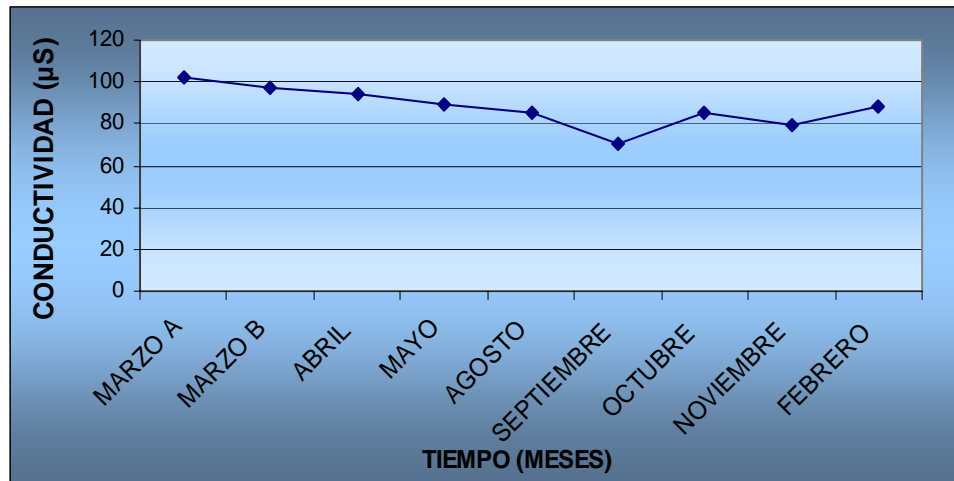


Figura 11. Conductividad (μS) del arroyo "La Compañía"

b) PARAMÉTROS HIDROLÓGICOS

TEMPERATURA DEL AGUA Y AMBIENTE

La temperatura del agua a lo largo del ciclo mostró una temperatura máxima de 15°C en el mes de mayo y una mínima de 10.5 °C en los meses de septiembre y noviembre. Se registró la temperatura ambiental más alta en el mes de febrero con 18 °C y la mas baja en noviembre con 11.5 °C. (Figura 12)

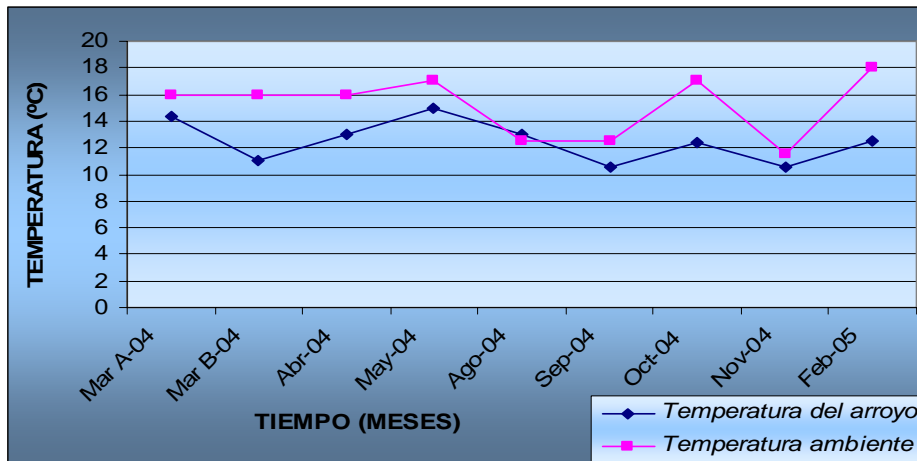


Figura 12. Temperatura del agua y ambiente del arroyo "La Compañía".

pH

El pH del arroyo durante los meses muestreados presentó un intervalo de 6.42 a 9.26, el valor más alto se registro en el mes de noviembre y el más bajo en el mes de agosto. (Figura 13)

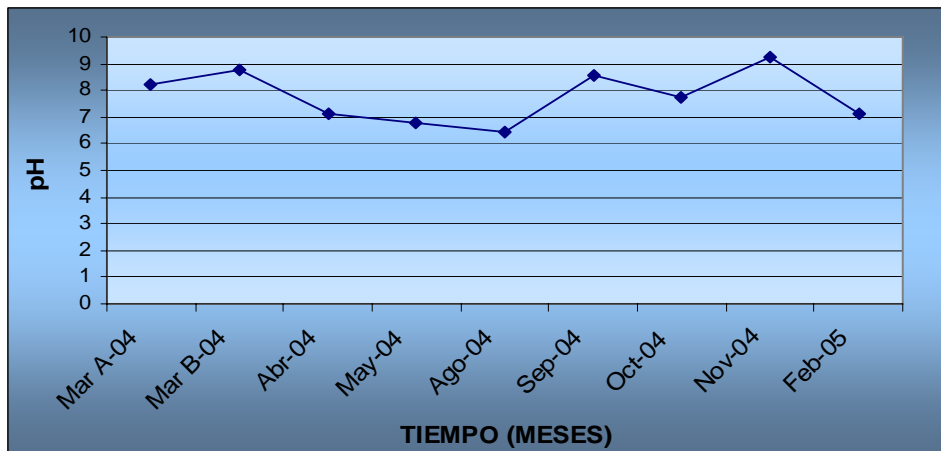


Figura 13. pH

OXIGENO DISUELTO Y BIOXIDO DE CARBONO

El oxígeno disuelto presenta un valor máximo de 6.2 en el mes de agosto, un mínimo de 4.2 en abril y un promedio de 5.02 mg/L. El bióxido de carbono presenta un promedio de 1.58 mg/L, un máximo de 2.86 mg/L en el mes de agosto, en marzo A y abril no se detecto. (Figura 14)

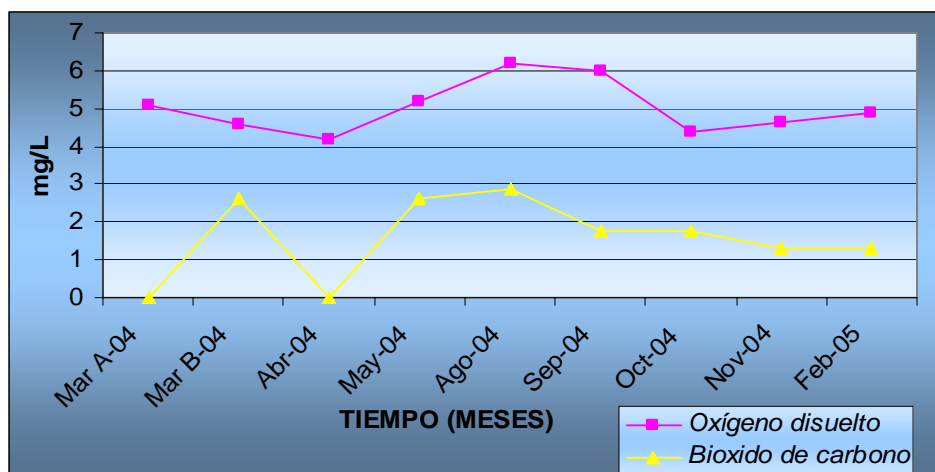


Figura 14. Oxígeno disuelto y bióxido de carbono.

PORCENTAJE DE SATURACIÓN DE OXÍGENO

El porcentaje de saturación de oxígeno, se comporta igual que la de oxígeno disuelto. El mes con mayor porcentaje de saturación fue el mes de agosto con 85% y el menor fue el mes de abril con 58 % de saturación de oxígeno. (Figura 15)

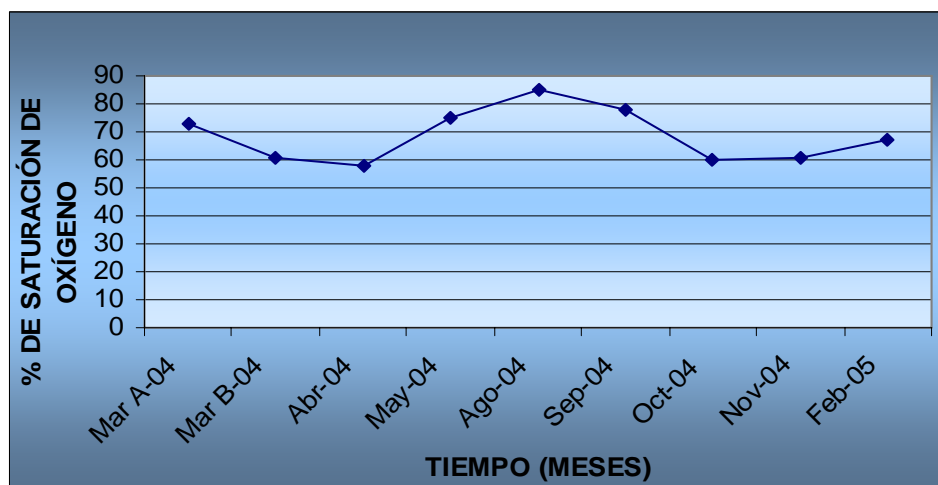


Figura 15. Porcentaje de saturación de oxígeno

DUREZA TOTAL Y DUREZA DE CALCIO

En general la dureza total presentó un comportamiento variable a lo largo del tiempo, con valores constantes en los meses de septiembre, octubre, noviembre y febrero. El valor máximo es de 147 mg/L en el mes de agosto y un mínimo de 45 mg/L en marzo A. La dureza de calcio se presenta con tendencia a ir aumentando a través del tiempo con excepción en el mes de abril que se dispara el valor haciéndose el mes mas alto con 35.6 mg/L y un valor mínimo en el mes de marzo A con un valor de 8 mg/L. (Figura 16)

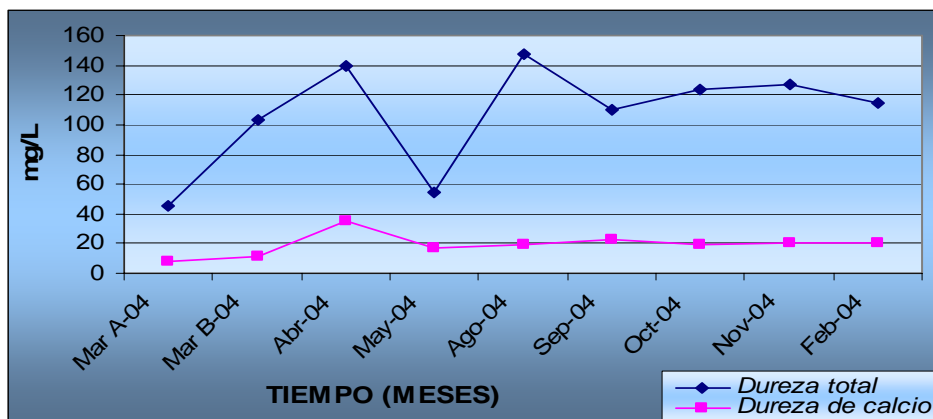


Figura 16. Dureza total y dureza de calcio.

ALCALINIDAD TOTAL

El grafico muestra una alcalinidad total variable, con un valor máximo de 72.5 mg/L en el mes de marzo A y un mínimo de 31.5 mg/L en el mes de agosto, con tendencia a aumentar en los meses de noviembre, febrero y marzo A, y a disminuir de mayo a agosto. (Figura 17)

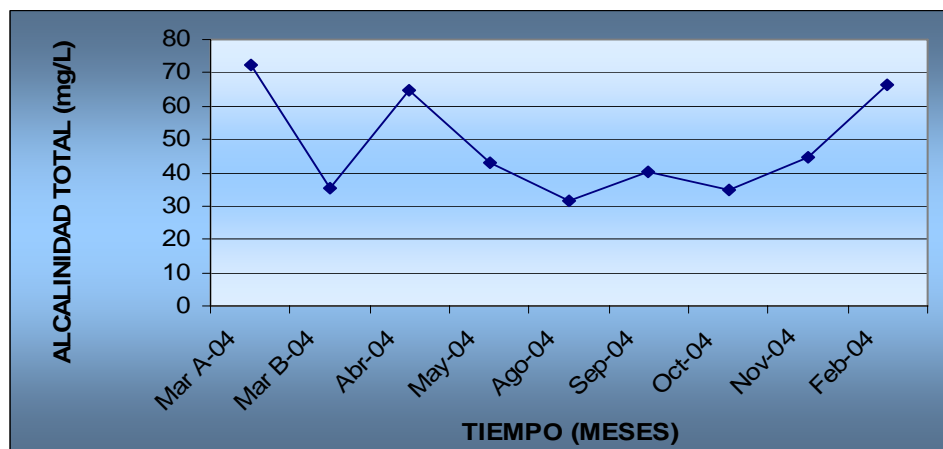


Figura 17. Alcalinidad total

NITRITOS, NITRATOS Y AMONIO

Se presentan valores constantes de nitritos con un aumento en febrero con un valor máximo de 0.054 mg/L y un valor mínimo de 0.006 mg/L en abril. Los valores de nitratos son constantes con un aumento en abril con un valor máximo de 0.05 mg/L y un valor mínimo de 0.0006 mg/L en octubre. El amonio presenta un valor máximo de 0.0320 mg/L en agosto y un mínimo de 0.000294 mg/l en marzo A, abril, mayo, septiembre, noviembre y febrero. (Figura 18)

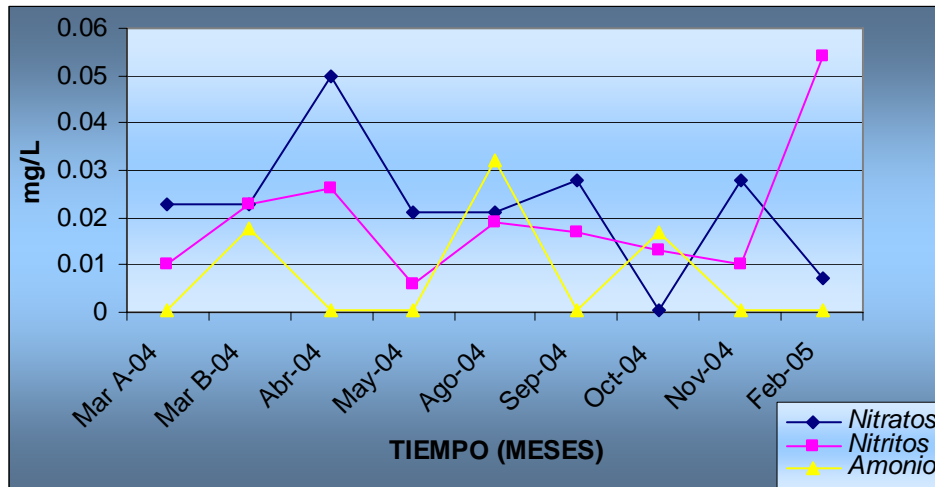


Figura 18. Nitritos, nitratos y amonio.

ORTOFOSFATOS

Se observa una disminución en los valores, quedando como valor máximo el mes de marzo A con un valor de 0.144 mg/L y un mínimo de 0.092 mg/L en los meses de septiembre, octubre y febrero. (Figura 19)

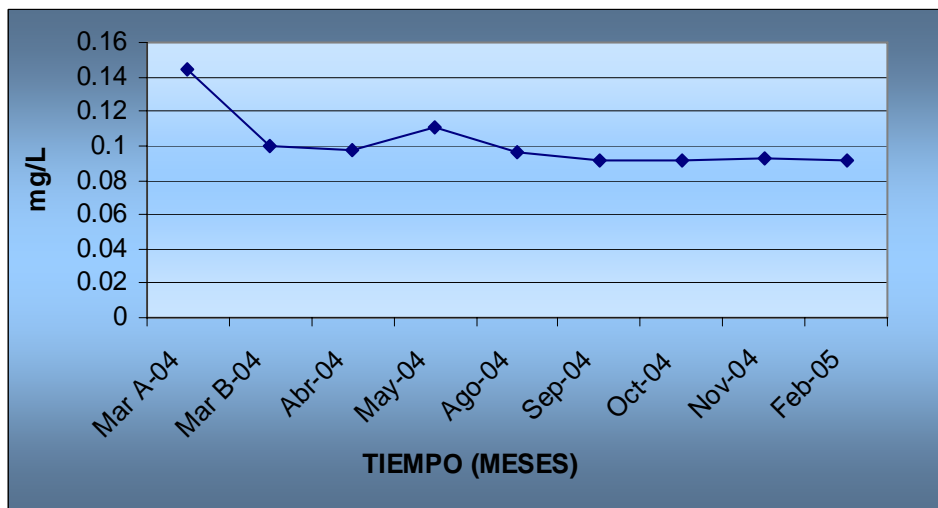


Figura 19. Ortofosfatos.

c) PARÁMETROS BIOLÓGICOS

La tabla 5 muestra las algas que se encontraron en las muestras analizadas, clasificándolas taxonómicamente de acuerdo a Van den Hoek, *et al.*, (2002).

Y la tabla 6 muestra la presencia y ausencia de las especies en cada mes muestreado en sedimento y agua. En el anexo 5 se muestran los diagramas de caja y bigote realizados para analizar los datos obtenidos durante los muestreos.

Tabla 5. Especies registradas.

DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	ESPECIE	FIGURA
Cyanophyta	Cyanophyceae	Nostocales	<i>Anabaena sp.</i> Bory	
			<i>Spirulina sp.</i> Turpin	
		Oscillatoriales	<i>Oscillatoria formosa.</i> Vaucher	34
Chlorophyta	Chlorophyceae	Ulotrichales	<i>Cylindrocapsa sp.</i> Reinsch	
			<i>Ulothrix aequalis.</i> Kutzing	
	Zygnematophyceae	Desmidiiales	<i>Closterium sp.</i>	35
			<i>Staurastrum longiradiatum.</i> W. West ot G. S. West	
		Zygnematales	<i>Mougeotia scalaris.</i> Hassal	
			<i>Spyrogira micropunctata.</i> Transeau	36 y 37
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Pennales	<i>Amphora birugula.</i> Hohn	
			<i>Caloneis bacillaris.</i> (Grun) A. Cl.	
			<i>Cocconeis placentula.</i> Boyer	38
			<i>Cymbella minuta.</i> Berk	
			<i>Cymbella postrata.</i> Hilse	39
			<i>Diatoma hiemale.</i> Roth	40
			<i>Diploneis puella.</i> Schum	
			<i>Fragilaria capucina.</i> Rabh	
			<i>Gomphonema ventricosum.</i> Agardh	41
			<i>Navicula gastrum.</i>	42
			<i>Navicula platalea.</i> Ehrenberg	42
			<i>Navicula sp.</i> Ehrenberg	42
			<i>Nitzschia sp.</i>	43
			<i>Pinnularia viridis.</i> Nitz	44
			<i>Rhoicosphenia curvata.</i> Kütz	
		<i>Tabellaria fenestrada.</i> Berlin, (Lynab.) Kütz	45	
Centrales	<i>Melosira sp.</i>	46 Y 47		

Tabla 6. Presencia-ausencia de las especies presentes en sedimento y agua, del arroyo "La Compañía".

