



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Estudios Superiores

Zaragoza

**“Estudio de las condiciones ambientales y
composición microalgal en cuerpos de agua de los
Parques Nacionales Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

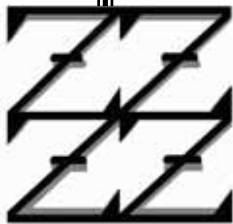
PRESENTA

CLAUDIA MARINA MIGUEL SANTIAGO

Directora

Bióloga: Angélica Elaine González Schaff

2006





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.

DEDICATORIA

Por mi familia:

Con gratitud infinita a mis padres Héctor Miguel y Carmelita Santiago, por permitirme crecer a su lado.

A mis queridos hermanos Imelda, Héctor, Mayra y Carmen por ser tan especiales.

Por las vivencias compartidas a mis tíos Mario, Natalia, Paco, Graciela, Gloria, Ismael, Josefina e Irene
A todos mis primos.

A la familia Ríos Miranda, especialmente a Rafael por su amor, comprensión y paciencia; porque he disfrutado estar a su lado.

Para mis amigos:

Porque son parte fundamental en mi vida...

Mis amigos de siempre:

Brisa: sincera, Lety: valiente, Lucy: breve, Tavo: sabio, Moy: original, Juan: sereno, Lalo: espontáneo, Omar: brillante, Oscar: discreto, Martha: perseverante, Daniel: perdurable, gracias a todos por los momentos que pasamos juntos.

A mis amigos de carrera:

July y Lalo: incondicionales, Fercho: persistente, Gisela: carismática. Luis Antonio: franco, Hugo: alegre, Carlitos: sensato, Fausto: solidario, Leo: oportuno, Pato: inesperado y José Luis: analítico.

Con cariño singular a todos mis inseparables del Museo de la luz, por enseñarme a redescubrir las cosas importantes de la vida: Memo, Poncho, Lili, Viri, Yaz, Mariana, Rebe, Bety y Adan.

Con afecto especial a mis amigos de trabajo: Sarah y Rubén por su paciencia, Alberto Ceciliano por su confianza, Adair, Delfi, Epifanio y Alberto Raso por todo el apoyo brindado. A Daniel Martínez, Oscar Maya, Yesenia, Narciso, Jorge Sandín, Carolina y Adalinda por los momentos compartidos.

Por su aparición oportuna a Noé y Arturo. A los pollos: Gabriel y Javier por ser tan únicos.

Agradecimiento especial a todos mis profesores y amigos:

Alfredo, Angelina, Verónica, Luis Rubén, M^a Inés, Alma Gloria, Patricio Vargas, M^a Teresa y Armando Blanco. Guadalupe Corona, Arturo Cano, José Núñez, Samuel Campos, Rubén Sulbarán, Armando Cervantes, Paty Rivera, Marisela Valdés por su afectuosidad, Arcadio Monroy por su confianza, Carlos Montoya, Patricia Rosas y Rosalba Rangel.

Por haber hecho que el camino fuera mas sencillo de andar.

A todos mis compañeros y alumnos de la Preparatoria Telpochcalli.

Expresar tomo mi agradecimiento a la vida en una página seria imposible, esta meta es por y para todos los que me han dejado enseñanzas invaluables.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme adoptado y concedido el honor de pertenecer a ella, así como a todos los que hacen posible su existencia.

A la FES Zaragoza y todos los que forman parte de, pues ha sido una de las etapas más importantes en mi vida.

Agradecimiento infinito a mi directora y amiga Angélica González Schaff, por su paciencia y comprensión, por compartirme sus experiencias profesionales y personales que recuerdo con cariño.

Dra. Bertha Peña por sus comentarios oportunos y exigencia personal, gracias por dar en cada momento lo mejor de sí.

Dra. Alejandrina Ávila por sus comentarios en favor de enriquecer este trabajo.

M. en C. Guillermo Blancas por sus invaluable observaciones, por la convivencia personal: un gran profesor y amigo.

M en C. Ernesto Mendoza, porque aún sin conocerme me brindó su confianza y apoyo, gracias por sus sugerencias concretas y acertadas.

Con aprecio al M. en C. Eliseo Cantellano de Rosas por su colaboración desinteresada en culminar este trabajo. MUCHAS GRACIAS por compartirme su amistad.

A mi querida amiga y colega Julia Villegas, por su apoyo académico y moral, gracias por tantos momentos inolvidables.

CONTENIDO

1- INTRODUCCIÓN	1
2- MARCO TEÓRICO	3
3- ANTECEDENTES	5
4- ÁREA DE ESTUDIO	6
4.1 Descripción general de los Parques Nacionales	6
4.2 Suelos	6
4.3 Hidrología	7
4.4 Climas	8
4.5 Zona de influencia	9
4.6 Mapa de ubicación	10
5- OBJETIVOS	11
6- MATERIAL Y MÉTODOS	12
6.1 Fase de campo	12
6.2 Fase de laboratorio	13
6.3 Fase de gabinete	14
7- RESULTADOS	15
Cuenca Moctezuma	15
Parámetros físicos y químicos	15
Altitud y separación de texturas en sedimento	15
pH, oxígeno disuelto y dióxido de carbono	15
Temperatura ambiente y del agua	16
Amonio, nitritos y ortofosfatos	16
Conductividad, alcalinidad, dureza total y dureza de calcio	17
Microalgas en al Cuenca Moctezuma	17
Densidad microalgal en sedimento y en agua	17
Composición microalgal en agua	17
Composición microalgal en sedimento	18
Cuenca Atoyac	18
Parámetros físicos y químicos	18
Altitud	18
Separación de texturas en sedimento	19
pH, oxígeno disuelto y dióxido de carbono	19
Temperatura ambiente y del agua	19
Amonio, nitritos y ortofosfatos	20
Conductividad, alcalinidad, dureza total y dureza de calcio	20
Microalgas en al Cuenca Atoyac	21
Densidad microalgal en sedimento y en agua	21
Composición microalgal en agua	21
Composición microalgal en sedimento	21