DIVISIÓN	NOMBRE DE ESPECIE	Mar A	Mar B	Abr	May	Agos	Sep	Oct	Nov	Feb
Cyanophyta	<i>Anabaena sp.</i>	X		X	X	X		X		X
	<i>Oscillatoria formosa.</i>	X	X		X	X		X		
	<i>Spirulina sp.</i>	X	X	X						X
Chlorophyta	<i>Cilindrocapsa sp.</i>	X	X							
	<i>Closterium sp.</i>									X
	<i>Mougeotia scalaris.</i>		X	X		X			X	
	<i>Spirogyra micropunctata.</i>				X	X		X		
	<i>Staurastrum longiradiatum.</i>				X				X	X
	<i>Ulothrix aequalis.</i>	X	X	X		X		X		X
Heterokontophyta	<i>Amphora birugula.</i>			X						X
	<i>Caloneis bacillaris</i>									X.
	<i>Cocconeis placentula.</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Cymbella spp.</i>		X	X		X	X	X		X
	<i>Diatoma hiemale.</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Diploneis puella.</i>		X							
	<i>Fragilaria capucina.</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Gomphonema ventricosum.</i>	X	X	X	X	X	X	X		X
	<i>Melosira sp.</i>			X		X	X	X		X
	<i>Navicula spp.</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Nitzschia sp.</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	<i>Pinnularia viridis.</i>	X	X		X	X	X	X		X
	<i>Rhoicosphenia curvata.</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Tabellaria fenestrata.</i>	X		X		X	X			X	

X= Presencia

En la tabla 7 se muestran las densidades de organismos encontradas en las muestras agua y sedimento.

Tabla 7. Densidad de organismos en agua y sedimento.

SALIDAS	DENSIDAD EN AGUA org/ml	DENSIDAD EN SEDIMENTO org/mg
Marzo A	974	2,883
Marzo B	1,025	5,478
Abril	828	874
Mayo	2,044	1,161
Agosto	1,287	1,159
Septiembre	919	962
Octubre	87	439
Noviembre	765	616
Febrero	1,130	1,893

DENSIDAD DE ORGANISMOS EN AGUA

Se muestra que el mes con mayor densidad en agua es mayo con una densidad de 2,044 org./ml y el mes con menor densidad es octubre con 87 org./ml. (Figura 20)

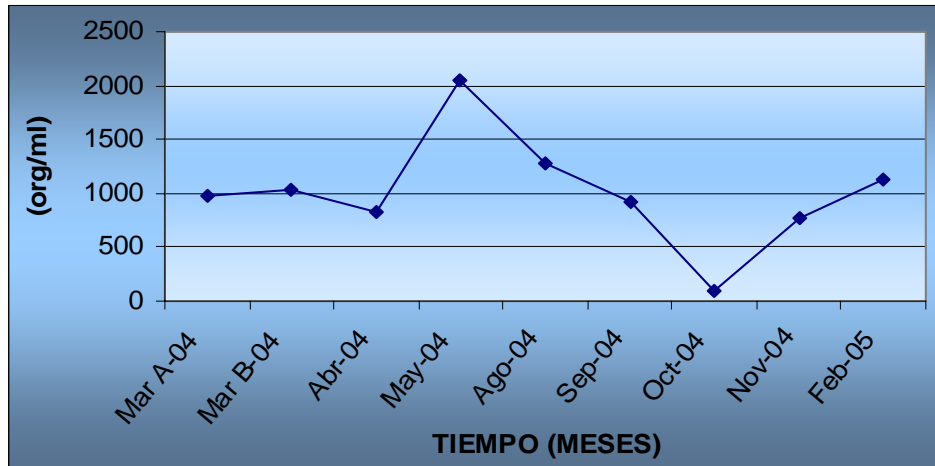


Figura 20. Densidad de organismos en agua.

DENSIDAD DE ORGANISMOS EN SEDIMENTO

El mes con mayor densidad en sedimento es marzo B con 5,478 org./mg y el menor es de 439 org./mg en octubre. (Figura 21)

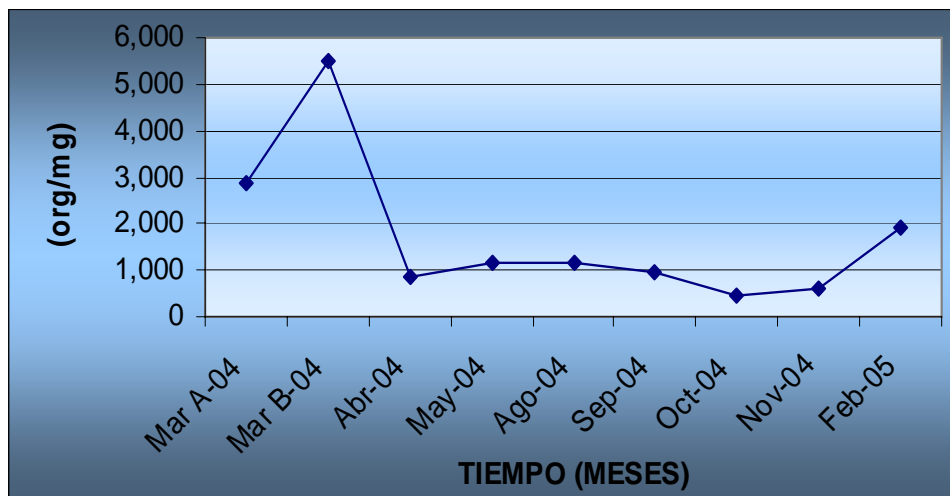


Figura 21. Densidad de organismos en sedimento.

En la tabla 8 se muestra la densidad de organismos por especie encontradas en los meses que se llevó a cabo el estudio así como las especies encontradas en las muestras de agua.

Tabla 8. Densidad de organismos por especie encontrados en agua (org/ml).

DIVISIÓN	ESPECIE	Mar A	Mar B	Abr	May	Agos	Sep	Oct	Nov	Feb
Cyanophyta	<i>Anabaena sp.</i>					17				
	<i>Oscillatoria formosa</i>				120	104				
Chlorophyta	<i>Staurastrum longiradiatum</i>								17	
Heterokontophyta	<i>Cocconeis placentula</i>			28	72	35	35	17	52	52
	<i>Diatoma hiemale</i>	122	18		48	52		17	17	174
	<i>Fragilaria capucina</i>	156			168		53	17	226	156
	<i>Gomphonema ventricosum</i>		35	138			106			52
	<i>Navicula spp.</i>	191	884	635	818	643	636	17	191	435
	<i>Nitzschia sp.</i>					17	18	17	52	
	<i>Pinnularia viridis</i>	69	88		24		53			
	<i>Rhoicosphenia curvata</i>	417			793	400			209	261
	<i>Tabellaria fenestrata</i>	17		28		17	18			
TOTAL		972	1025	829	2043	1285	919	85	764	1130

En la tabla 9 se muestra la densidad de organismos y especies encontradas en el sedimento a lo largo del ciclo siendo las mas representativas *Diatoma hiemale*, *Fragilaria capucina*, *Navicula spp.* y *Rhoicosphenia curvata*.

Tabla 9. Densidad de organismos por especie encontrados en sedimento (org/mg).

DIVISIÓN	ESPECIE	Mar A	Mar B	Abr	May	Agos	Sep	Oct	Nov	Feb
Cyanophyta	<i>Anabaena sp.</i>							3		
	<i>Oscillatoria formosa</i>		29			58				
Chlorophyta	<i>Ulothrix aequalis</i>			391						
Heterokontophyta	<i>Cocconeis placentula</i>	10	29	30	54	11	115	3		
	<i>Cymbella minuta y Cymbella prostrata.</i>		29				29			
	<i>Diatoma hiemale</i>	104	348	52	36	23	86	9	4	55
	<i>Fragilaria capucina</i>	332	782	69	117	58	67	54	67	79
	<i>Gomphonema ventricosum</i>	93			63	11	86			
	<i>Navicula spp.</i>	2095	2840	217	612	800	308	303	464	1499
	<i>Nitzschia sp.</i>	21	116			46	144	3		8
	<i>Pinnularia viridis</i>	31	58			35				16
	<i>Rhoicosphenia curvata</i>	187	1246	100	279	116	125	63	82	213
		<i>Tabellaria fenestrata</i>	10		13					
TOTAL		2883	5477	872	1161	1158	960	438	617	1894

DENSIDAD DE ORGANISMOS DE LAS ESPECIES MÁS ABUNDANTES EN AGUA

La especie más abundante en todo el estudio es *Navicula spp.* con 4,450 org/ml, seguida de *Rhoicosphenia curvata* con 2,080 org/ml, *Fragilaria capucina* con 777 org/ml y *Diatoma hiemale* con 448 org/ml. (Figura 22)

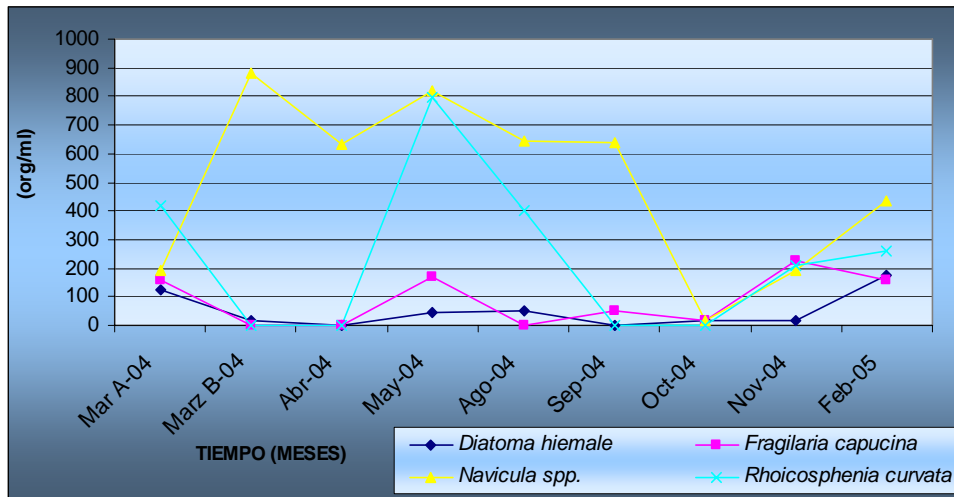


Figura 22. Densidad de organismos de las especies más abundantes en agua.

DENSIDAD DE ORGANISMOS DE LAS ESPECIES MÁS ABUNDANTES EN SEDIMENTO

De igual forma que en las muestras de agua la especie más abundante en sedimento fue *Navicula spp.* con 9,137 org/ mg, siguiéndole *Rhoicosphenia curvata* con 2,410 org/mg, *Fragilaria capucina* con 1,625 org/mg y *Diatoma hiemale* con 717 org lmg. (Figura 23)

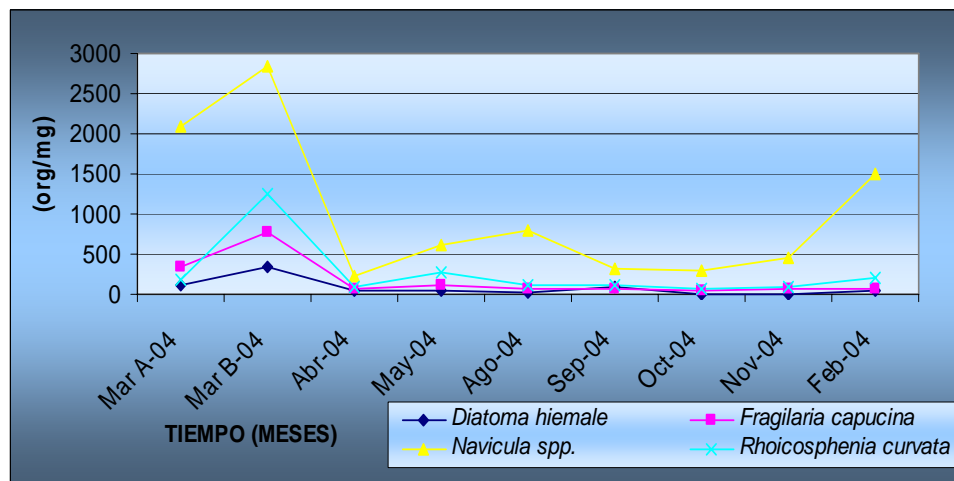


Figura 23. Densidad de organismos de las especies más abundantes en sedimento.

DENSIDAD DE ORGANISMOS EN AGUA CON PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

En los primeros meses (marzo A y marzo B) y los últimos (noviembre y febrero), la densidad de organismos en agua y la velocidad de corriente se comportó de forma similar, donde las dos aumentan o disminuyen de igual forma. De abril a octubre siguen un comportamiento diferente, ya que al aumentar la velocidad de corriente la densidad de organismos en agua disminuye. (Figura 24)

Se realizó un análisis de correlación de rangos de Spearman donde la $r_s = -0.416$, por lo que se puede determinar que al aumentar la velocidad de corriente la densidad de organismos en agua disminuye.

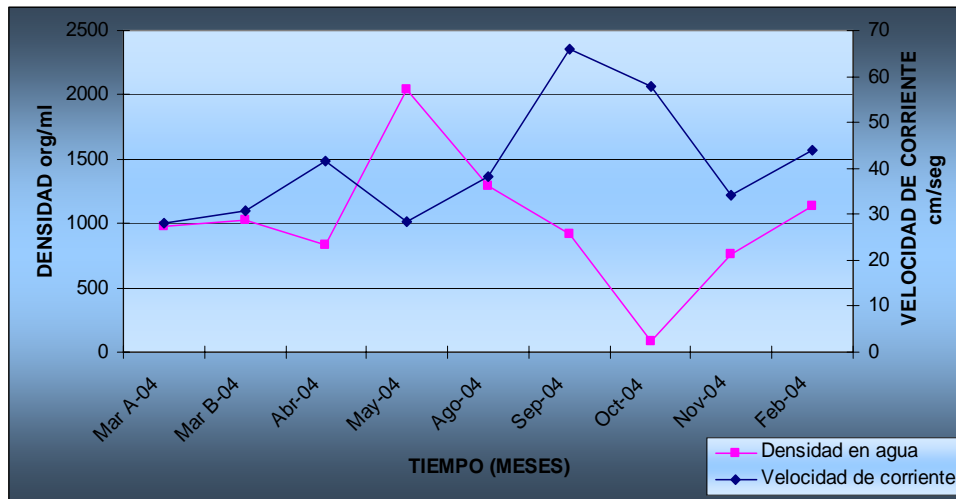


Figura 24. Densidad de organismos en agua y velocidad de corriente.

Analizando la densidad de organismos en agua y la carga del caudal, se determino que al disminuir una de las dos variables la otra aumenta y viceversa. (Figura 25)

La correlación de rangos de Spearman da una $r_s = -0.5$, donde se observa que al disminuir la densidad de organismos la carga del caudal aumenta.

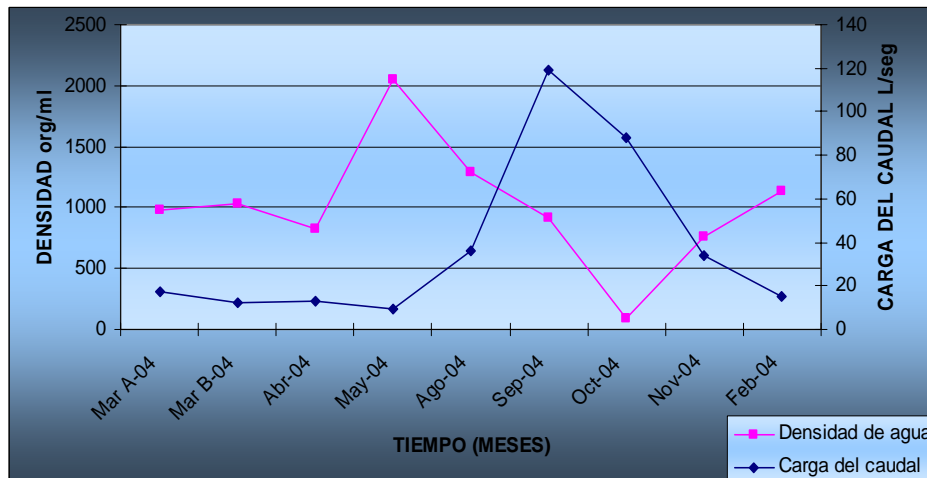


Figura 25. Densidad de organismos en agua y carga del caudal.

DENSIDAD DE ORGANISMOS EN SEDIMENTO CON PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

La velocidad de corriente tiende a comportarse al contrario de la densidad de organismos en sedimento, excepto de septiembre-octubre y de noviembre a febrero. (Figura26)

En la correlación de rangos de Spearman dio una $r_s = -0.566$, observándose que al aumentar la velocidad de corriente la densidad de sedimento disminuye.

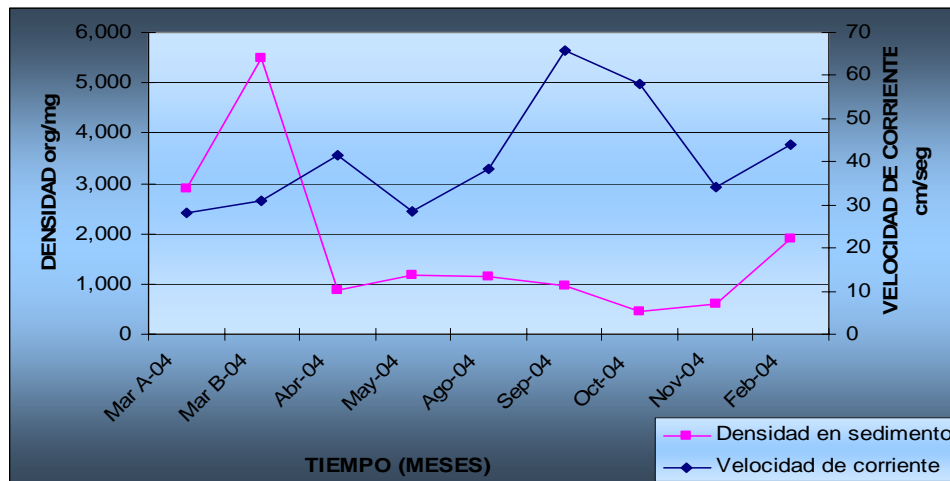


Figura 26. Densidad de organismos en sedimento y velocidad de corriente.

De septiembre a octubre la densidad de organismos en sedimento y la carga del caudal se comportan igual, en los demás meses lo hacen al contrario (al bajar la densidad de organismos en sedimento la carga del caudal disminuye y a la inversa). (Figura 27)

La $r_s = -0.55$ (correlación de rangos de Spearman), de la cual se determina que al aumentar la carga del caudal la densidad de organismos en sedimento disminuye.

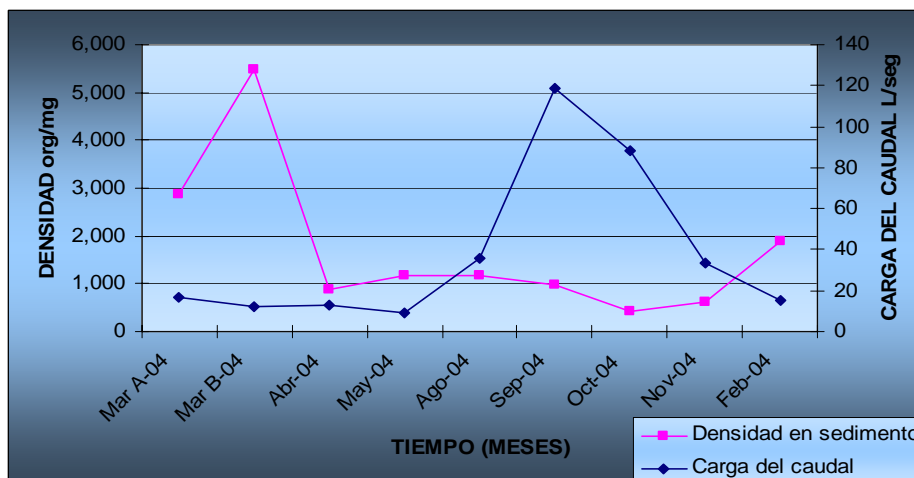


Figura 27. Densidad de organismos en sedimento y carga del caudal.

DENSIDAD DE ORGANISMOS EN AGUA CON PARAMETROS HIDROLOGICOS

La densidad de organismos en agua aumenta, sí también lo hace la temperatura del agua del arroyo. Excepto en dos sitios el primero es el de marzo B en donde la temperatura del agua disminuye y la densidad aumenta un poco, y el segundo el de octubre en donde pasa al contrario la temperatura del agua aumenta y la densidad disminuye. (Figura 28) Lo que se complementó con un análisis de correlación de rangos de Spearman donde la $r_s = 0.583$, lo que permite predecir que las dos variables se comportan de igual forma.

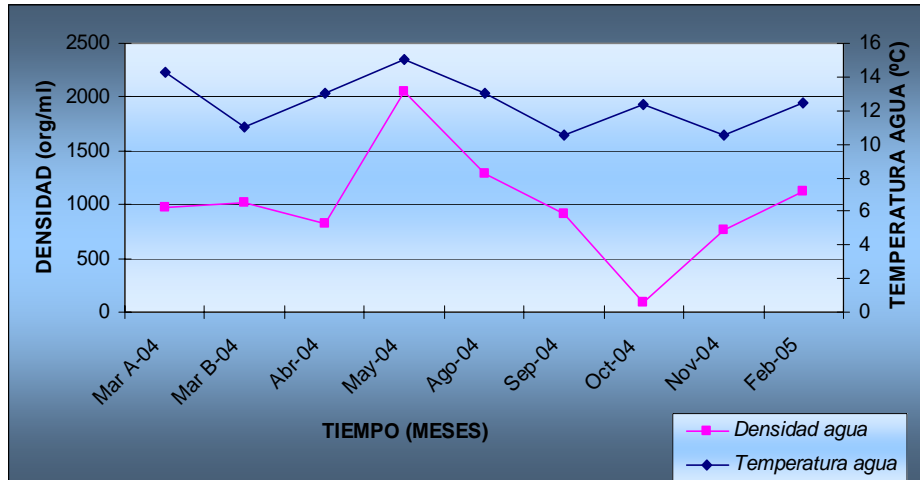


Figura 28. Densidad de organismos en agua y temperatura del agua.

Al comparar la densidad de organismos en agua con los nitratos se puede observar que en la mayoría de los meses muestreados se comportan de igual forma, pues al aumentar una la otra lo hace, los meses que no se comportan de igual manera son abril, mayo y febrero. (Figura 29) El análisis de correlación de rangos de Spearman dio una $r_s = -0.316$, lo que permite saber el comportamiento de las variables que supone que al aumentar los nitratos la densidad de organismos disminuye.

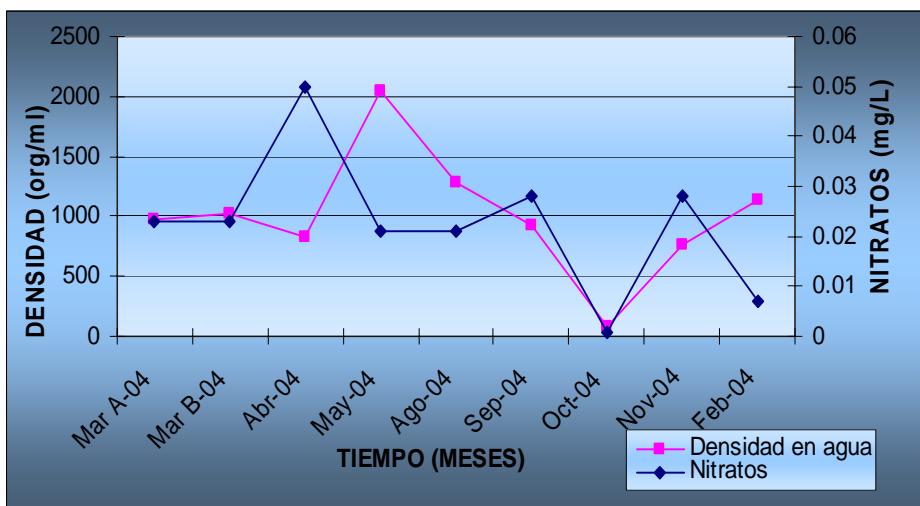


Figura 29. Densidad de organismos en agua y nitratos.

Los ortofosfatos tienen un comportamiento parecido al de la densidad, menos en un mes en marzo B donde los fosfatos disminuyen y la densidad de organismos en agua aumentan. (Figura 30)

La correlación de rangos de Spearman nos dio una $r_s=0.45$, por lo que al aumentar los fosfatos también lo hace la densidad de organismos en agua.

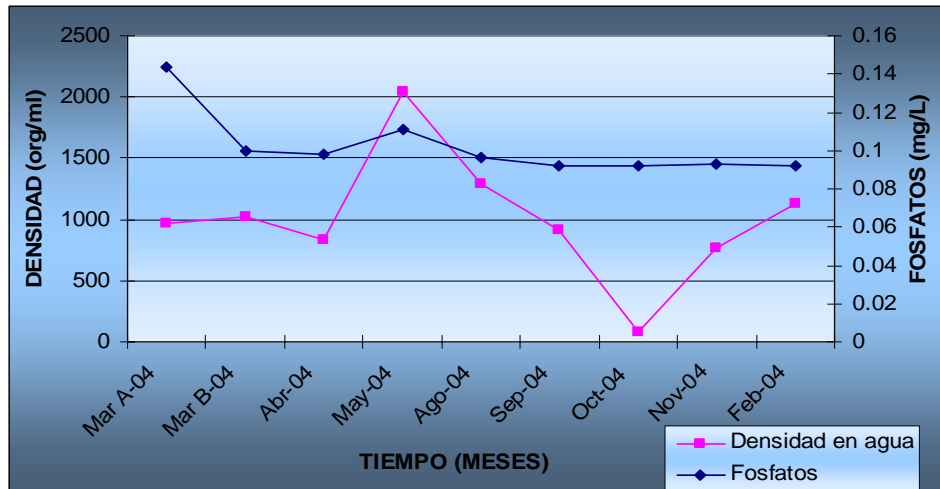


Figura 30. Densidad de organismos en agua y ortofosfatos.

DENSIDAD DE ORGANISMOS EN SEDIMENTO CON PARÁMETROS HIDROLÓGICOS

El comportamiento de la densidad de organismos aumenta cuando la temperatura del agua aumenta, en esta gráfica se puede observar de mejor forma. Aquí solo se observa un mes que no cumple con lo mencionado anteriormente, es el mes de marzo B en el que la temperatura del agua disminuye y la densidad de organismos tiene el mayor valor de densidad en todo el ciclo. (Figura 31)

La correlación de rangos de Spearman da una $r_s=0.333$, que al aumentar la temperatura del agua la densidad de organismos en el sedimento también aumenta.

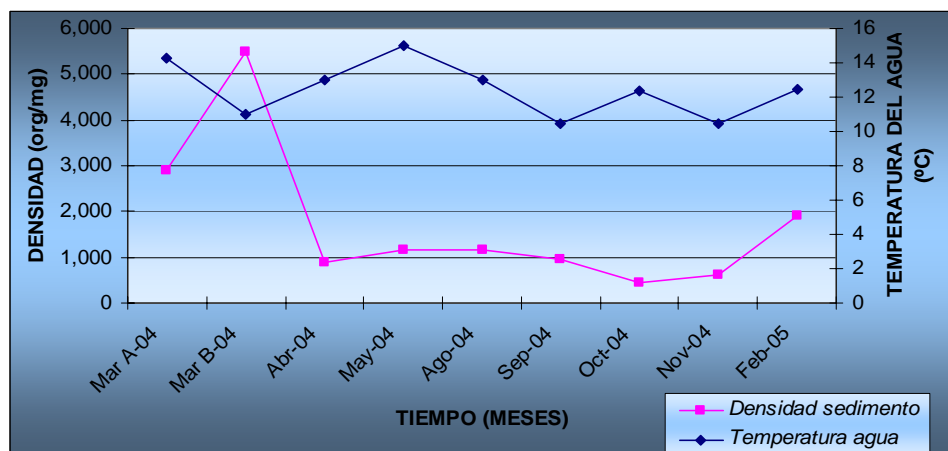


Figura 31. Densidad de organismos en sedimento y temperatura del agua.

Se muestra un comportamiento parecido al de la figura 29, pues la densidad de organismos en sedimento sigue más o menos el mismo patrón que los nitratos. (Figura 32)

El coeficiente de rangos de Spearman es de -0.116, por lo que al aumentar los nitratos la densidad de organismos en sedimento disminuye.

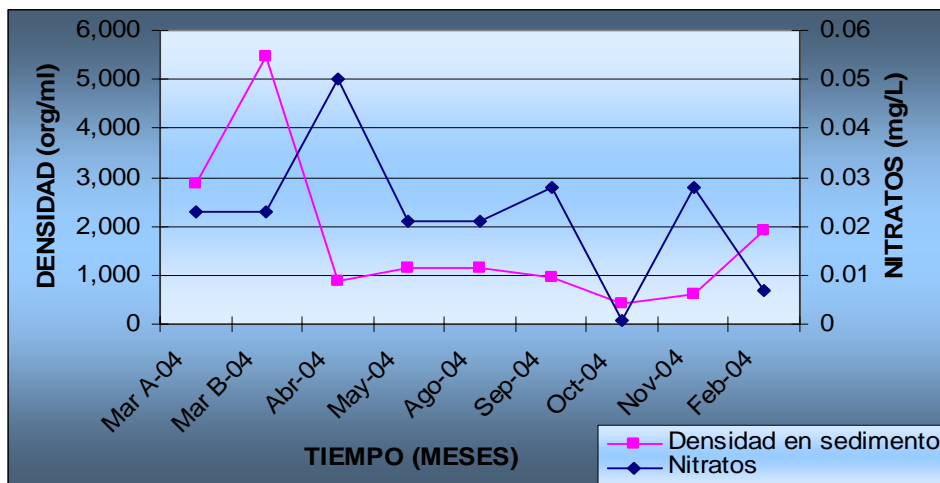


Figura 32. Densidad de organismos en sedimento y nitratos.

Los fosfatos y la densidad de organismos en sedimento se comportan casi iguales excepto en el mes de marzo B en donde los fosfatos disminuyen y la densidad de organismos tiene su mayor aumento. (Figura 33)

En la correlación de rangos de Spearman la $r_s = 0.6$, por lo que se determino que al aumentar los fosfatos también lo hace la densidad de organismos en sedimento.

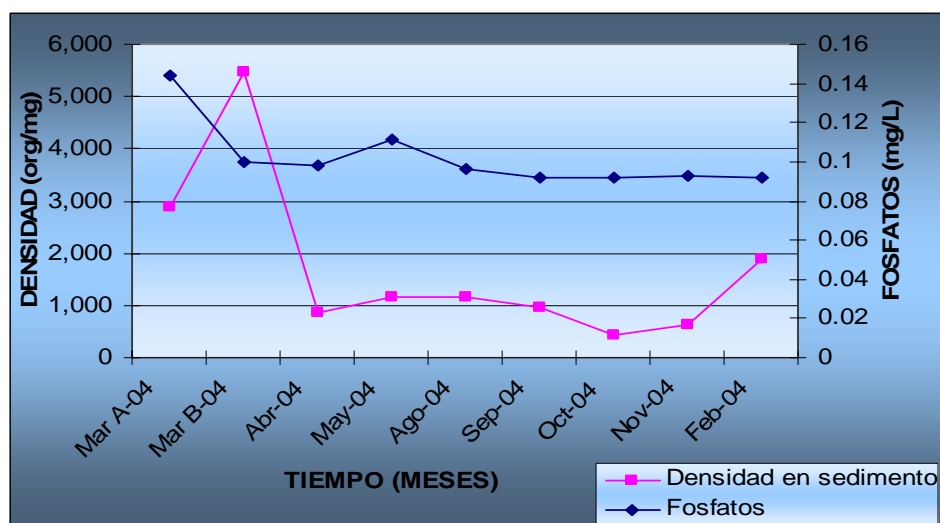


Figura 33. Densidad de organismos en sedimento y fosfatos.

FOTOGRAFÍAS DE ESPECIES MICROALGALES

Las fotografías que a continuación se muestran fueron tomadas cuando se realizaban los conteos de las especies encontradas en muestras de agua y sedimento con ayuda del microscopio invertido con el objetivo de 40x, ocular de 10x y una cámara Olympus Sc 35.

DIVISIÓN CYANOPHYTA



Figura 34. *Oscillatoria formosa* (40x)

DIVISIÓN CHLOROPHYTA



Figura 35. *Closterium* sp. (40x)

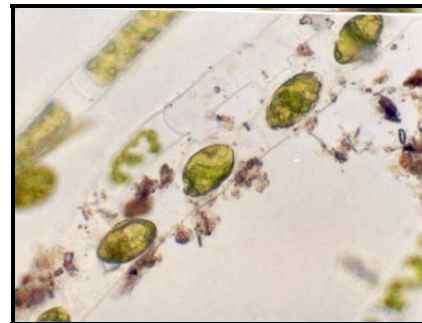


Figura 36. Hipnocigota de *Spirogyra micropunctata*. (40x)

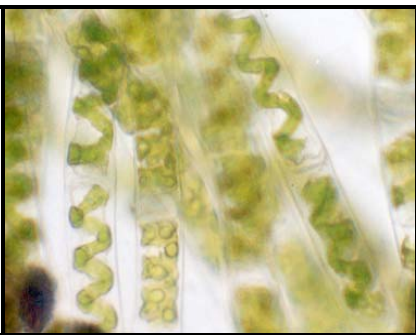


Figura 37. *Spirogyra micropunctata*. (40x)

DIVISIÓN HETEROKONTOPHYTA: Clase Bacillariophyceae

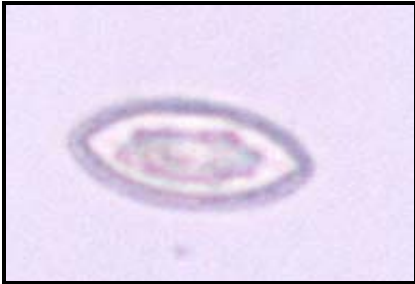


Figura 38. *Cocconeis placentula*. (40x)



Figura 39. *Cymbella prostrata*. (40x)



Figura 40. *Diatoma hiemale*. (40x)

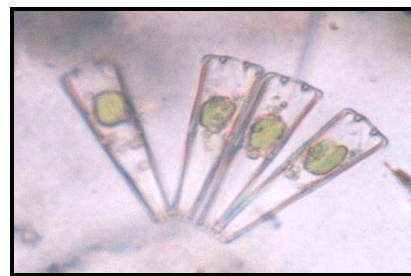


Figura 41. *Gomphonema ventricosum*. (40x)



Figura 42. *Navicula* spp. (40x)

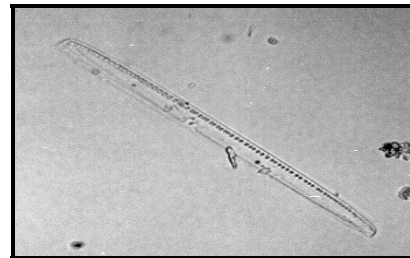


Figura 43. *Nitzschia* spp. (40x)



Figura 44. *Pinnularia viridis*. (40x)

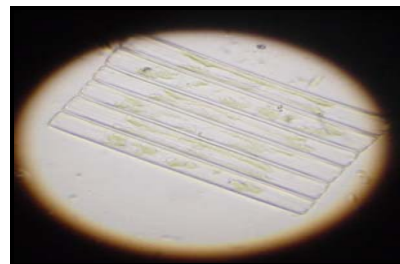


Figura 45. *Tabellaria fenestrata*. (40x)



Figura 46. Auxospora de *Melosira sp.* (40x)

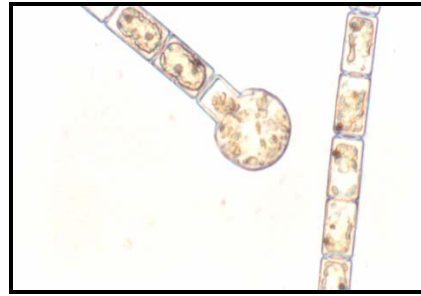


Figura 47. Auxospora de *Melosira sp.* (40x)

DISCUSIÓN

El estudio de la calidad del agua tanto epicontinental como marina, es de gran importancia dados los efectos de deterioro por asentamientos humanos, desarrollo industrial y agrícola, accidentes fortuitos, mal manejo por desconocimiento, sobrepesca, acuicultura, turismo, etc., que han llevado a la modificación o aún hasta la desaparición de las condiciones naturales del medio acuático (De la Lanza, 2003).