Cuenca Amacuzac _____	22
Parámetros físicos y químicos	22
Altitud y separación de texturas en sedimento	22
Temperatura ambiente y del agua	22
pH, oxígeno disuelto y dióxido de carbono	23
Amonio, nitritos y ortofosfatos	23
Conductividad, alcalinidad, dureza total y dureza de calcio	24
Microalgas en al Cuenca Amacuzac _____	24
Densidad microalgal en sedimento y en agua	24
Composición microalgal en agua	24
Composición microalgal en sedimento	25
Mapas ilustrativos de parámetros _____	26
Oxígeno	26
Amonio	27
Ortofosfatos	28
Dureza total	29
Mapas ilustrativos de especies microalgales _____	30
Proporciones microalgales en agua y sedimento	30
Riqueza de especies	31
Especies registradas	32
Distribución de <i>Chlorella sp.</i>	34
Distribución de <i>Cocconeis sp.</i>	35
Distribución de <i>Euglena sp.</i>	36
Distribución de <i>Lyngbia sp.</i>	37
Distribución de <i>Navicula sp.</i>	38
Distribución de <i>Oscillatoria sp.</i>	39
Distribución de <i>Phacus sp.</i>	40
Distribución de <i>Rhoicosphenia sp.</i>	41
Distribución de <i>Ulothrix sp.</i>	42
Imágenes de algas	43
8-. DISCUSIÓN _____	45
Cuenca Moctezuma	45
Cuenca Atoyac	48
Cuenca Amacuzac	49
Diagramas de cajas múltiples con muesca	50
9-. CONCLUSIONES _____	59
10-. LITERATURA CITADA _____	60
11-. ANEXO I _____	63

INDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1-. Altitud de los sitios en la Cuenca Moctezuma _____	15
Gráfica 2-. Separación de texturas en sedimento	15
Gráfica 3-. pH, oxígeno disuelto y dióxido de carbono	15
Gráfica 4-. Registros de temperatura ambiente y del agua en la Cuenca Moctezuma	16
Gráfica 5 -. Concentraciones de amonio, nitritos y ortofosfatos	16
Gráfica 6-. Conductividad, alcalinidad, dureza total y dureza de calcio	17
Gráfica 7-. Recuentos de microalgas en sedimento y en agua	17
Gráfica 8-. Proporciones por división de microalgas en muestras de agua	17
Gráfica 9-. Proporciones por división de microalgas en muestras de sedimento	18
Gráfica 10- Altitud de los sitios en la Cuenca Atoyac _____	18
Gráfica 11-.Separación de texturas en sedimento	19
Gráfica 12-.pH, oxígeno disuelto y dióxido de carbono	19
Gráfica 13-.Registros de temperatura ambiente y del agua en la Cuenca Atoyac	19
Gráfica 14-.Concentraciones de amonio, nitritos y ortofosfatos	20
Gráfica 15-.Conductividad, alcalinidad, dureza total y dureza de calcio	20
Gráfica 16-.Recuentos de microalgas en sedimento y en agua	21
Gráfica 17-.Proporciones por división de microalgas en muestras de agua	21
Gráfica 18-.Proporciones por división de microalgas en muestras de sedimento	21
Gráfica 19-.Altitud de los sitios en la Cuenca Amacuzac _____	22
Gráfica 20-.Separación de texturas en sedimento	22
Gráfica 21-.Registros de temperatura ambiente y del agua en la Cuenca Amacuzac	22
Gráfica 22-.pH, oxígeno disuelto y dióxido de carbono	23
Gráfica 23-.Concentraciones de amonio, nitritos y ortofosfatos	23
Gráfica 24-.Conductividad, alcalinidad, dureza total y dureza de calcio	24
Gráfica 25-.Recuentos de microalgas en sedimento y en agua	24
Gráfica 26-.Proporciones por división de microalgas en muestras de agua	25
Gráfica 27-.Proporciones por división de microalgas en muestras de sedimento	25

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-. Datos de los sitios localizados en la Cuenca Moctezuma. _____	64
Tabla 2-. Datos de los sitios localizados en la Cuenca Atoyac _____	66
Tabla 3-. Datos de los sitios localizados en la Cuenca Amacuzac _____	68

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-. Localización de los sitios las diferentes Cuencas _____	10
Figura 2-. Concentraciones de oxígeno disuelto medidas en los sitios de muestreo	26
Figura 3-. Concentraciones de amonio en los lugares de muestreo	27
Figura 4-. Concentraciones de ortofosfatos medidas en los lugares de trabajo	28
Figura 5-. Indica las concentraciones de dureza total medidas en los sitios de muestreo	29
Figura 6-. Proporciones de organismos en agua y en sedimento	30
Figura 7-. Riqueza de especies presentes en muestras recolectadas, agua y sedimento	31
Figura 8-. Sitios en los cuales se registró la presencia de <i>Chlorella sp.</i> _____	34
Figura 9-. Sitios en los cuales se registró la presencia de <i>Cocconeis sp.</i>	35
Figura 10-. Sitios en los cuales se registró la presencia de <i>Euglena sp.</i>	36
Figura 11-. Sitios en los cuales se registró la presencia de <i>Lyngbia sp.</i>	37
Figura 12-. Sitios en los cuales se registro la presencia de <i>Navicula sp.</i>	38
Figura 13-. Sitios en los cuales se registró la presencia de <i>Oscillatoria sp.</i>	39
Figura 14-. Sitios en los cuales se registró la presencia de <i>Phacus sp.</i>	40
Figura 15-. Sitios en los cuales se registró la presencia de <i>Rhoicosphenia sp.</i>	41
Figura 16-. Sitios en los cuales se registró la presencia de <i>Ulothrix sp.</i>	42

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

	Pág.
Diagrama 1-. Comparación de los valores de pH en las agrupaciones_____	50
Diagrama 2-. Valores de temperatura ambiente en los grupos	51
Diagrama 3-. Comparación de la temperatura del agua en las tres Cuencas	51
Diagrama 4-. Concentraciones de CO ₂ en las diferentes Cuencas por cajas	52
Diagrama 5-. Análisis estadístico por cajas para las mediciones de O ₂	52
Diagrama 6-. Mediciones de conductividad analizadas en los grupos	53
Diagrama 7-. Registros de alcalinidad comparada por Cuencas	53
Diagrama 8-. Análisis por cajas con muesca para la dureza total	54
Diagrama 9 -.Dureza de calcio comparada en los tres grupos	54
Diagrama10-.Valores de nitritos registrados en los grupos formados_____	55
Diagrama 11-.Concentraciones de amonio analizados por diagrama de cajas	55
Diagrama 12-.Cantidades de ortofosfatos comparados en las Cuencas	56
Diagrama 13-.Densidades de microalgas por litro comparadas por cajas con muesca ____	56
Diagrama 14-. Microalgas por kilogramo analizadas en los tres grupos	57

RESUMEN

Los Parques Nacionales Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas, así como sus zonas de influencia presentan deshielos de sus volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl, esto permite la formación de cuerpos de agua que abastecen a las poblaciones vecinas. Conocer acerca de los sistemas acuáticos de agua presentes en esta zona contribuye al conocimiento integral del paisaje de la región, por lo cual, este estudio tuvo como objetivo principal realizar el reconocimiento de la composición microalgal y condiciones ambientales de los diferentes sistemas acuáticos. En el año 2003 se realizaron colectas en 27 sitios ubicados en diferentes zonas de los Parques, abarcándose altitudes de 3600 a 2110 msnm, en cada lugar de recolecta se registraron datos hidrológicos (anchura, profundidad y velocidad de corriente), así también se evaluaron parámetros físicos y químicos (temperatura ambiental y del agua, oxígeno disuelto, pH, conductividad, nitritos, amonio, ortofosfatos, dureza total y de calcio, mientras que para llevar a cabo el registro de especies microalgales se recolectaron florecimientos, muestras de agua y sedimento. Se realizó la clasificación de los sitios con base a su ubicación en tres diferentes cuencas, a partir de esta se efectuó un análisis estadístico comparativo por medio de diagramas de caja con muesca, en donde se permitió visualizar que existe una mayor concentración de oxígeno y amonio en la Cuenca Atoyac con respecto a la Cuenca Moctezuma, los demás parámetros analizados no presentaron diferencias significativas. Se determinaron y cuantificaron especies microalgales, obteniéndose un listado de 49 especies de las cuales 27 de ellas pertenecen a la división Chromophyta, 11 Chlorophyta, 9 Cyanophyta y 2 Euglenophyta, esto permitió reconocer de manera general que existe una composición microalgal predominante de diatomeas. Las especies registradas fueron reconocidas la mayoría de ellas en diferentes sustratos, mientras que la densidad microalgal fue más alta en sedimento que en agua. El presente trabajo representa la base para estudiar cambios en los sistemas acuáticos, debido a su importancia como abastecedora de recursos naturales a las poblaciones humanas cercanas, se propone el uso de la microflora algal a fin de efectuar un seguimientos de los cambios producidos por las diferentes actividades antropogénicas cercanas a la zona de estudio.



1 -. INTRODUCCIÓN

Las microalgas se encuentran en ecosistemas de agua dulce, marina y salobre así como en regiones alpinas, desiertos y montañas; están encargadas del 30 al 50% de la actividad fotosintética, son las mayores productoras de oxígeno y de materia orgánica en el medio ambiente acuático, constituyen el primer eslabón en las cadenas alimenticias, ya sea como miembros del plancton o de comunidades bentónicas (Philis, 1998).

Se localizan en muchas regiones formando los denominados algales que presentan diversas fisonomías, en la mayoría de los sustratos, asociadas en diversos grados de intimidad con otros organismos, libres flotadoras, o bien como plancton, en ambientes particulares de temperaturas extremas (manantiales) y en charcos temporales. La distribución general del agua, precipitación, régimen de lluvias y nivel de la capa freática, actúa en forma determinante sobre la composición taxonómica específica de las poblaciones algales (Ortega, 1994)..