Un arroyo, de acuerdo con (Ringuelet 1962 citado en Ortega *et. al.*, 1995); es considerado como un curso de agua natural, cuyo ancho es de 1 a 5 metros. La velocidad de los ríos menores o arroyos de corriente lenta, aunque se encuentra en función de la pendiente y de las crecidas es, por lo general, débil, tiene en conjunto, características de aguas de cursos menos turbulentos y temperatura, profundidad y velocidad más variable que la de los ríos de corriente rápida.

El sistema entra dentro de esta clasificación por lo que es considerado un arroyo ya que el promedio del ancho del arroyo es de 187.5 cm, además de tener profundidad, temperatura y velocidad variable a lo largo del muestreo.

Al comparar el ancho y las profundidades del arroyo se observó la presencia de dos épocas, la de lluvias y secas. La época de lluvias corresponde a los meses de agosto a noviembre y la de secas de febrero a mayo.

Al respecto, la velocidad de corriente presentó en época de lluvias un incremento debido a la mayor captación de agua en el sistema, con un máximo de 65.8 cm/seg en septiembre y un mínimo de 28.1 cm/seg en marzo. Los meses con mayor velocidad de corriente van de agosto a noviembre que corresponden a época de lluvias y los meses con menor velocidad de corriente van de febrero a mayo que corresponden a época de secas. Carmona y Montejano, (1993), clasificaron a la velocidad de corriente en: muy baja casi estancada (<0.1 m/seg), lenta (0.1-0.35m/seg), moderada (0.35-0.6m/seg), alta 0.6-0.85(m/seg) y muy alta (>0.85m/seg). Por lo que el sistema presenta en época de lluvias una velocidad de corriente alta, en época de secas una velocidad de corriente lenta, el promedio de la velocidad de corriente a través del estudio es de 41 cm/seg.

La carga del caudal se comportó de igual forma que la velocidad de corriente ya que en época de lluvias presentó los valores más altos siendo septiembre el más alto con 125 L/seg y 119 L/seg, y en época de secas los valores más bajos en mayo con 9.4 L/seg y 9.03 L/seg. En promedio la carga del caudal fue de 40.1 L/seg y 38.1L/seg, por los dos métodos los resultados se comportaron de igual forma y no variaron de manera significativa, por lo que los dos métodos son considerados buenos para calcular la carga del caudal. La variación de la carga del caudal depende del ancho del arroyo así como de las rocas, tipo de sedimento que se encuentre y la velocidad de corriente.

Las variaciones de la velocidad de corriente y carga de caudal se deben a la masa del volumen de agua y a la pendiente del relieve que presenta el arroyo, debido a la presencia e intensidad de las lluvias, ya que en lluvias hay un mayor arrastre de agua, sedimento y pequeñas rocas.

Es importante determinar el tipo de sustrato que se encuentra en el arroyo, además donde viven y se encuentran fijadas las algas, ya que en el sedimento es donde se encuentran fijadas. Por lo que nosotros tomamos muestras de rocas con población algal. El sedimento que predominó a lo largo del estudio fue la arena mediana (0.6-0.2 mm) con un promedio 65.5%, la menos abundante fue la grava fina 2.38 mm con 3.34% en promedio. Como protección contra el arrastre, las plantas enraízan en el suelo, o se fijan fuertemente sobre piedras u otros sustratos como hacen las algas. Muy pocos animales viven donde hay corrientes fuertes y viven entre las piedras, donde ésta es más débil. Por ello las almohadillas musgosas suelen estar muy densamente pobladas (Schwoerbel, 1975).

Los elementos denominados "Mayores" en el agua de mar y salobre, tienen como término descriptivo general el de "Salinidad", que incluye a todas las sales inorgánicas disueltas considerando también a los carbonatos y bicarbonatos. Las variaciones de este parámetro escasamente influyen en la productividad primaria y sí en mayor grado, en los procesos de selección de especies. En virtud de lo anterior, este parámetro es considerado como determinación básica dentro de la hidrología. Tomando en cuenta en criterio del Libro Rojo (Thurston *et al.*, 1979 citado en De la Lanza, 1990) existe un nivel límite en aguas dulces dentro del término conductividad entre los 40 y 10,000 $\mu\text{mhos/cm}$ (De la Lanza, 1990).

Las aguas dulces pueden considerarse como una disolución constituida por una gran variedad de elementos y compuestos químicos. De acuerdo con su concentración estos pueden agruparse en cuatro conjuntos. El primero, está formado por los compuestos de mayor abundancia cuatro aniones y cuatro cationes. Los cationes más comunes en las aguas epicontinentales de latitudes medias son, en orden de abundancia: Ca^{++} (calcio) > Mg^{++} (magnesio) > Na^+ (sodio) > K^+ (potasio), y los aniones $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{=}$ > $\text{SO}_4^{=}$ > Cl^- (cloro). Ambientes particulares pueden presentar otros arreglos, como en el caso de las cuencas con rocas ígneas, cuyo orden de abundancia es: Ca^{++} (calcio) > Na^+ (sodio) > Mg^{++} (magnesio) > K^+ (potasio). A este conjunto le sigue el formado por el nitrógeno, en sus dos formas principales: amonio y nitrato; el fósforo, tanto orgánico como inorgánico, el azufre y el silíce. (Torres, *et al.*, 1995)

Cada organismo está sujeto a la acción de los factores ambientales. La temperatura condiciona, dentro del campo fisiológico la velocidad e intensidad de las reacciones bioquímicas. (Schwoerbel, 1975), en verano va aumentando río abajo a medida que se desciende.

La temperatura promedio del agua fue de 12.4 °C y la ambiente es de 15.1 °C. Balbuena *et al.*, 2003 citado en Juárez, 2005, mencionan que la temperatura del agua de los arroyos del Parque Nacional Izta-Popo van de 3-15 °C lo cual coincide con los valores registrados en esta investigación.

Un pH bajo indica condiciones ácidas y un alta concentración de iones hidrógeno. La concentración de hidrogeniones (pH) influye en el metabolismo de plantas y animales, por separado es difícil de determinar los efectos de este factor. (Schwoerbel, 1975)

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 dulceacuícola y 6.5 a 8.5 para la vida marina. (Citado en De la Lanza, 1990)

El pH promedio en este trabajo es de 7.7 este valor entra en el intervalo de 6.5 a 9 para la vida dulceacuícola que define Thurston. Por lo que el pH es ideal para la vida o presencia de algas en el arroyo. Balbuena *et al*, 2003 citado en Juárez, 2005; registra valores para el pH de 5.9-7.7 para los arroyos del Parque Nacional Izta-Popo, nuestro sistema obtuvo un valor promedio de 7.7.

De igual forma, el contenido de oxígeno disuelto del agua es un factor importante, si disminuye, también se reduce el consumo de oxígeno por los animales, ya sea proporcionalmente o después de un largo periodo de compensación. Las algas y musgos de las aguas corrientes parecen depender de la presión parcial del oxígeno. Cuando hay turbulencia, la toma de oxígeno es tan elevada que solamente existe déficit en las partes remansadas del río y donde ocurra putrefacción de materias. (Schwöerbel, 1975)

La concentración de oxígeno disuelto mostró variaciones estacionales, resultado de las condiciones ambientales y biológicas. El límite mínimo ecológicamente hablando depende del medio (dulceacuícola, salobre o marino); y según criterio del Libro Rojo (Thurston *et. al.*, 1979) en aguas dulces debe ser de 5.0 mg/L ó 3.5 ml/L (De la Lanza, 1990).

El oxígeno registrado en ambientes lóticos del estado de Morelos fue de 2.1-7 mg/l. (Valadez *et al.*, 1996) Para Wetzel, 1981 los valores óptimos para la vida acuática es de 3-8 mg/l.

El arroyo mostró a lo largo del estudio una concentración promedio de 4.661 mg/L. Balbuena *et al*, 2003 citado en Juárez, 2005; registró valores de 4.2-8.5 mg/L para los arroyos del Parque Nacional Izta-Popo. Por lo que consideramos que el arroyo tiene condiciones óptimas de oxígeno para que vivan las algas u otros organismos, para un ambiente lótico y además entra en los valores encontrados por Balbuena en arroyos del Parque Nacional Izta-Popo.

Debido a que el oxígeno es más soluble en el agua que el nitrógeno, la cantidad de oxígeno del aire que se disuelve en el agua es aproximadamente un 35 %. La solubilidad del oxígeno se ve afectada de manera no lineal por la temperatura, aumentando considerablemente al disminuir la temperatura del agua. La solubilidad de los gases en el agua es modificada por la presión, así como por la temperatura. Por tanto, el equilibrio del oxígeno atmosférico con la concentración del oxígeno en el agua depende de la presión parcial atmosférica y, por consiguiente, de la altitud de la superficie del sistema en estudio. La saturación normalmente se considera en relación a la presión existente en la superficie del lago. Ricker, 1934 y Mortimer, 1956 citados por Wetzel, 1981 han tratado extensamente el tema del porcentaje de saturación de oxígeno en el agua, y los dos han preparado nomogramas para facilitar los cálculos. (Wetzel, 1981)

Con la ayuda de los nomogramas (Wetzel, 1981), calculamos el porcentaje de saturación de oxígeno de nuestro sistema, con lo que obtuvimos un porcentaje de saturación de oxígeno promedio de 68.6 %. El mes con mayor porcentaje de saturación fue el mes de agosto con 85 % y el mes con menor porcentaje de saturación es abril con 58 %.

El bióxido de carbono se encuentra en equilibrio entre la fase acuática y la atmósfera, además de ser un producto final de la descomposición que tiene lugar durante los procesos respiratorios de plantas y animales, y por el metabolismo de las bacterias. El carbono inorgánico como CO_2 y HCO_3^- es la

fueron fuente primordial del carbono para la fotosíntesis de las algas y plantas vasculares acuáticas. Esta utilización está balanceada por la producción de CO_2 debida a la respiración de la mayoría de los organismos y las entradas de CO_2 y HCO_3^- por medio del agua proveniente de la atmósfera. El CO_2 es cerca de 200 veces más soluble que el oxígeno; la cantidad de CO_2 disuelto en el agua desde la atmósfera tiene una concentración aproximada de 1.1 mg/L a 0 °C, 0.6 a 15 °C y 0.4 mg/l a 30 °C (Wetzel, 1975 citado en Contreras, 1994)

La presencia de CO_2 en nuestro sistema es constante, presentando un promedio a lo largo del estudio de 1.45 mg/L. En marzo A y Abril se registraron los valores más bajos que fueron de 0 mg/L y el mes más alto fue agosto con 2.86 mg/L.

La dureza es la propiedad que presenta la mayoría de las aguas epicontinentales, debido a las concentraciones de metales alcalinotérreos originados en depósitos calcáreos. El calcio (quinto elemento en abundancia) se encuentra en el medio acuático como resultado de la filtración y arrastre de rocas calcáreas, dolomitas, calizas y yeso. La variación en su concentración va desde cero hasta algunos cientos de miligramos por litro, dependiendo de la fuente y del tipo de agua. El equilibrio (saturación y sobresaturación del agua con respecto al carbonato de calcio) está relacionado con la concentración del ion Ca^{++} , alcalinidad, pH, temperatura y concentración total de sólidos disueltos. (Contreras, 1994)

El calcio se relaciona también con la dureza que presenta el agua de los lagos. El calcio está directamente implicado en varias formas con el crecimiento y la dinámica poblacional de flora y fauna dulceacuícolas y es requerido como nutriente en el metabolismo de plantas superiores. Es importante también para el mantenimiento funcional y estructural de las membranas celulares en la absorción iónica y su retención, además es imprescindible en la formación de estructuras calcáreas de muchos invertebrados, como moluscos y crustáceos, y de vertebrados en sus estructuras óseas. (Contreras op cit.)

La dureza total de nuestro sistema fue variable; presentó un promedio de 107.2 mg/L, en agosto se presentó el valor más alto de 147.147 mg/L y en marzo A el más bajo de 45.045 mg/L. Y en la dureza de calcio se registró el valor más alto de 35.63 mg/L en el mes de abril y el menor de 8.008 mg/L en marzo A con un promedio de 19.26 mg/L mostrándose esta última constante a lo largo del estudio. La dureza del agua fue de blanda a moderadamente dura. (Romero, 1999)

La determinación de la alcalinidad se define como el número de miliequivalentes en cargas positivas para balancear los iones negativos presentes. (Contreras, 1994)

La alcalinidad de las aguas, tal como se interpreta normalmente, se refiere a la cantidad y clase de compuestos presentes que, en conjunto, modifican el pH hacia el lado alcalino de la neutralidad.

La alcalinidad normalmente es debida a la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos y, con menos frecuencia en las aguas continentales, a los boratos, silicatos y fosfatos (Wetzel, 1981)

En el arroyo se registró un promedio de alcalinidad total de 48.26 mg/L, siendo marzo A el mes con mayor cantidad con 72.5 mg/L y el mes con menor cantidad fue agosto con 31.5 mg/L.

La base de la pirámide trófica en los ecosistemas acuáticos está dada principalmente por los productores primarios, los cuales están determinados en su desarrollo y proliferación por la luz, el CO₂ y los nutrientes (Contreras, 1994).

Los nutrimentos son sales inorgánicas, cuya presencia esta en función, primero, de los aportes alóctonos hacia el cuerpo acuático (por ejemplo, el arrastre terrígeno originado por los ríos hacia una laguna costera), y en segundo lugar de la velocidad e intensidad del reciclamiento. Los principales compuestos denominados comúnmente nutrientes son:

- *Fuentes de nitrógeno para el fitoplancton son:* El amonio N-NH₄; los nitratos N-NO₃, los nitritos N-NO₂ y urea. Mc Carthy, 1977 citado en Contreras, 1994; estableció que el amonio es asimilado preferentemente, después de los nitratos por el fitoplancton. (Contreras, op cit.)
 - **Nitrógeno Amoniaco Total (NAT):** Es la suma de amonio (N-NH₄) más amoniaco (NH₃), los cuales están en equilibrio dependiendo del pH. El intervalo normal de la concentración de amonio varía de 1 a 50 µg at/ L N-NH₄. El amonio es la forma preferida para la asimilación de nitrógeno por parte del fitoplancton, y es el compuesto que aparece primero en los procesos de metabolismo y descomposición de los organismos, por lo que es considerado como un índice de la actividad biológica, y algunos autores lo proponen como índice de contaminación (Wetzel, 1981; Palmer, 1962 y De la Lanza *et al.*, 2000).
 - **Nitratos y nitritos:** La principal reserva de nitrógeno la constituyen los nitratos, éstos y el amonio pueden ser asimilados tanto en la luz como en la oscuridad, mientras que los nitritos lo son solo en la luz.

En el sistema se encontró un promedio de 0.0075 mg/L de amonio, nitratos de 0.022 mg/L, nitritos 0.019 mg/L.

- *Fuentes de fósforo:* 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, op cit.)

En este estudio se obtuvo un promedio de 0.102 mg/L de ortofosfatos.

Es evidente que también son de importancia los nutrimentos minerales, como fosfatos y nitratos, así como el hierro y otros elementos. Las algas, por ejemplo, tienen la capacidad de tomar y almacenar en un corto espacio de tiempo hasta 30 veces la cantidad de fosfato que necesitan. (Schwoerbel, 1975)

En la tabla 10 se pueden observar valores de nutrimentos, pH y alcalinidad para sistemas oligotróficos y los obtenidos en nuestro arroyo. Los valores de nuestro sistema son bajos además de entrar en los valores determinados para un sistema oligotrófico. Por lo que el arroyo La Compañía es considerado un sistema oligotrófico.

Tabla 10. Valores de nutrimentos, pH y alcalinidad. (Wetzel, 1981)

PARÁMETRO	SISTEMA OLIGOTROFICO	ARROYO LA COMPAÑIA
Amonio	1.3 mg/L	0.0075 mg/L
Nitratos	0.1 mg/L	0.022 mg/L
fosfatos	0.21 mg/L	0.102 mg/L
pH y alcalinidad	Ligeramente acido a neutro	7.772 Alcalinidad 48.26 mg/L

Los resultados obtenidos se compararon con Normas Oficiales Mexicanas como: NOM-127-SSA1-2004 y la NOM-001-ECOL-1996. (Tabla 11)

Tabla 11. Comparación de la NOM-127-SSA1-2004 y la NOM-001-ECOL-1996 con nuestro sistema.