En condiciones naturales, la cantidad, naturaleza y el periodo de descomposición de la materia orgánica disponible, ejercen influencia definitiva sobre la ficoflora por los nutrimentos que contiene (ácidos orgánicos, alcoholes, azúcares, peptonas, etc.) y porque afecta sus relaciones bióticas con otros organismos. La cantidad y riqueza de nutrimentos minerales, gobierna la diversidad en las poblaciones algales (Patrick, 1976).

Se encuentran comunidades terrestres y subaéreas, las primeras abarcan algas del suelo y las segundas se distribuyen tanto en la superficie del suelo, como a varios centímetros de ésta. La distribución horizontal de las algas en los diferentes tipos de suelo, también depende de una serie de factores como el pH, la humedad, la naturaleza química del sustrato, la presencia de nutrimentos en el suelo, entre otros (Ortega, 1994).

Entre las microalgas subaéreas hay asociaciones que se presentan sobre la superficie de rocas, especialmente en zonas montañosas, aguas corrientes y a lo largo de los márgenes de los lagos. Existen también las llamadas aéreas o aérofitas, debido a su adaptación a vivir con la humedad que el aire contiene, se les encuentra en forma más común en proyecciones rocosas, superficies vegetales, terrestres, etc. La disposición de las algas respecto a este sustrato, puede ser superficial o penetrar la roca (Beltrán, 2002).

Las microalgas de las aguas libres, lagos, grandes ríos y mares se les conoce como fitoplancton, a pesar de las distintas necesidades fisiológicas y de las variaciones con respecto a los límites de tolerancia a determinados parámetros ambientales de tipo fisicoquímico, en esas comunidades coexisten poblaciones de distintas especies. (Darley, 1991).

Aunque las corrientes típicamente tienen gradientes altitudinales, existen brotes de agua que tienen temperaturas muy constantes, en pequeños cursos de agua con poco volumen se eleva su temperatura rápidamente por la luz del sol, los ríos largos con una alta capacidad para conservar el calor, tienen mínimas fluctuaciones, lo cual favorece la presencia de microalgas en estos sistemas.

El curso del agua en sistemas lóticos, sin embargo, es el principal limitante de la existencia de plancton por lo que se encuentra solo en cursos largos y con poco movimiento (Cantoral, 2002), la circulación del agua también significa que los recursos como nutrimentos para las microalgas y partículas alimenticias para animales, son utilizados inmediatamente se pierden a organismos que no estén en movimiento.



Los recursos nunca tienen movimiento unilateral, por lo cual, el movimiento es un factor selectivo al que la mayoría de los organismos en corrientes se han adaptado aunque existen otro tipo de factores que determinan la colonización por organismos, como el tipo de sustrato en la corriente, pues se transportan partículas por tamaño y peso, cuando curso es muy rápido transporta las partículas más grandes (Darley, 1991).

Según Beltrán (2002) las microalgas son un grupo biológico ampliamente representado en nuestro país, diverso y abundante, sin embargo, los estudios sobre estos organismos se han centrado principalmente, en la taxonomía, descripción ambiental, distribución y recientemente en los mecanismos fisiológicos que permiten a los organismos responder a su ambiente. Aunque México no se caracteriza por ser un consumidor de algas, fueron usadas por sus antiguos habitantes con fines comestibles, medicinales y sanitarios, así mismo, recientemente se les ha utilizado como indicadores biológicos, mejoramiento del suelo, procesos industriales, alimento para cultivo de peces, combate de insectos y otros (Ortega, 1994).

Entre los estudios sobre microalgas continentales en México cabe resaltar los realizados por Manilla (1978) y García (1985) quienes plantean el uso de métodos para su estudio, el análisis de las condiciones fisicoquímicas a considerar y los estándares oficiales para evaluar grados de contaminación, sin relacionarlo con especies estudiadas.

El establecimiento y la expansión de las poblaciones humanas están supeditados al abastecimiento de agua dulce. Ello implica que un alto porcentaje de las aguas interiores del mundo están sometidas al efecto más o menos intenso de las actividades antropogénicas, pues, con frecuencia los productos de desecho que resultan de las actividades domésticas, agrícolas e industriales se incorporan en último término en los ríos y lagos, cuyas aguas experimentan cambios físicos y químicos, y por consiguiente, se ven afectadas también las comunidades que en ellos viven (González de I. , 1988).

Los Parques Nacionales Izta–Popo Zoquiapan y Anexas son zonas de captación de agua que alimenta y distribuye sus recursos hídricos tanto a la Cuenca de México como al oriente del estado de Puebla, en la vertiente oriental de la Sierra de Río Frío; también a la Cuenca que alimenta los valles de Cuernavaca, Cuautla y Yauatepec en el Estado de Morelos.

La conservación de la cubierta vegetal y el sustrato edáfico, es de importancia trascendental para regular la infiltración de agua al subsuelo y la intensidad de los escurrimientos, así como para suministrar el líquido a las numerosas comunidades establecidas en las partes bajas de las cuencas para su consumo doméstico, pero también para la realización de actividades agrícolas, pecuarias e industriales.

Debido a las características que le confieren las mayores elevaciones de la región que presentan un mosaico de estructuras y paisajes así como a su diversidad florística y faunística esta zona representa un potencial para el desarrollo de actividades de recreación y educación ambiental.

Por lo antes citado, se destaca la importancia del presente estudio ya que contribuye al conocimiento de la composición microalgal, vinculándola con las condiciones ambientales.



2-. MARCO TEÓRICO

Aunque es sabido que existen diferentes factores que determinan la presencia y distribución de microalgal, se mencionan a continuación algunas de dichas condiciones, así como el tipo de influencia sobre las comunidades biológicas de ambientes acuáticos, especialmente aquellas abordadas en el presente estudio.

2.1 Oxígeno

El oxígeno disuelto evidentemente es esencial para el metabolismo de todos los organismos acuáticos. Los aportes de oxígeno disuelto procedentes de la atmósfera y los procesos fotosintéticos, y de la distribución hidrodinámica del oxígeno son compensados por el metabolismo de consumo. La distribución resultante del oxígeno influye en gran manera sobre la solubilidad de muchos nutrientes inorgánicos.

El oxígeno contenido en corrientes de agua no contaminadas es cercano al 100% de saturación relativa; los brotes de agua son bajos en oxígeno. En corrientes el proceso de producción y consumo de oxígeno llega a ser más notable desde el retraso en el intercambio de gases con la atmósfera (Wetzel, 1991)

2.2 CO₂

El CO₂ se encuentra en equilibrio entre la fase acuática y a atmósfera, además de ser el producto final de la descomposición que tiene lugar durante los procesos respiratorios de plantas y animales y por el metabolismo de bacterias. El carbono inorgánico como CO₂ y HCO₃ es la fuente primordial de carbono para la fotosíntesis de las algas y plantas vasculares acuáticas.

La fotosíntesis y la respiración son dos de los principales factores que influyen sobre la cantidad de CO₂ en el agua. El CO₂ disuelto tiene un efecto marcado sobre las propiedades del agua. Esta forma una solución carbónica ácida débil que puede cambiar el pH del agua y disolver minerales, los cuales incrementan la alcalinidad e imparten dureza al agua (Wetzel, 1991).

2.3 Temperatura

Presenta cambios muy variados y diversos pues la radiación solar depende del ángulo de incidencia, la época del año, la cobertura de nubosidad y la latitud.

Según la latitud y la altitud los cuerpos de agua pueden presentar calentamiento de la parte superficial y por ende estratificarse La temperatura también juega un papel importante en la distribución, periodicidad y reproducción de los organismos (Margalef, 1977)

2.4 pH

En general, las algas son poco sensibles a los cambios de pH. Los valores próximos a la neutralidad o ligeramente alcalinos, son los más favorables. El efecto indirecto más importante del pH se relaciona con el equilibrio entre el calcio y el ácido carbónico, la disociación de los iones amonio y la solubilidad de iones metálicos, especialmente aluminio. Un pH bajo tiene un fuerte efecto sobre la solubilidad y especiación de iones metálicos, muchos de los cuales pueden ser tóxicos (Wetzel, 1991).



2.5 Fósforo

El fósforo en agua usualmente se presenta en estado oxidado como ortofosfato (PO_4^{3-}), siendo la única fuente inorgánica para las algas aunque muchas otras obtienen el elemento a partir de varios fosfatos orgánicos (Darley, 1991).

2.6 Nitrógeno

El nitrógeno es uno de los principales requerimientos para las algas debido a que lo necesitan para la síntesis de aminoácidos y proteínas, en el agua pueden encontrarse varias formas iónicas (N_2 , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) potencialmente disponibles para las algas (Harris, 1986; Darley, 1991)

La concentración de compuestos de nitrógeno y fósforo (P orgánico soluble, fosfolípidos y ortofosfatos inorgánicos), son altamente dinámicos debido a que pueden ser utilizados, acumulados, transformados, excretados rápidamente y recirculados por los diferentes organismos acuáticos (Contreras, 1994).

2.7 Composición iónica

Los elementos como el hierro y al azufre son constituyentes celulares esenciales pero son requeridos en concentraciones relativamente bajas en relación con su disponibilidad en el medio. Los principales cationes básicos, calcio, magnesio, sodio y potasio, usualmente son requeridos en cantidades muy bajas, pero su concentración en el agua puede influir en la osmorregulación de los organismos (Wetzel, 1991).

Los sistemas acuáticos continentales así como la biota asociada a estos se encuentran en peligro de alteración o desaparición debido al crecimiento urbano. Las algas son un grupo de organismos presentes en dichos sistemas que además permiten por medio de su composición, distribución y diversidad evaluar el grado de eutrofización del sistema.

En las últimas dos décadas los estudios ficológicos han cobrado interés pero la mayoría de ellos se realizan en ambientes marinos por lo que falta contribuir a su conocimiento en el ámbito continental (Valadez, 1996), este trabajo resulta importante por permitir conocer características de cuerpos de agua ubicados en el Parque Nacional Izta Popo, Zoquiapan y Anexas y zonas de influencia, así como determinar taxonómicamente la flora microalgal con relación a las condiciones ambientales presentes en los sistemas acuáticos.



3-. ANTECEDENTES

Las algas verdes en lagos del valle de México fueron descritas por Samano (1934), con ello realiza una aportación en el ámbito taxonómico de este grupo, se reporta una flora abundante, con una gran riqueza de especies presente especialmente en el lago de Chapultepec aunque la determinación de especies fue realizada con base en la sistemática de algas de Norteamérica, así también, Patrick (1976) realiza un trabajo donde se utiliza a las algas, en especial diatomeas en relación a la calidad del agua, con lo cual se destaca aún más la importancia de estos organismos en los sistemas.