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE (mg/L)	ARROYO LA COMPAÑIA
Dureza total (como CaCO ₃)	500	107.2 mg/L
Nitratos (como N)	10	0.022 mg/L
Nitritos (como N)	0.05	0.019 mg/L
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6.5-8.5	7.772
Alcalinidad total en CaCO ₃	400	48.26 mg/L
Fosfatos (como PO ₄ ⁼)	0.1	0.102 mg/L

La NOM-127-SSA1-2004, establece la calidad del agua para el consumo humano, por lo que nuestro sistema cuenta con los valores permisibles para que esta agua pueda ser de consumo humano y cumple con lo establecido con la NOM-127-SSA1-2004. ([http://www.facmed.unam.mx/sss/nom/Normas %20oficiales.htm](http://www.facmed.unam.mx/sss/nom/Normas%20oficiales.htm))

La NOM-001-ECOL-1996, establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, se tomaron en cuenta los límites permisibles para las aguas de ríos para protección de la vida acuática, siendo los valores del arroyo La Compañía aptos para la vida acuática. (<http://portal.semarnat.gob.mx>)

Las algas son habitantes comunes y normales de aguas poco profundas y se encuentran en todo suministro de agua expuestos a la luz del sol. Aunque algunas algas se encuentran en el suelo y en superficies expuestas al aire, en su gran mayoría son verdaderamente acuáticas y crecen sumergidas en el agua de estanques, depósitos, corrientes y océanos. Además, tienen importancia por otros muchos motivos, entre los cuales se cuenta su capacidad para modificar el pH, la

alcalinidad, el color, la turbiedad y últimamente, por su influencia sobre la radioactividad del agua. (Palmer, 1962)

Las algas son los organismos que producen la materia orgánica primaria a partir de la energía luminosa y de las sales nutrientes disueltas en el agua; son los productores primarios de este medio. De esta producción primaria vive todo el mundo animal acuático. (Schwoerbel, 1975)

Las algas que contienen clorofila, dependen de la energía solar, viven únicamente en la parte superior del arroyo, y se extienden a profundidades variables, según sean las propiedades óptimas del agua. (Schwoerbel, 1975)

Analizando la composición de especies encontrada en el arroyo La Compañía, podemos decir que la división más abundante fue la Heterokontophyta, representada en este sistema por el grupo de diatomeas, flora algal típica de ambientes lóticos de montaña, de entre las especies más representativas tenemos a las especies de agua limpia como: *Cocconeis placentula*, *Cymbella prostrata*, *Cymbella minuta*, *Diatoma hiemale*, *Fragilaria capucina*, *Pinnularia viridis*, *Tabellaria fenestrata* y *Rhoicosphenia curvata*; también encontramos Chlorophyta como *Mougeotia scalaris* y *Ulothrix aequalis*. (Palmer, 1962; De la Lanza *et al.*, 2000; Patrick y Reimer, 1975; Prescott, 1962)

Se registró también *Oscillatoria Formosa* y *Anabaena sp.* que son especies pertenecientes a la división Cyanophyta, y que han sido consideradas propias de aguas contaminadas (Palmer, 1962). Sin embargo en nuestro sistema se encontraron densidades significativas por lo que no se podría considerar que nuestro sistema tiene agua contaminada, ya que se encontraron en tres ocasiones a lo largo del estudio.

Las algas son organismos que pueden utilizarse para indicar el tipo de sistema al que pertenecen según el espectro de nutrientes: *Fragilaria capucina*, *Cymbella minuta*, *Cymbella prostrata*, *Tabellaria fenestrata* y *Pinnularia viridis* son especies presentes en ambientes oligotróficos. (Cantoral, 2000).

Dentro de las especies registradas en el arroyo La Compañía, encontramos aquellas consideradas como planctónicas (especies algales que son llevadas por la corriente de un cuerpo de agua), como: *Anabaena sp.*, *Spirulina sp.*, *Closterium sp.* y *Navicula platealea* (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*, *Caloneis bacillaris*, *Cymbella minuta* y *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 ventricosum* (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*; y nerítica (se encuentran a los lados del río) a *Caloneis bacillaris* (Patrick y Reimer, 1975).

Se encontró en densidad de especies en agua a: *Diatoma hiemale* con 50 org/mg (4.9%), *Fragilaria capucina* 86 org/mg (8.6%), *Navicula spp* 494 org/mg (49%) y *Rhoicosphenia curvata* con 231 org/mg

(23%), siendo la más abundante *Navicula spp.*, 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 son: *Diatoma hiemale* con 80 org/mg (4.6%), *Fragilaria capucina* 181 org/mg (10.5%), *Navicula spp* 1,015 org/mg (59.08%) y *Rhoicosphenia curvata* con 268 org/mg (15.58%), siendo la más abundante *Navicula spp.*

La presencia de algas está condicionada por un determinado intervalo de temperatura. En general cuando la temperatura aumenta; también lo hace la producción de materia, el crecimiento y el intercambio de nutrientes. (Schwöerbel, 1975)

En el arroyo La Compañía se observa que al aumentar la temperatura del agua, la densidad de organismos en agua también lo hace como se ve claramente en las graficas elaboradas.

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).

Esto puede observarse en la densidad de especies en sedimento y agua de nuestro sistema, ya que en la época de lluvias (agosto- noviembre) la densidad de especies disminuyó y en secas (febrero-mayo) la densidad de organismos aumentó. A su vez va relacionado con la velocidad de corriente y carga del caudal pues estos dos parámetros morfométricos tuvieron un incremento en época de lluvias y una disminución en época de secas debido a que en época de lluvias hay mayor captación de agua y en secas es menor. 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.

En general, las especies fitoplanctónicas de los ambientes oligotróficos (un sistema oligotrófico es poco productivo es decir, pobre en nutrientes y con escasa producción orgánica, Wetzel, 1981), tienden a tener más bajas tasas de crecimiento que las de aguas eutróficas, lo cual se interpreta como una adaptación a un bajo suministro de nutrientes potencialmente limitantes, como los fosfatos y los nitratos. (Moss, 1973 citado en Torres, op. cit. 1995)

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 concluyo que en general se comportan al contrario, 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.

Se relacionaron algunos parámetros hidrológicos como: temperatura del agua, nitratos y ortofosfatos con la densidad de organismos en agua y sedimento, con lo que se concluyo que al aumentar la

temperatura del agua la densidad de organismos en agua y sedimento también lo hace. Los nitratos presentaron un comportamiento diferente, al aumentar los nitratos la densidad disminuye en agua y sedimento. Los ortofosfatos se comportaron de igual forma pues al aumentar estos la densidad en agua y sedimento también la aumentaron. Los nutrimentos son de gran importancia para las especies algales ya que son los que determinan la densidad de especies pues al haber bajos nutrimentos los organismos tienen una baja densidad y al contrario. Pero en este sistema no es un factor determinante para la densidad.

De forma global, los parámetros hidrológicos presentan buenas condiciones para que se desarrollen las algas en este sistema, además de presentar baja cantidad de nutrimentos y bajo crecimiento algal por lo que podemos clasificarlo en un sistema acuático oligotrófico.

El Parque Nacional Izta-Popo, más allá de su belleza natural, es importante por tener una gran diversidad biológica, sus bienes y servicios ambientales con que provee a una extensa región que abarca la cuenca de México y los valles de Puebla y Morelos. El 70% del agua que alimenta los acuíferos de la cuenca de México proviene de los bosques del Izta-Popo, Ajusco y Chichinautzin. (Chávez, 2003)

Por lo que el estudio que realizamos contribuye a conocer las condiciones del arroyo La Compañía, para poder contribuir a la conservación del Parque Nacional Izta-Popo en lo que nos confiere, ya que la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza en coordinación con otras instituciones como CONAFOR, PRONATURA entre otras elaboran programas integrales de educación ambiental en la que se promueve la conservación del Parque y el uso sostenible de sus recursos naturales. (Chávez, op cit.)

CONCLUSIONES

- Los perfiles de profundidad en el arroyo La Compañía Estado de México, fueron cambiando a lo largo del estudio, distinguiéndose dos épocas una de lluvias de agosto a noviembre y la época de secas de febrero a mayo, de igual forma que la velocidad de corriente que presentó los valores más altos en épocas de lluvias con un promedio de 41 cm/seg y la carga del caudal promedio fue de 40.1 L/seg (método de área bajo la curva) y 38.1 L/seg (método profundidad promedio). El tipo de sustrato que predominó fue la arena mediana (0.6-0.2 mm) con 65.5%, la conductividad presentó valores bajos de 89.7 $\mu\text{s}/\text{cm}$.
- La temperatura del agua tuvo un promedio de 12.4 °C, y una temperatura ambiente promedio de 15 °C, el pH promedio fue de 7.7 ideal para la vida acuática. El oxígeno disuelto tuvo un promedio de 4.6 mg/L y un porcentaje de saturación de oxígeno promedio de 68.6%, por lo que el arroyo tiene condiciones óptimas de oxígeno para que vivan las algas u otros organismos. El bióxido de carbono presentó un promedio de 1.4 mg/L, la dureza total presentó un promedio de 107 mg/L, la dureza de calcio presentó un promedio de 19 mg/L, alcalinidad total con un promedio de 48 mg/L y los nutrimentos presentaron bajas concentraciones; los fosfatos: promedio de 0.102 mg/L, nitratos: 0.022 mg/L, nitritos: 0.019 mg/L. y el amonio: 0.0075 mg/L.
- 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*, *Diatoma hiemale*, *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*.
- El arroyo “La Compañía” presenta buenas condiciones hidrológicas, no presenta grandes perturbaciones por el hombre y consideramos que, de acuerdo a sus características podemos clasificarlo como oligotrófico, debido a la baja concentración de nutrimentos y al bajo crecimiento algal.
- Sin duda, la dimensión y complejidad de los problemas ambientales del Parque Nacional y su área de influencia requieren de estrategias integrales en las que confluyan, bajo una misma visión, la conservación de los ecosistemas naturales que subsisten, la restauración de los ecosistemas deteriorados y la incorporación de prácticas sustentables para aprovechar los recursos naturales de la zona de influencia.

BIBLIOGRAFÍA.

1. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF) (1992). "Standard methods for the examination of water and freshwater". (Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales). 1,268 p.
2. 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. 88 p.
3. Bonilla, G. (1991). "Métodos prácticos de inferencia estadística". Editorial trillas. México, D.F. 402 p.
4. Cantoral, U. E. A. (2000). "Diatomeas (Bacillariophyceae) de ambientes lóticos en la Cuenca Baja de la Huasteca Potosina. Tesis Doctoral. UNAM..201 p.
5. Carmona, J. J. y Z. G. Montejano, (1993). "Caracterización Ficológica en manantiales de la cuenca baja del sistema hidrológico del Pánuco, México". Bol. Soc. Bot. México. 21-41 p.
6. Chávez, M. (2003). "Conservar los bosques del Izta-Popo, un reto para asegurar el futuro", Revista Pro-natura. Número 2: 18-27
7. Contreras, E. F. (1994). "Manual de técnicas hidrobiológicas". Editorial Trillas, México D.F. 141 p.
8. De la Lanza, E. G (1990). "Algunos conceptos sobre hidrología y calidad del agua". De la Lanza, E. G y F. J. L. Arredondo. (Comp.). "La acuicultura en México: de los conceptos a la producción". México, D.F. UNAM. 181-199 p.
9. De la Lanza, E. G., P. S. Hernández y P. J. L. Carvajal. (2000). "Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores)". Editorial Plaza y Valdés. México D. F. 633 p.
10. 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.
11. Franco, T. F., P. R. Vidales y A. E. S. González, (2006). "Estudio limnológico y ficológico en el río Apatlaco, Puebla". V Congreso Mexicano de Ficología en Guadalajara, Jalisco 5y 8 de abril de 2006.
12. Franquet, B. J. M. (2003). "Cinco temas de hidrología e hidráulica". Universidad Internacional de Cataluña. España. 595 p.

13. García, de M. E. (2004). "Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana." 5ª edición, UNAM, Instituto de Geografía. México. 90 p.
14. Gilbert, M. S. (1950). "The fresh-water algae of the United States". 2ª edición, editorial Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York Toronto London. 347 p.
15. Gómez, A. S. y F. V. Arenas, (1987). "Contribuciones en hidrobiología: memoria de la reunión Alejandro Villalobos". Editorial UNAM, México. 278 p.
16. 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). "Calidad de recursos hídricos en los parques Izta-Popo, Zoquiapan y Áreas Anexas". Gaceta Comunidad Zaragoza. Vol. 11 No. 31. pp 14-15
17. González, de I. A. (1988). "El plancton de las aguas continentales". Editorial Secretaría General de la organización de los Estados Unidos Americanos. 130 p.
18. Higuera, P. J. I., C. G. Ortiz, M. J. C. Rivera y A. E. S. González, (2006). "Estudio limnológico y de algas en el arroyo El salto, Municipio de Tétela del Volcán, Morelos, México". V Congreso Mexicano de Ficología en Guadalajara, Jalisco 5y 8 de abril de 2006.
19. Juárez, A. O. E. (2005). "Microalgas en tres sistemas acuáticos del Estado de México". Tesis de licenciatura. UNAM FES ZARAGOZA. 84 p.
20. Juárez, L. V., G. N. Santiago y A. E. S. González, (2006). "Estudio limnológico y de macroalgas del arroyo El salto, Municipio de Tétela del Volcán, Morelos". V Congreso Mexicano de Ficología en Guadalajara, Jalisco 5y 8 de abril de 2006.
21. Krammer, K., H. Lange, y Bertalot (1998). "Flore d'eau douce en Europe". Tomo I pp. 49, II 33 p, III 28 p. y IV 19 p.
22. López, M. V. y M. M. Rivera, (1995). "Evaluación de la calidad del agua del río La compañía, en el transecto Tlalmanalco-Cd. Netzahualcoyotl (San Rafael, Miraflores, El Cupido, Tlapacoya, Tlalpizahuac y Netzahualcoyotl) Edo. de México". Reporte de servicio social. México D.F. 71 p.
23. Margalef, L. R. (1983). "Limnología". Editorial Ediciones Omega S.A., Barcelona. 1010 p.
24. Miguel, S. C. M. (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. 68 p.
25. Milton, J. S., C. D. Delgado, V. J. Llovet y V. J. Martínez, (2001). "Estadística para biología y ciencias de la salud". 3ª edición, editorial Mc Graw Hill Interamericana, Madrid. 592 p.

26. Ortega, M. M. (1984). "Catálogo de algas continentales recientes de México. UNAM. México. 566 p.
27. Ortega, M. M., J. L. Godínez, G. S. Garduño y M. M. G. Oliva, (1995) "Ficología de México: Algas Continentales". Editorial AGT Editor S.A., México. 221 p.
28. Palmer, M. Ch. (1962). "Algas en los abastecimientos de agua". Editorial Interamericana S.A. 596 p.
29. Palmer C. M. (1982). "Algae in water supplies". Dept. of Health Education & Wilfare. Public Health service. USA. 577 p.
30. 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.
31. 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.
32. Ramírez, J. J. (2004). "Fitoplancton de agua dulce: aspectos ecológicos, taxonómicos y sanitarios". Editorial Universidad de Antioquia, Colombia. 207 p.
33. Ramírez, V. M., M. Y. Beltrán, G. M. Bojorje, J. J. Carmona, U. E. Cantoral y C. F. Valadez, (2001) "Flora Algal del río la Magdalena, Distrito Federal, México". Bol. Soc. Bot. México 68:45-67.
34. Raven, M. H. y H. Curtis, (1975). "Biología vegetal". Ediciones Omega S. A. de C. V., Barcelona. 716 p.
35. Romero, R. J. A. (1999). "Calidad del agua". 2ª Edición. Editorial Alfaomega. México d.f. 273 p.
36. Salgado, U. I. H., (1991). "El análisis exploratorio de datos biológicos, fundamentos y aplicaciones". Marc-ediciones. UNAM. México. 112 p.
37. Sánchez, R. M. P. y M. M. E. Ponce, (1996). "Métodos hidrobiológicos II, estudio y colecta de organismos marinos, estuario-lagunar y de agua dulce". Editorial Libros de texto, manuales de prácticas y antologías, UAM I, México. 208 p.
38. Schwöerbel, J. (1975). "Métodos de Hidrobiología (biología del agua dulce)". Editorial H. Blume ediciones, Madrid. 262 p.
39. SEPESCA (1986). "Manual de Piscicultura". Editorial Secretaria de Pesca, México. 455 p.

40. Torres, R. O. y J. L. C. García. (1995). "Introducción al manejo de datos limnológicos". Editorial Libros de texto, manuales de prácticas y antologías, UAMI, México. 130 p.
41. 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.
42. Vallentyne, J. R., (1978). "Introducción a la Limnología: los lagos y el hombre". Editorial Ediciones Omega S.A., Barcelona. 164 p.
43. Van Den Hoek, D. G. Mann y H. M. Jahns (2002). "Algae an introduction to phycology". Editorial Cambridge University Press. U. S. A. 623 p.
44. Vargas M. F., (1984). "Parques Nacionales de México y Reservas equivalentes: Pasado, Presente y Futuro". UNAM. México. 266 p.
45. Wetzel, R. G. (1981). "Limnología" Ediciones omega, S. A., Barcelona, España. 679 p.
46. Wetzel, R. G. y G. E. Likens (1995). "Limnological Analyses". 2ª. Edición, Editorial Springer-Verlag, New York. 391 p.
47. Chou, Y. (1986). "Análisis estadístico". Editorial Interamericana. México, D.F. 1986. 808 p.
48. <http://iztapopo.conanp.gob.mx/fauna.php>. Fauna (Enero 2005 y Octubre 2006)
49. <http://200.67.183.230/ZONASDESCARGA/DAEM%202005%20v6.2.pdf> Diagnostico Ambiental del Estado de México por Regiones hidrológicas (Mayo 2005)
50. http://iztapopo.conanp.gob.mx/img/map_reg.png. Mapa Topográfico Amecameca. INEGI (Marzo 2001).
51. <http://iztapopo.conanp.gob.mx/bosque.php>. Vegetación (Octubre 2006)
52. <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15009a.html>. (Octubre 2006)
53. <http://portal.semarnat.gob.mx> (Octubre 2006)
54. <http://www.facmed.unam.mx/sss/nom/normas%20oficiales.html> (Octubre 2006)
55. www.cddhcu.gob.mx/bibliot/publica/iveyana/polisoc/dps03/introagu.html El agua dulce en el mundo (Septiembre 2007)

56. www.invdes.com.mx/antiores/Marzo2000/htm/cna82.htm El agua del mundo (Septiembre 2007)

ANEXO 1

PARÁMETROS

MORFOMÉTRICOS

PROFUNDIDAD DEL ARROYO.