En 1993 Carmona y Montejano realizan una caracterización ficológica en tres manantiales en la región de la Huasteca Potosina de la Cuenca Baja del Pánuco, ellos reportan 67 especies algales, así también, analizan también diferencias y similitudes florísticas con respecto a ciertos parámetros ambientales como velocidad de corriente e iluminación los cuales fueron considerados como determinantes en los florecimientos presentes. .

Un estudio ficoflorístico realizado en ambientes lóticos del Estado de Morelos, se registraron 100 especies algales, de las cuales 47 fueron Cyanophyceae, 39 Bacillariophyceae, diez Chlorophyceae, tres Rhodophyceae y una Xanthophyceae, este trabajo contribuye al conocimiento taxonómico por medio de la elaboración de claves dicotómicas para cada clase (Valadez, 1996).

La publicación de Lindermayer en 1999 señala la importancia de la biodiversidad en favor de una conservación biológica y manejo de los bosques, utiliza el concepto de especies indicadoras. La flora algal de tres localidades del Río La Magdalena del Distrito Federal fue estudiada por Ramírez (2001), se reportaron 72 especies con las siguientes proporciones: 63 Bacillariophyceae, seis Cyanophyceae, una Chlorophyceae, una Ulvophyceae y una Charophyceae, en este trabajo también se incluyeron datos ambientales y encontraron 11 nuevos registros para la flora algal del país.

En el 2003 Chávez publica un documento donde se señala la importancia fundamental del Parque Nacional Izta-Popo como abastecedor de agua a los mantos acuíferos de la cuenca de México, de igual forma, De Anda y Miranda en el 2004 realizan un estudio en el cual se aportan características sobre calidad del agua en sistemas acuáticos del Parque Nacional Izta-Popo y su zona de influencia.



4 -. ÁREA DE ESTUDIO

4.1 Descripción general de los Parques Nacionales Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas

Los Parques Nacionales Izta –Popo, Zoquiapan y Anexas cuentan con una superficie de 45,097 hectáreas (25,679 hectáreas para el Izta-Popo y 19 418 hectáreas para Zoquiapan). Ocupan parte de los Municipios de Texcoco, Ixtapaluca, Tlalmanalco, Amecameca, Atlautla y Ecatingo en el Estado de México, así como Tlahuapan, San Salvador el Verde, Domingo Arenas, San Nicolás de los Ranchos y Tochimilco, en el Estado de Puebla y Tétela del Volcán, en Morelos (ver figura 1).

Se localiza geográficamente entre los meridianos de coordenadas $98^{\circ} 15' 00''$ y $98^{\circ} 42' 40''$ de longitud oeste y entre los paralelos de $19^{\circ} 15' 30''$ y $18^{\circ} 59' 00''$ de latitud norte, los Parques presentan un intervalo altitudinal que va de los 3 600 a los 5 452 msnm (Lugo.1984).

4.2 Suelos

Según la clasificación de la FAO (Dudal, 1968), las unidades de suelo presentes en el área de los Parques son:

Litosoles: Son suelos someros, con menos de 0.1 m de espesor, formados sobre tepetates y que conservan las características del material parental. Aunque esos suelos pueden estar asociados con regosoles y andosoles en ciertas áreas muy restringidas, generalmente, son poco desarrollados debido a la velocidad de percolación del agua que impide el establecimiento de algún tipo de vegetación, lo que aunado al clima presente a altitudes mayores de 4,000 msnm dificulta el desarrollo del suelo.

Regosoles: Son suelos formados a partir de material suelto como arena, grava o piedra; se localizan, dentro de los Parques a altitudes por debajo de los 3,900 msnm y normalmente son pobres en contenido de materia orgánica y nutrimentos.

Andosoles: Se derivan de cenizas volcánicas recientes, por lo que son suelos ligeros con alta retención de humedad y buen contenido de nutrimentos, así como con un alto contenido de materia orgánica; por su contenido de materia orgánica y la proporción de vidrios volcánicos presentes, pueden formar andosoles húmicos, que se presentan en áreas forestales poco alteradas; también pueden formar andosoles vítricos en zonas con vegetación de coníferas, cuando presentan más del 60% de vidrios, ceniza volcánica y texturas gruesas.

Cambisoles: Son suelos mejor desarrollados, con horizontes A y B bien definidos, pero pobres en contenido de nutrimentos; presentan potencial para el desarrollo forestal, con adecuadas prácticas de manejo para la conservación de suelo y captación de humedad.

Fluvisoles: Son suelos formados en cañadas, escurrimientos y zonas de depósitos de material reciente; de textura gruesa, su fertilidad es baja debido al escaso contenido de nutrimentos (INEGI, 2000).



4.3 Hidrología

Los recursos hídricos que nacen en los Parques Nacionales son originados principalmente por el deshielo de los glaciares y la precipitación pluvial, abundante en la región, por arriba de los 1000 mm anuales.

Las corrientes superficiales pueden ser permanentes o intermitentes, éstas últimas son innumerables durante la época lluviosa. También se produce gran filtración de agua que va a alimentar corrientes subterráneas, los ecosistemas de la Sierra efectúan los procesos que permiten la recarga de mantos acuíferos y freáticos que abastecen buena parte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y del Valle de Puebla-Tlaxcala.