Tabla 12 Datos de los perfiles de profundidad.

ANCHO (cm)	Marzo A	Marzo B	Abril	Mayo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Febrero
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	3.5	0.4	0	1	2	5	1	0	2
20	7.2	0	0	1	1	6	4	4	2
30	9.8	2.9	0	1.5	2	7	2	4	1
40	6	4.5	2.5	0	2	7	4	2	1
50	4.7	6.5	3	3	4	8	5	5	2
60	8.5	8.3	2.5	5	8.5	5	5	3.5	1
70	5.5	0	5	1	11	8	8	4	4
80	0	0	4	0	11	8	8	6	6
90	0.5	0	2	5	10	21	13	10	0
100	2.3	7.8	8.5	1	5	20	15	5	0
110	3	0	2	0	8	20	5	1	4
120	2.3	2	0	0	6	19	5	17	0
130	3	0	4	8	7	12	15	15	4
140	4	3.8	0	1	8	9	17	16	5
150	2	0.8	0	0	9	12	17	5	0
160	1.5	1.5	0	0	5	7	13	3.5	1
170	0	2.8		1	0	8	8	3.5	1
180	0	0		2		8	6		0.5
190	0			2		0	4		0.5
200				1		0	5		0

VELOCIDAD DE CORRIENTE Y CARGA DEL CAUDAL DEL ARROYO LA COMPAÑÍA

Tabla 13. Velocidad de corriente y carga de caudal.

Velocidad de corriente en:	Marzo A	Marzo B	Abril	Mayo.	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Febrero
m/seg	0.2816	0.3093	0.4166	0.2832	0.3829	0.6584	0.5787	0.3427	0.44
cm/seg	28.16	30.93	41.66	28.32	38.29	65.84	57.87	34.27	44
Carga del caudal en:									
Profundidad promedio									
cm ³ /seg	17,067.78	12,097.96	13,131.24	9,034.08	35,976.9	119,131	88,182.31	33,819.35	14,661
L/seg	17.067	12.097	13.131	9.034	35.976	119.131	88.182	33.819	14.661
Área bajo la curva									
cm ³ /seg	17,966.08	12,774.09	13,956.10	9,487.20	38,098	125,096	92,592	35,812.15	15,400
L/seg	17.96608	12.77409	13.9561	9.4872	38.098	125.096	92.592	35.81215	15.4

TAMAÑO DE PARTÍCULA POR MES DEL ARROYO LA COMPAÑIA

Tabla 14. Tamaño de partícula.

NÚMERO DE TAMIZ	Marzo A	Marzo B	Abril	Mayo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Febrero
Tamiz 1 (gramos)	17.036	21.349	25.662	25.39	41.266	21.934	30.254	59.918	35.89
Tamiz 2 (gramos)	2.508	3.2585	4.009	6.388	2.553	2.459	1.8852	3.754098	2.733
Tamiz 3 (gramos)	77.96	74.117	70.275	67.35	56.433	70.196	66.106	35.196	59.929
Tamiz 4 (gramos)	9.467	5.2201	0.9732	1.7113	2.313	6.7213	2.7868	2.172	1.7195

ANEXO 2

PARÁMETROS

HIDROLÓGICOS

PARÁMETROS FÍSICOS POR MES DEL ARROYO LA COMPAÑÍA

Tabla 15. Parámetros físicos.

PARAMETRO	Marzo A	Marzo B	Abril	Mayo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Febrero
Temperatura ambiente (°C)	16	16	16	17	12.5	12.5	17	11.5	18
Temperatura del agua (°C)	14.3	11	13	15	13	10.5	12.4	10.5	12.5
pH	8.2	8.8	7.11	6.765	6.42	8.56	7.75	9.26	7.09
Conductividad μ s	102.6	97	94	89.5	85	70.5	85.6	79	88

PARÁMETROS QUÍMICOS POR MES DEL ARROYO LA COMPAÑÍA

Tabla 16. Parámetros químicos.

PARAMETRO (mg/L)	Marzo A	Marzo B	Abril	Mayo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Febrero
Oxígeno	5.1	4.6	4.2	5.2	6.2	6	4.4	4.6	4.9
Bióxido de carbono	0	2.64	0	2.64	2.86	1.76	1.76	1.32	1.32
Dureza total	45.045	103.103	140.14	143.643	147.147	110.11	124.124	127.127	114.114
Dureza de calcio	8.008	10.8108	35.6356	16.8168	19.6196	22.4224	19.2192	20.02	20.8208
Alcalinidad total	72.5	35.5	65	43.25	31.5	40.5	35	44.5	66.6
Fosfatos	0.144	0.1	0.098	0.111	0.096	0.092	0.092	0.093	0.092
Nitratos	0.023	0.023	0.05	0.021	0.021	0.028	0.0006	0.028	0.007
Nitritos	0.01	0.023	0.026	0.006	0.019	0.017	0.013	0.01	0.054
Amonio	0.0002941	0.017647	0.0002941	0.0002941	0.0320588	0.0002941	0.0167647	0.0002941	0.000294
% De saturación de Oxígeno	73	61	58	75	85	78	60	61	67

ANEXO 3

PARÁMETROS

BIOLÓGICOS

Tabla 17. Densidad de organismos por especie encontrados en agua (org/ml).

DIVISIÓN	ESPECIE	Marzo A	Marzo B	Abril	Mayo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Febrero
Cyanophyta	<i>Anabaena sp.</i>					17				
	<i>Oscillatoria formosa</i>				120	104				
Chlorophyta	<i>Staurastrum longiradiatum</i>								17	
Heterokontophyta	<i>Cocconeis placentula</i>			28	72	35	35	17	52	52
	<i>Diatoma hiemale</i>	122	18		48	52		17	17	174
	<i>Fragilaria capucina</i>	156			168		53	17	226	156
	<i>Gomphonema ventricosum</i>		35	138			106			52
	<i>Navicula spp.</i>	191	884	635	818	643	636	17	191	435
	<i>Nitzschia sp.</i>					17	18	17	52	
	<i>Pinnularia viridis</i>	69	88		24		53			
	<i>Rhoicosphenia curvata</i>	417			793	400			209	261
	<i>Tabellaria fenestrata</i>	17		28		17	18			
TOTAL		972	1025	829	2043	1285	919	85	764	1130

Tabla 18. Densidad de organismos por especie encontrados en sedimento (org/mg).

DIVISIÓN	ESPECIE	Marzo A	Marzo B	Abril	Mayo	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Febrero
Cyanophyta	<i>Anabaena sp.</i>							3		
	<i>Oscillatoria formosa</i>		29			58				
Chlorophyta	<i>Ulothrix aequalis</i>			391						
Heterokontophyta	<i>Cocconeis placentula</i>	10	29	30	54	11	115	3		
	<i>Cymbella minuta y Cymbella prostrata.</i>		29				29			
	<i>Diatoma hiemale</i>	104	348	52	36	23	86	9	4	55
	<i>Fragilaria capucina</i>	332	782	69	117	58	67	54	67	79
	<i>Gomphonema ventricosum</i>	93			63	11	86			
	<i>Navicula spp.</i>	2095	2840	217	612	800	308	303	464	1499
	<i>Nitzschia sp.</i>	21	116			46	144	3		8
	<i>Pinnularia viridis</i>	31	58			35				16
	<i>Rhoicosphenia curvata</i>	187	1246	100	279	116	125	63	82	213
	<i>Tabellaria fenestrata</i>	10		13						24
TOTAL		2883	5477	872	1161	1158	960	438	617	1894

ANEXO 4

CARACTERÍSTICAS DE

LAS ESPECIES

DIVISIÓN	GÉNERO Y ESPECIE	CARACTERÍSTICAS	INDICADOR	FORMA DE VIDA
Cyanophyta	<i>Anabaena sp.</i> (Bory 1822)	Filamentos muy agregados, muy enredados y encerrados en mucílago, amorfos y solitarios. Algunos están pegados y en forma de película, con células cilíndricas y ovadas en forma de barril, heterocistos numerosos e intercalados en el tricoma. Puede formar afloramientos en estanques permanentes y semipermanentes, con características gelatinosas sobre un sustrato. (Prescott, 1962., Palmer, 1982)	El genero se considera indicador de aguas contaminadas.	Planctónica
	<i>Oscillatoria formosa</i> (Vaucher, 1803)	Filamentos elongados, sin una funda. Tricomatos solitarios y dispersos, o formando una amplia y delgada capa de masas. Los filamentos son levemente constrictos a nivel de los tabiques transversales. Células apicales suavemente redondeadas o hinchadas y a veces con una vaina como membrana. Longitud del tricoma 8, 21-6,50 μ , ancho del tricoma 4,10-3,08 μ . (Prescott, 1962)	Aguas contaminadas.	Bentónico
	<i>Spirulina sp.</i> (Turpin, 1827)	Espiral enrollado, tricoma unicelular cilíndrico y no disminuye hacia los ápices (aunque brevemente atenuado en algunas especies); espiral suelto y laxo o cerrado y apretado, enrollado de acuerdo a las especies; el espiral generalmente muy regular; tricomatos sueltos flotando. (Prescott, 1962)		Planctónica, a veces constituye la capa del suelo húmedo
Chlorophyta	<i>Cylindrocapsa sp.</i> (Reinsch, 1867)	Planta corta no ramificada, filamentososa y oblonga, ovoide. Células cuadradas, uniseriadas (pocas veces bisereada o palmeloide), en arreglo y encerrada con una funda gelatinosa dura con lamelaciones sobre células individuales. Cloroplastos (uno para cada célula). Un cuerpo grande y denso, contiene un pigmento central. Filamentos que se conectan a sustratos jóvenes por la adhesión del tubo de mucilageno. (Prescott, 1962)		
	<i>Ulothrix aequalis</i> (Kuetzing, 1845)	Filamentos simples no ramificados sin diferenciación basal y apical o células cilíndricas; células vegetativas uninucleadas, cilíndricas, cloroplasto parietal en forma de banda. (De la Lanza et al., 2000., Prescott, 1962)	Aguas limpias	

DIVISIÓN	GÉNERO Y ESPECIE	CARACTERÍSTICAS	INDICADOR	FORMA DE VIDA
Heterokontophyta	<i>Amphora birugula</i> (Hohn, 1964)	Frústulas principalmente elípticas y lineales con extremidades truncadas ampliamente redondeadas, extremos amplios subtruncados a rostrados. Valvas individuales transapicalmente arqueadas o aguileñas y plegadas por abajo. Valvas con margen dorsal ligeramente convexo liso en toda la valva, margen ventral protuberante en el centro, cóncavo hacia los ápices. Extremos evidentes redondeados. Bandas intercaladas en el lado residual como series longitudinales bisectadas, puntuadas, algo irregularmente colocadas (de 24 a 28 en 10 μ); rafe ligeramente arqueado, extremos proximales del rafe redondeados, extremo distal curvado dorsalmente justo en la última estría dorsal. Estría dorsal (del lado del rafe) radiada, ligeramente más corta en el centro. Estría ventral corta e interrumpida en la parte central de la valva, estrías dorsales en el lado del rafe y dos bandas punteadas en el lado sin rafe. Largo 24-37 μ , ancho de 6-7 μ y frústulas de 15-20 μ . (Patrick y Reimer, 1975)		Epifítica
	<i>Caloneis bacillaris</i> (Grun A. Cl., 1894)	Marcas transversales continuas. Células alargadas en forma de cigarro, pero ligeramente extenso en la region media donde el campo axial es también agrandado. Esta tiene nódulo central y polar. Estrías transversales extendiéndose desde el margen lateral hacia la valva. No presenta septos, ni bandas intercaladas. Las frústulas son rectangulares en la vista estrecha. Inmediatamente dentro de los márgenes de la valva tiene una línea paralela la cual tiene raquetones en la estría transversal la cual frecuentemente aparece como costae. Estas líneas paralelas son cruzadas por poros en la estría la cual se abre dentro de una cavidad en la célula. Largo 18-23 μ , ancho 34-55 μ y estrías 8-10 en 10 μ . (Patrick y Reimer, 1975)	Aguas salobre	Bentónico, nerítico.

DIVISIÓN	GÉNERO Y ESPECIE	CARACTERÍSTICAS	INDICADOR	FORMA DE VIDA
Heterokontophyta	<i>Cocconeis placentula</i> (Boyer, 1927)	Valva elíptica o circular, la valva con rafe es menos convexa que la valva con pseudorafe, mantos pocos profundos, más distinguibles en la valva con rafe que la valva con pseudorafe. Las estrías uniseriadas contienen pequeños poroides redondeados y llegan a presentar areolas loculadas. Los poroides están encerrados por hímenes con perforaciones lineares. En las valvas con rafe las estrías están interrumpidas por un borde submarginal, el cual también se proyecta interiormente. Cíngulo con pocas bandas delgadas sin poros. Valvas elípticas, 8.55-10.44 μ de diámetro, longitud 17.37-18 μ . Rafe delgado, recto; área central pequeña; estrías pequeñas y radiales 20-23 en 10 μ finamente punteadas; valva sin rafe, con un pseudorafe estrecho, estrías 19-20 en 10 μ . (Patrick y Reimer, 1975)	Aguas limpias	Epifítica, perifítica, deslizamiento de remanso.
	<i>Cymbella minuta</i> (Berk, 1894)	Valvas dorsoventrales, margen variado a ligeramente amplio. Terminaciones ligeramente fijas hacia la valva del cuerpo y algo encorvado ventralmente; en algunas formas sus terminaciones son apenas perceptibles. Área axial estrecha, linear, ventralmente desplazada y casi paralela al margen ventral. Área central pequeña o no tiene. Rafe filiforme, usualmente recto, pero en algunas pequeñas formas puede ser arqueado. Rafe proximal final dorsalmente desviado. Estría dorsal paralela ligeramente extendida; estría dorsal central termina con un estigma diminuto; estría ventral usualmente muy extendida en la porción media de la valva. Estría 14-16 en 10 μ , largo 9-ca 28 μ y ancho 4.5-6 μ . (Patrick y Reimer, 1975)	Aguas limpias	Bentónica
	<i>Cymbella prostrata</i> (Hilse, 1862)	Valvas moderadas dorso ventrales, con un margen arqueado dorsal y suavemente convexo o amplio. Terminaciones distinguidas únicamente por las valvas del cuerpo. Cuerpo ancho, desafilado y algo encorvado ventralmente. Área axial linear cercana a una línea media en la valva. Área central relativamente pequeña. Rafe recto, final proximal redondeado y dorsalmente desviado; final distal con pequeños nódulos curvados ventralmente. Estría 7-9 en 10 μ , largo 40-80 μ y ancho 14-30 μ . (Patrick y Reimer, 1975)	Aguas limpias	Bentónica, adherida a un sustrato.

DIVISIÓN	GÉNERO Y ESPECIE	CARACTERÍSTICAS	INDICADOR	FORMA DE VIDA
Heterokontophyta	<i>Diatoma hiemale</i> (Roth, 1844)	Frústulas, formando zigzag o filamentos coloniales rectos. Frústulas en vista estrecha rectangular, algunas veces presenta bandas intercaladas, septo ausente, vista valvar lineal o elíptica, valva transversal por entre costados con estrías, las cuales son usualmente punteadas indistintamente. Pseudorafe muy café a oscuro. Valva linear lanceolada a linear. Pseudorafe bastante ancho de la porción de en medio de la valva, se va estrechando hacia los ápices. Costas 2-4 en 10 μ , estrías 18-20 en 10 μ , longitud 30-100 μ y ancho 7-13 μ . (Patrick y Reimer, 1975)	Ambientes de agua dulce fría y limpia.	
	<i>Diploneis puella</i> (Schum., 1867)	Valvas elípticas, silicio encerrado en el rafe lineal, angosto y distinto, el área central más larga más que ancha, redondeada, longitudinalmente con canales angostos, lineal, área curvada alrededor del área central, costados radiados de 14-18 en 10 μ . Entre el costado angosto alveolado, de largo 13-27 μ . De ancho 6-14 μ . (Prescott, 1962)		
	<i>Fragilaria capucina</i> (Rabh, 1864)	Frústulas formando largos filamentos, valvas lineales y redondeadas, los ápices en forma de cuña, con el rafe de forma distinta. El área central usualmente rectangular, a veces algo redondeado en apariencia; casi alcanzando los márgenes de las valvas. Estrías paralelas, 14-18 en 10 μ , largo variable, usualmente 40-100 μ . No obstante puede ser que tenga 25-170 μ de largo, ancho 2-5 μ . (Prescott, 1962)	Aguas limpias	Adherida a un sustrato.
	<i>Gomphonema ventricosum</i> (Agardh, 1832)	Frústulas en vista estrecha en forma de cuña. Bandas intercaladas y septo verdadero ausente. Valva simétrica al eje longitudinal, asimétrico al eje transversal. Estría compuesta de más o menos líneas distintas de poros. Rafe delgado y central. Valvas anchas hacia la region media, se estrecha hacia los polos redondeados; ápice redondeado y base muy estrecha; área axial estrecha; área central larga, con un estigma en uno de sus lados; rafe delgado; estrías radiadas, paralelas al eje principal y no fuertemente radiadas en la base. (Patrick y Reimer, 1975)		Epifítica

DIVISIÓN	GÉNERO Y ESPECIE	CARACTERÍSTICAS	INDICADOR	FORMA DE VIDA
Heterokontophyta	<i>Navicula sp.</i> (Ehrenberg, 1880)	Frústulas sin bandas intercaladas. Algunos taxos tienen platos internos pero que no son septos verdaderos adheridos a las bandas intercalares. Valvas lineares lanceoladas y de forma elíptica. Un rafe simple esta presente en ambas valvas y el área axial se extiende a todo lo largo de la valva. Las estrías están compuestas de distintas e indistintas puntas, usualmente tiene dos cloroplastos en cada frústula. (Patrick y Reimer, 1975)		
	<i>Navicula platalea</i> (Ehrenberg, 1878)	Las células pueden variar considerablemente de forma, especialmente en las formas de las valvas aunque principalmente presentan forma naviculoides, algunas veces distintamente en los ápices. Tiene un rafe en ambos lados de las valvas. (Patrick y Reimer, 1975)	Aguas dulces.	Planctónicas.
	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitz, 1837)	Valva lineal, lanceolada o elíptica, con poros rostrados o capitados, algunas veces con margen ondulante, cara valvar plana o curvada, ligeramente ondulada en el borde del manto. La superficie de la valva frecuentemente presenta ornamentaciones. Estrías básicamente multiseriadas, con frecuencia encerradas en cámaras (alvéolos) están constituidas por hileras de pequeños poroides ocluidos en hímenes. La pared interior tiene un plato sencillo perforado por una larga elongación transapical, la cual tiene abertura hacia el exterior. Presenta en la vista externa pequeños orificios redondeados que en el interior de la pared están formados por simples estrías multiseriadas. Área axial angosta: Área central algo redondeada, pequeña. Rafe central complejo. En la vista externa los	Aguas limpias	Perifítica, epilítica, y deslizamiento remanso.

DIVISIÓN	GÉNERO Y ESPECIE	CARACTERISTICAS	INDICADOR	FORMA DE VIDA
Heterokontophyta		extremos centrales son ensanchados, en los polos se presenta una fisura larga en forma de gancho. En la vista interna los extremos centrales giran hacia el sitio primario donde terminan en un prominente nódulo, o en fisuras continuas. Con frecuencia los extremos centrales del rafe no se superponen. El cíngulo consiste en pocas bandas abiertas, la primera banda esta más ensanchada y contiene una hilera de polos alargados. (Patrick y Reimer, 1975)		
	<i>Rhoicosphenia curvata</i> (Kütz)	Vista valvar con un contorno ovoide estriado con un polo de fijación estrecho y el ápice más largo, la vista conectiva es trapezoide pero doblada al medio en forma de ángulo obtuso, en ellas se muestran dos tabiques perforados reducidos en las cortas laminas polares, la valva cóncava tiene un rafe normal mientras que la otra, posee un pseudorafe y sus extremos presentan un rafe muy reducido y corto. Las dos valvas están ornamentadas de finas estrías. (Patrick y Reimer, 1975)		Adherida a un sustrato.
	<i>Tabellaria fenestrata</i> (Berlin, 1940) (Lyngb. Kütz)	Frústula formando zigzag o filamentos. En vista estrecha rectangular. Bandas intercaladas y septo presente. En la vista estrecha el septo aparece como líneas cortas y engrosadas. En vista valvar el septo se extiende a varias longitudes bajo la superficie de la valva. Valva finamente estriada. Vista estrecha con cuatro o menos septos los cuales están doblados por fuera desde la valva por una corta distancia por abajo del punto de inserción. Cinco septos raramente observados. No presenta septos rudimentarios. En la vista valvar lineal; septo inflado en el centro de la valva y en ápices distintamente capitados. El ancho de la valva en la porción media y en los ápices en el mismo. El poro gelatinoso se localiza cerca del centro de la inflación media. Pseudorafe distinto, algunas veces algo más amplio en el centro de la valva formando un área central pequeña de forma variable. Estrías paralelas de 14-18 en 10 μ ; longitud de 25-116 μ , usualmente de 40-75 μ ; ancho en la porción media de 5-10 μ pero ocasionalmente menor.	Aguas limpias	

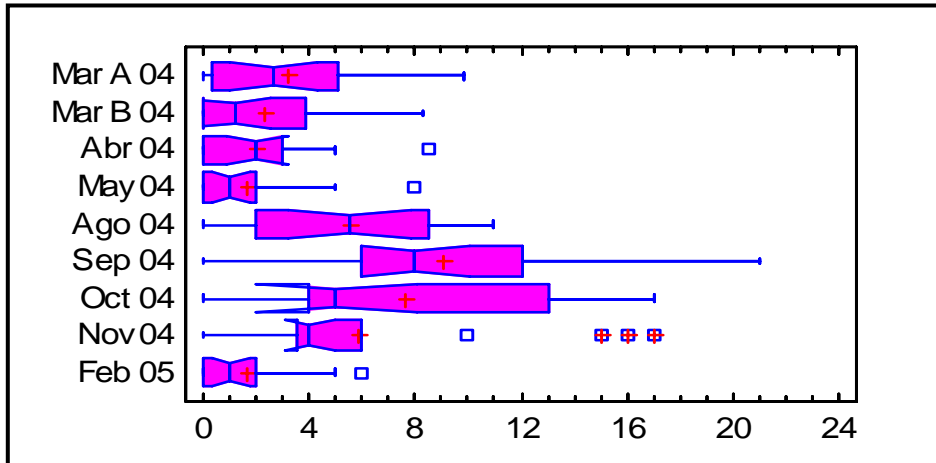
ANEXO 5

DIAGRAMAS

DE CAJA

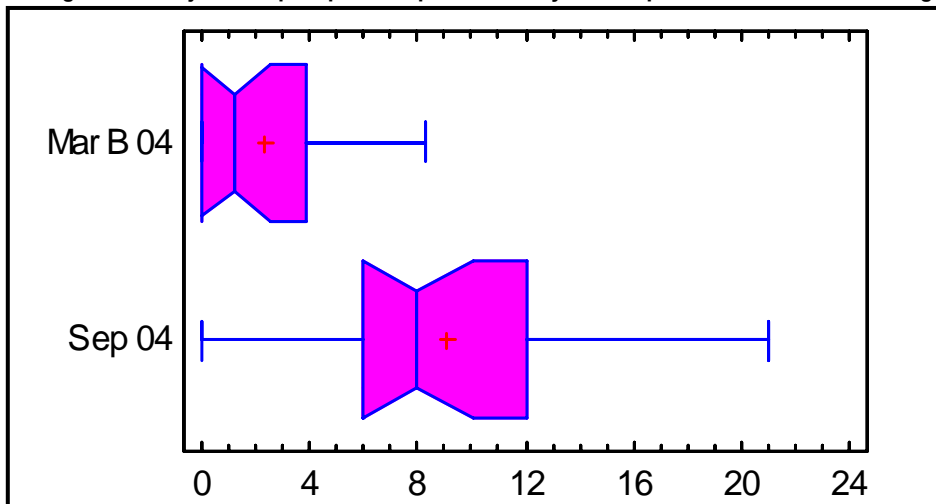
Los valores de los perfiles de profundidad, muestran una variación a lo largo del ciclo, registrando el valor más alto en el mes de septiembre y el menos profundo en febrero. Se pueden distinguir dos épocas una de lluvias y una de secas. La época de lluvias se observa del mes de agosto al mes de noviembre, la época de secas va de febrero a mayo. Se distinguen varios valores extraordinarios. (Figura 59)

Figura 59. Diagrama de cajas múltiples para los perfiles de profundidad a lo largo del estudio.



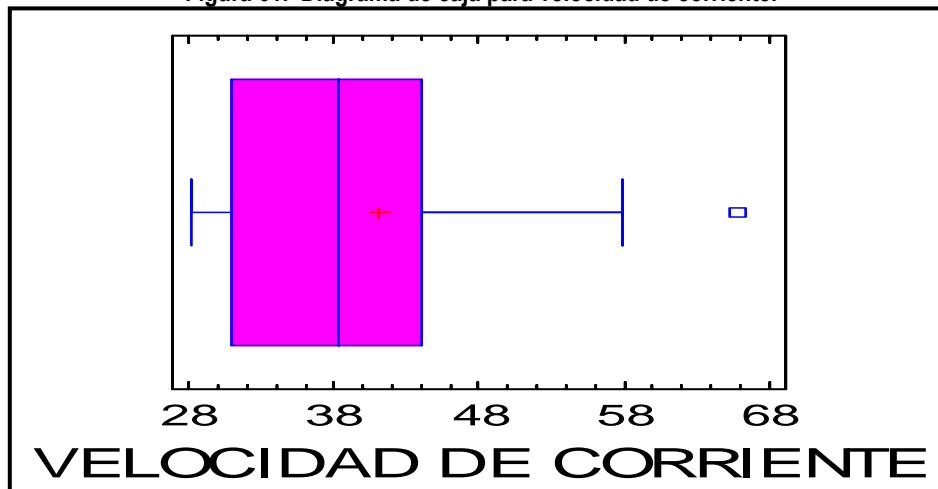
Lo que se puede observar es que en el mes menos profundo tiene valores de profundidad que van de 0-8 cm de profundidad con una mayor concentración de valores de 0-4 cm de profundidad, en el mes más profundo los valores van de 0-21 cm de profundidad encontrándose más valores de 6-12 cm de profundidad, observándose así una diferencia significativa entre ambas épocas. (Figura 60)

Figura 60. Diagrama de cajas múltiples para los perfiles más y menos profundos del sitio a lo largo del ciclo.



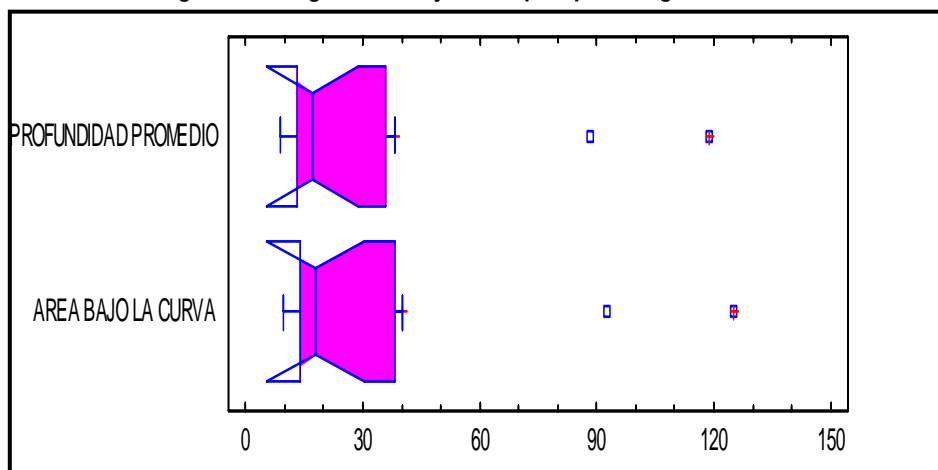
Los valores de velocidad de corriente van de 28-66 cm/seg, la mayor concentración de valores se da de 30-44 cm /seg, la mediana se encuentra en 38 cm/seg y un valor extraordinario de 66 cm/seg. (Figura 61)

Figura 61. Diagrama de caja para velocidad de corriente.



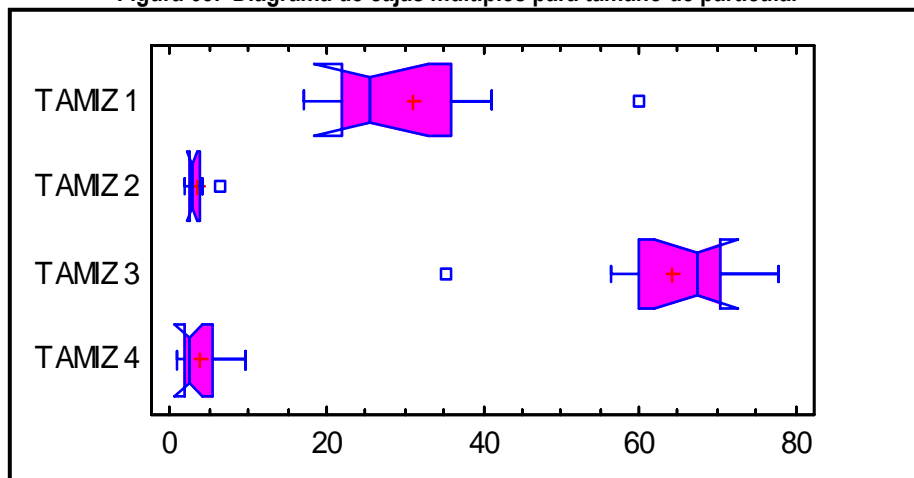
El diagrama de cajas muestran valores que van de 9-125 L/seg aproximadamente con la mayor concentración de datos en el rango de 15-40 L/seg aproximadamente, con dos valores extraordinarios de 92 y 120 L/seg. Mostrando de igual forma que las graficas se comportan de forma similar, podríamos decir que casi iguales. (Figura 62)

Figura 62. Diagrama de cajas múltiples para carga del caudal.



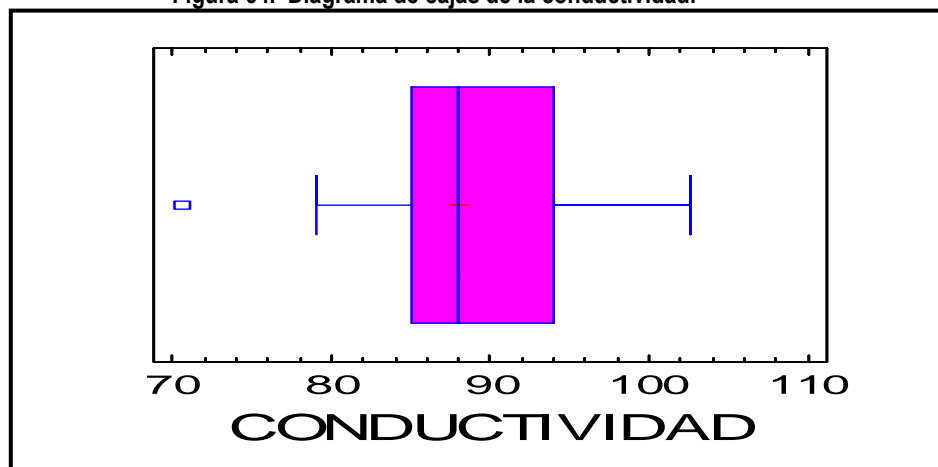
El tamaño de partícula más abundante es la arena mediana, con un valor mínimo extraordinario de 35 grs, un máximo de 80 grs. y presenta más valores en el rango de 60-70 grs. Y la menos abundante es la grava fina de 2.38 mm (2) que presenta un valor máximo extraordinario de 5 grs., y un mínimo de 2grs con mayor número de valores en el rango de 3-4 grs. la grava fina de 3.36 mm presenta un valor máximo de 60 grs. y un mínimo de 18 grs., con una concentración en el rango de 22.5-37.5 grs. La arena fina va de 1-10 grs., con mas valores de 2.5-5 grs. (Figura 63)

Figura 63. Diagrama de cajas múltiples para tamaño de partícula.



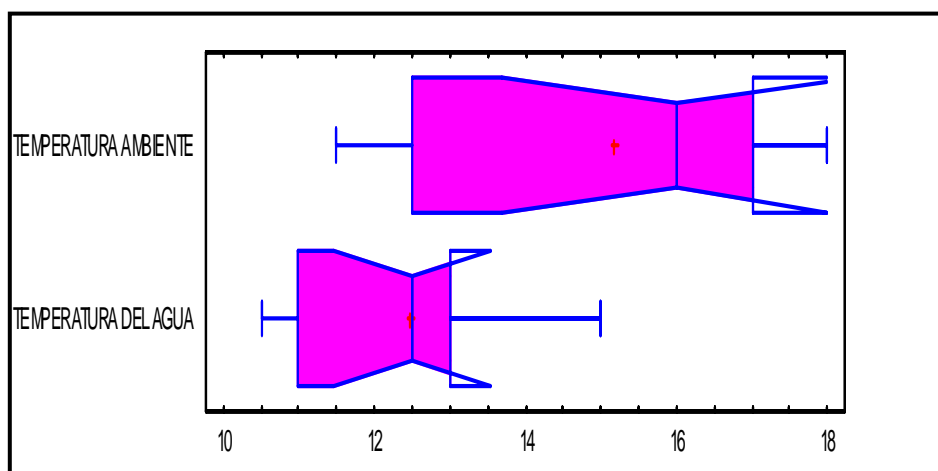
Se muestra que el valor mínimo extraordinario para la conductividad es de 70 μ s y los valores van de 70-105 μ s con mayor concentración en el rango de 84-94 μ s, con una mediana de 88 μ s. (Figura 64)

Figura 64. Diagrama de cajas de la conductividad.



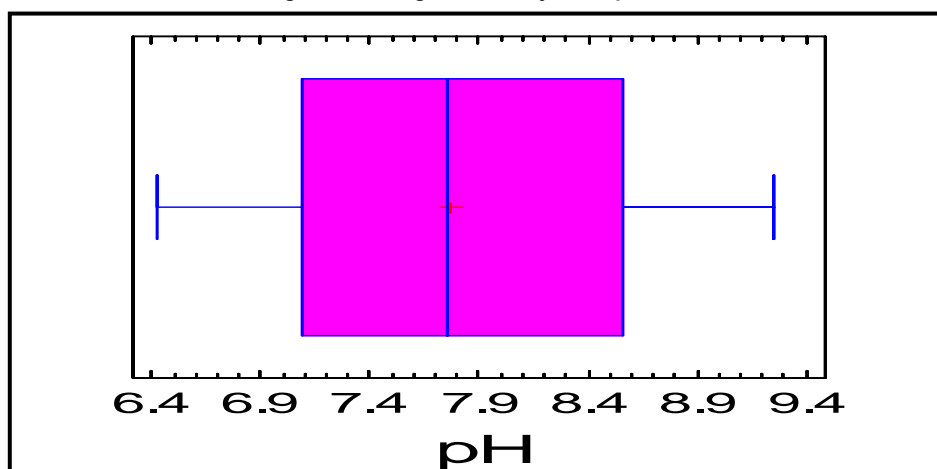
La temperatura ambiente mostró valores de 11-18 °C, con la mayor parte de sus valores en el rango de 13-17 °C y la temperatura del agua con valores que van de 10.5-15 °C, y la mayoría va de 11-13°C. Todos estos valores pueden ser consultados en el *anexo 2*. (Figura 65)

Figura 65. Diagrama de cajas múltiples de la temperatura ambiente y del agua.