La distribución altitudinal de los recursos hídricos se caracteriza por una pendiente pronunciada en su curso alto, arriba de los 4,500 msnm, cada vez más atenuada conforme descienden. A la altura del parteaguas, la precipitación cae en forma de nieve o granizo, ello permite la formación de hielo o glaciares que sufren un proceso de ablación paulatina.

Debajo de la cota mencionada y hasta los 4,000 msnm, los escurrimientos son incipientes, a partir de los vértices de los glaciares donde comienza el deshielo, escurriéndose aguas abajo; en esta zona aparecen los primeros manantiales. Por debajo de los 4,000 msnm, los arroyos adquieren velocidad y volumen y los manantiales son más abundantes.

En los 3,500 msnm las aguas ejercen una fuerte erosión en el terreno ya que su caudal es la suma de los deshielos y las precipitaciones. Entre 2,500 msnm y 2,300 msnm los arroyos depositan todos los azolves arrastrados a lo largo de su trayectoria, formando abanicos aluviales. En esta zona encontramos la mayoría de los aprovechamientos del agua para regadío agrícola, generación de energía eléctrica y uso doméstico en los asentamientos humanos.

El parteaguas de la Sierra Nevada es el origen que divide las aguas tributarias del Océano Atlántico (Golfo de México) de las del Océano Pacífico, formando dos de las más importantes cuencas de nuestro país y varias subcuencas abastecen comunidades y municipios cercanos a los Parques Nacionales.

Hacia la parte occidental descienden gran cantidad de arroyos que van a desembocar al norte de la Sierra Nevada en la antigua zona lacustre de la Subcuenca Chalco y Lago de Texcoco, los cuales a través del Gran Canal del Desagüe son tributarios del Río Tula y a su vez éste del Pánuco que desemboca en el Golfo de México.

Mientras que hacia el sur de la Sierra Nevada, las corrientes que descienden, contribuyen a formar el Río Cuautla que alimenta la Subcuenca del Río Nexapa tributaria de la Cuenca del Balsas. En la vertiente oriental los escurrimientos del macizo montañoso conforman la Subcuenca del Atoyac tributaria también de la Cuenca del Balsas, misma que desemboca en el Océano Pacífico.

A partir de los 4,500 msnm se percibe la presencia de glaciares. En el Popocatepetl se presentan tres glaciares al noroeste del cráter, con una masa de hielo que cubre aproximadamente 72 ha. Los glaciares son más numerosos en el Iztaccíhuatl aunque más pequeños, cubren por todo unas 76.9 ha. El aumento de la temperatura a escala mundial ha hecho retroceder los glaciares y algunos se han extinguido.



Los escurrimientos superficiales de la Sierra Nevada, conforman las trayectorias fluviales, subcuencas y cuencas hidrológicas que permiten la vida humana y la actividad económica en un sinnúmero de asentamientos, desde el México central que es la región más poblada del país- hasta las desembocaduras; razón por la cual, la protección y conservación de los ecosistemas de la Sierra Nevada son estratégicos y de seguridad nacional.

La hidrología se divide en dos subcuencas, una de ellas formada por dos microcuencas (Río La Compañía y Río Amecameca) y la del Balsas dividida tres microcuencas (Río Cuautla, Río Atoyac y Río Nexapa) (INEGI, 2000).

Las pendientes pronunciadas en las zonas montañosas favorecen los escurrimientos por lo cual la red hidrográfica de los Parques Nacionales es muy vigorosa es importante en el suministro de agua para las poblaciones vecinas. (Lugo, 1984).

Los Parques son zonas de mayor captación de agua cercanas a la ciudad de México, su hidrología es característica de las partes altas de una cuenca, en este caso la de México y del Balsas, con escurrimientos permanentes e intermitentes, estos últimos, generados por el deshielo y precipitaciones pluviales (De Anda, 2002).

La calidad de agua es mejor en las partes altas de la zona, mientras que en las partes bajas se deteriora debido a la influencia de áreas urbanas cuyas aportaciones de sales y materia orgánica de efluentes domésticos e industriales alteran la calidad hídrica (Miranda, 2002).

4.4 Climas

Los climas de ésta región dependen principalmente de la altitud y presentan tres tipos de clima:

1. El templado que se encuentra representado por el régimen templado o semifrío (subhúmedo) con régimen de lluvia en verano, y se encuentra desde el límite inferior de los Parques hasta una altura aproximada de 3600 msnm.
2. Frío con lluvias en verano en el cual se encuentra la clasificación de muy frío que ésta circunscrito en la parte más elevada de los altos picos de altitud superior a los 5000 msnm.
3. Hielos perpetuos. (SEDUE, 1986; Vargas, 1984).

De acuerdo con su latitud, los Parques se ubica en la región de los vientos alisios en una zona donde predominan las circulaciones de tipo convectivo local, lo cual hace posible una gran estabilidad meteorológica durante la mayor parte del año.

Sin embargo, a pesar de que durante el verano el país recibe la influencia de los vientos provenientes del Caribe y del Atlántico, los cuales inciden con vientos húmedos que son altamente favorables; en cambio, durante el invierno, el cinturón de altas presiones y la faja de vientos del Este, son desplazados hacia el Ecuador, con lo que se forman vientos del Oeste sobre las partes altas del país y debido a que son más secos que los vientos alisios, durante esta época la Altiplanicie tiende a tornarse más seca (INEGI, 2000)



4.5 Zona de influencia

Los Parques se extienden a partir de los 3600 msnm, por debajo de dicha altitud se encuentra la denominada “zona de influencia”, cuyos ecosistemas, diversos y ricos en especie por lo cual están expuestos a tener un mayor impacto ambiental. Ambas zonas se encuentran estrechamente relacionadas y forman una unidad funcional de cuya integridad ecológica depende la capacidad de los parques de seguir siendo fuente de beneficios ambientales para la región (Chávez, 2003).