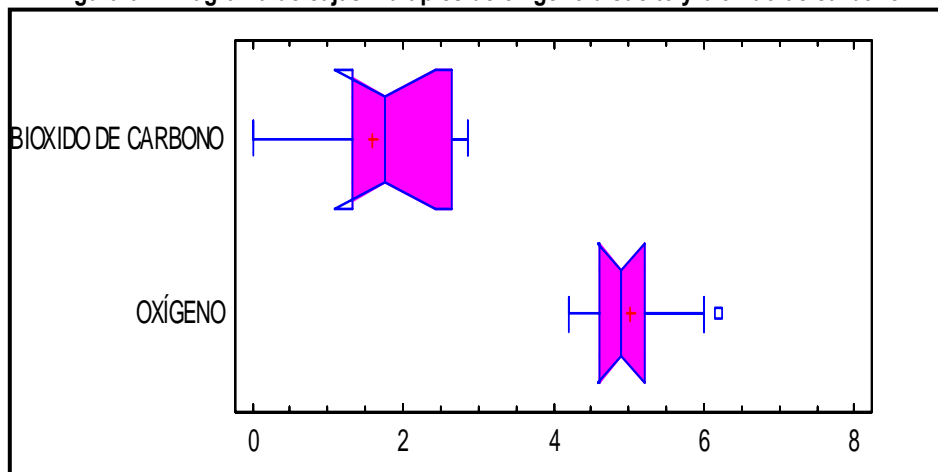
El rango que se registro en el pH a lo largo del ciclo, va de 6.4-9.3. Registrándose la mayor parte de valores en el rango de 7.1-8.6 y una mediana de 7.8. (Figura 66)

Figura 66. Diagrama de cajas del pH.



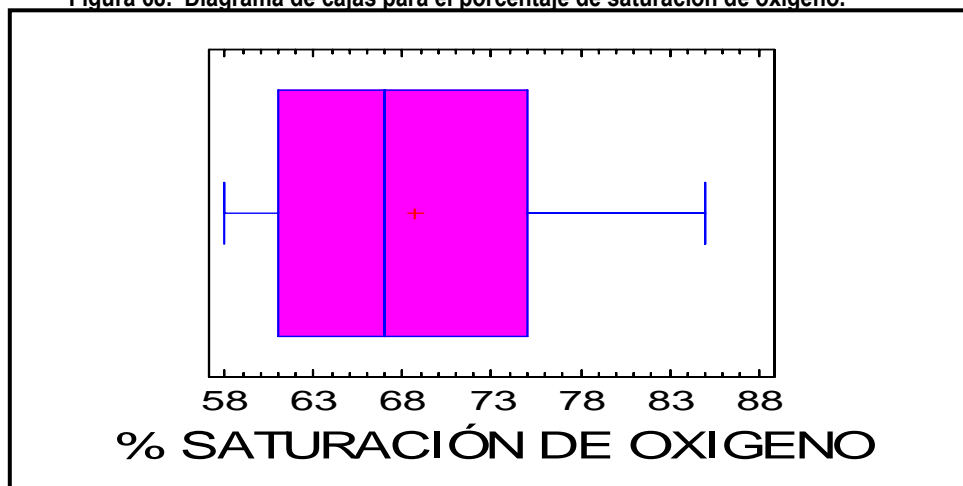
El oxígeno disuelto presenta un valor mínimo de 4.2 mg/L, con un rango de valores que van de 4-6.5 mg/L, un valor extraordinario de 6.5 mg/L y la mediana de 5 mg/L. El bióxido de carbono va de 0-3 mg/L con la mayor parte de valores que van de 1- 2.5 mg/L y la mediana de 1.8 mg/L (Figura 67)

Figura 67. Diagrama de cajas múltiples de oxígeno disuelto y bióxido de carbono.



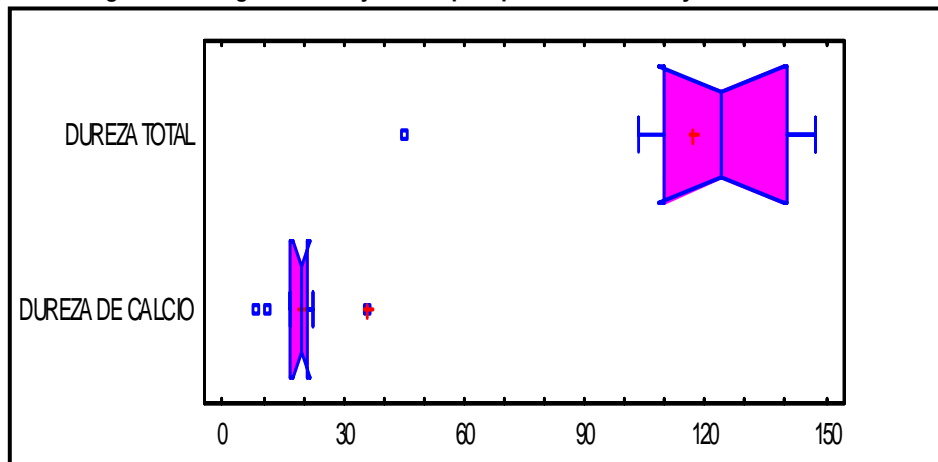
El porcentaje de saturación de oxígeno presenta un valor mínimo de 58 % de saturación y un máximo de 85 % de saturación y la mayor concentración va de 61-75 % de saturación. (Figura 68)

Figura 68. Diagrama de cajas para el porcentaje de saturación de oxígeno.



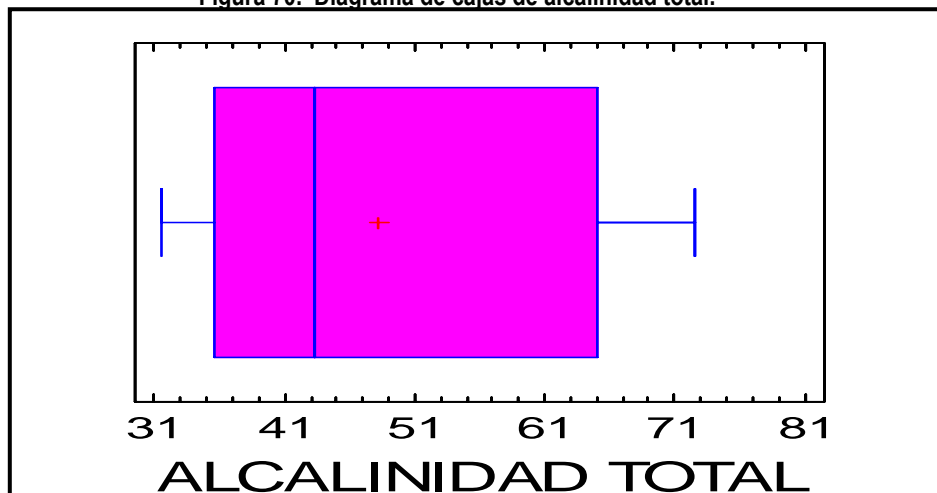
La dureza de calcio va de 8-36 mg/L con mayor concentración de 15-20 mg/L, mostrando tres valores extraordinarios. La dureza total que va de 45-145 mg/l con la mayor concentración de 110-140 mg/l, con un valor mínimo extraordinario de 45 mg/l. (Figura 69)

Figura 69. Diagrama de cajas múltiples para dureza total y dureza de calcio.



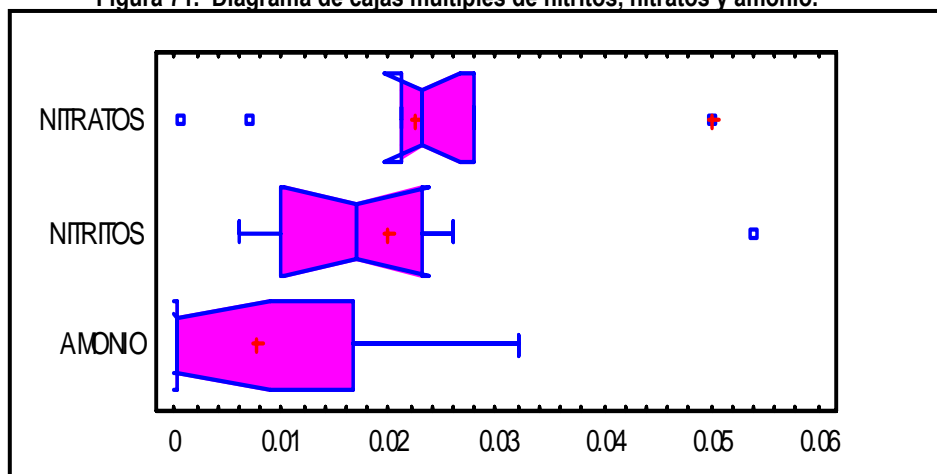
La alcalinidad total presenta valores que van de 31-72 mg/L con mayor concentración de 42-62 mg/L. (Figura 70)

Figura 70. Diagrama de cajas de alcalinidad total.



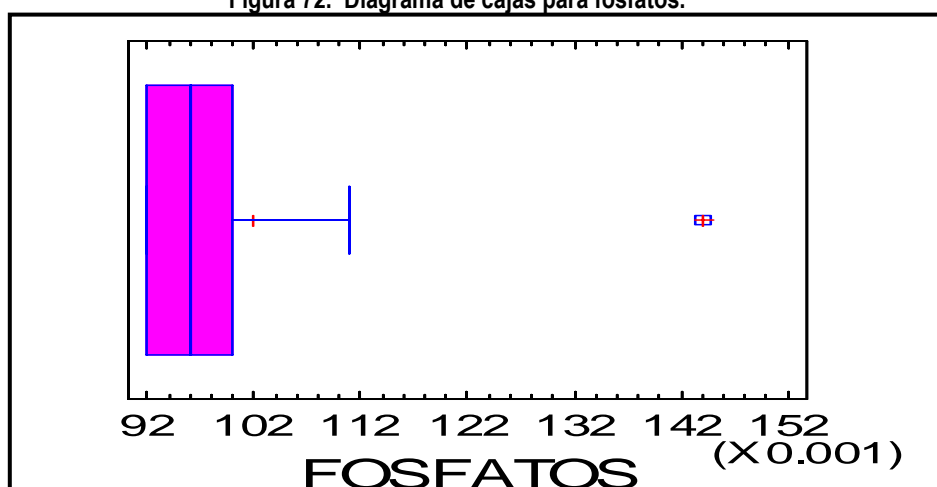
El amonio presenta valores de 0.0002-0.03 mg/L, los nitritos van de 0.006-0.055 mg/l con mayor concentración de 0.01-0.024 mg/L y un valor máximo de 0.055 mg/L y los nitratos con valores de 0.0006-0.05 mg/L con mayor concentración de 0.02-0.026mg/L. (Figura 71)

Figura 71. Diagrama de cajas múltiples de nitritos, nitratos y amonio.



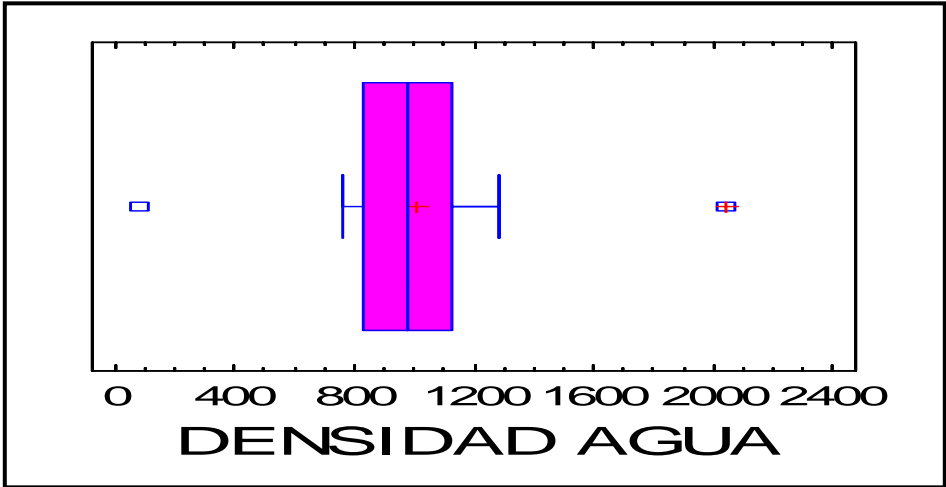
Los fosfatos presentan valores de 0.092-0.144 mg/L con un valor máximo extraordinario de 0.144 mg/L y mayor concentración de valores en el rango de 0.092-0.101 mg/L. (Figura 72)

Figura 72. Diagrama de cajas para fosfatos.



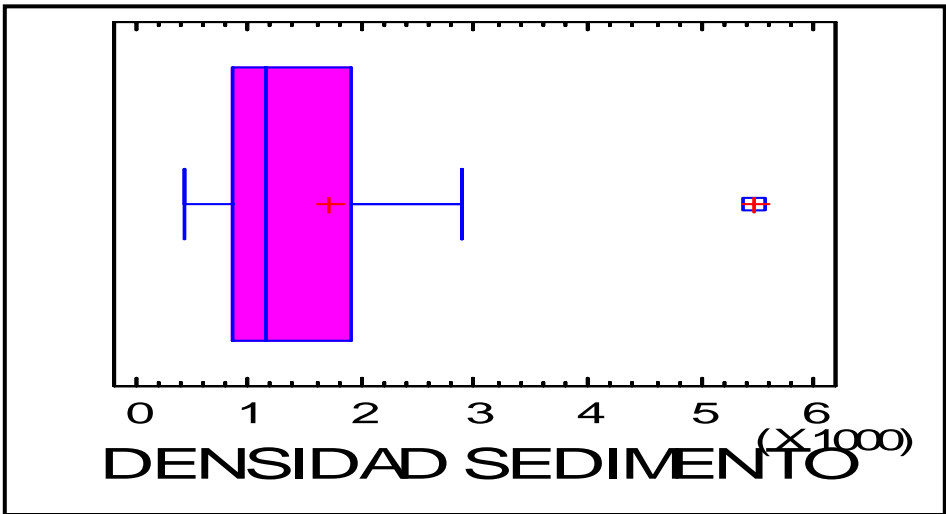
El comportamiento de la densidad de organismos en agua la que va de 100-2,050 org./ml, la mayor concentración de organismos va de 800-1,200 org./ml. Con dos valores extraordinarios uno de 100 org/ml y otro de 2,050 org/ml. Y una mediana de 1,000 org/ml. (Figura 73)

Figura 73. Diagrama de cajas de densidad de organismos en agua.



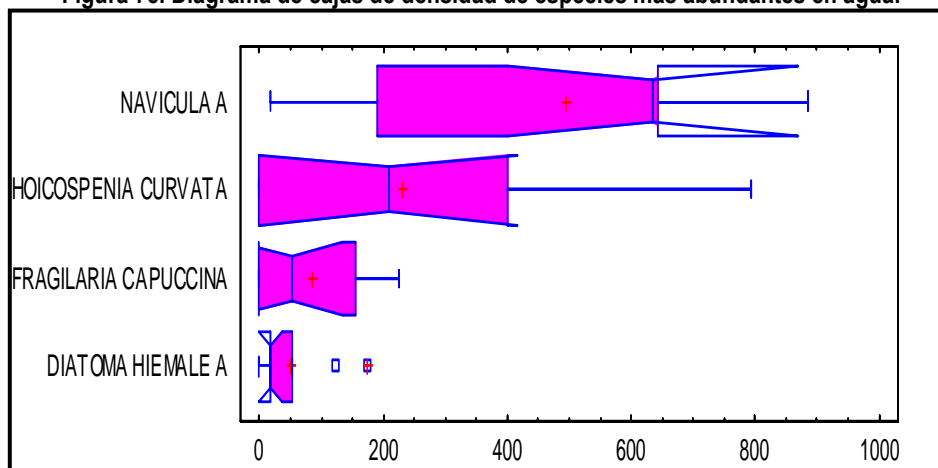
Se puede observar que la densidad de organismos en sedimento tiene valores más altos que en agua pues tiene un mínimo de 400 org/mg y un valor alto de 5,400 org/mg con mayor concentración en 800-2,000 org/mg, una mediana de 1,200 org/mg. Y un valor extraordinario de 5,400 org/mg. (Figura 74)

Figura 74. Diagrama de cajas de densidad de organismos en sedimento.



Se observa que la especie más abundante es *Navicula spp.* que tiene valores que van de 20-900 org/ml, con mayor concentración de valores de 200-650 org/ml y una mediana de 640 org/ml. *Rhoicosphenia curvata* presento valores de 0-800 org/ml, con mayor concentración de 0-400 org/ml y una mediana de 210 org/ml. *Fragilaria capucina* mostró valores de 0-180 org/ml, una mediana de 50 org /ml y mayor concentración de valores de 0-160 org/ml. Y de las especies más abundantes la que menos organismos presento fue *Diatoma hiemale* con valores que van de 0-180 org/ml, con dos valores extraordinarios una de 125 org/ml y otro de 180 org/ml y mayor concentración de valores de 20- 50 org /ml. (Figura 75)

Figura 75. Diagrama de cajas de densidad de especies más abundantes en agua.



Navicula spp. es la especie más abundante con valores de 300-2,800 org/mg, con una mediana de 600 org/mg y mayor concentración de valores de 400-1,500 org/mg. En seguida se encuentra *Rhoicosphenia curvata* con valores que van de 100-1,300 org/mg, con un valor extraordinario de 1,300 org/mg. *Fragilaria capucina* presenta dos valores extraordinarios; el primero de 800 org/mg y el segundo de 300 org/mg, con valores que van de 50-800 org/mg. *Diatoma hiemale* presenta valores de 0-350 org/mg y un valor extraordinario de 350 org/mg. (Figura 76)

Figura 76. Diagrama de cajas de densidad de especies más abundantes en sedimento.