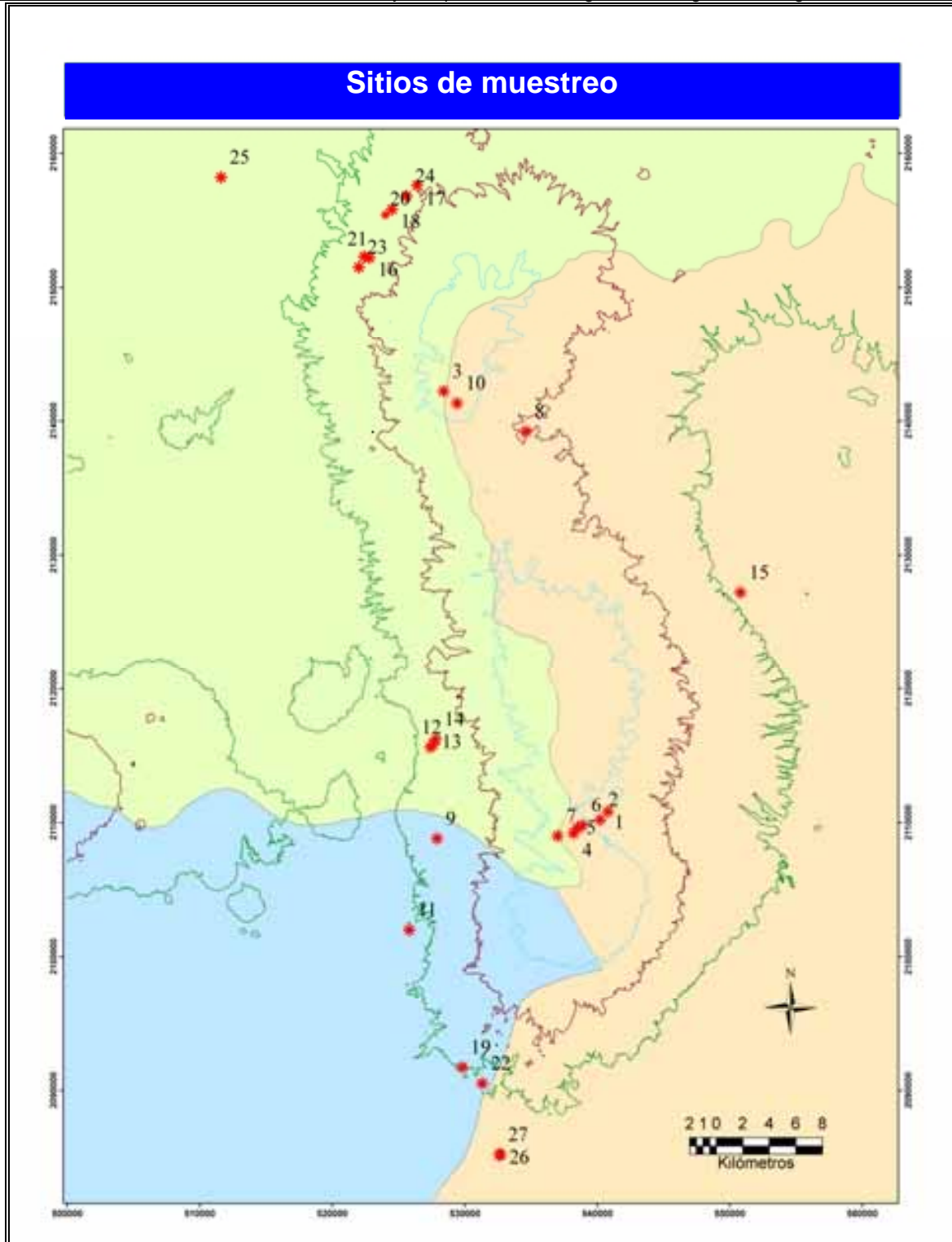


Figura 1-. Localización de los sitios de muestreo en las diferentes Cuencas.

La figura 1 muestra la ubicación geográfica de los 27 sitios de muestreo, curvas de nivel, así también permite observar las división en tres Cuencas para la zona de estudio, los números corresponden a un consecutivo asignado en orden de altitud descendente.



5 -. O B J E T I V O S

5.1 Objetivo general

- Analizar la composición microalgal y condiciones hidrológicas en cuerpos de agua de la zona de estudio

5.2 Objetivos particulares

- Determinar las especies microalgales presentes en cuerpos de agua de los Parques Nacionales Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas
- Describir las condiciones hidrológicas de los sistemas acuáticos analizados.



6-. MATERIAL Y MÉTODOS

A fin de cumplir los objetivos planteados, se procedió a dividir las actividades realizadas en tres etapas, mismas que se describen a continuación.

6.1 Fase de campo

El presente trabajo se llevó a cabo en el año 2003, durante el cual se realizaron siete muestreos durante los meses de marzo a noviembre, se registraron datos de 27 cuerpos de agua localizados en áreas ubicadas dentro de los Parques Nacionales Izta-Popo, Zoquiapan y Anexas así como en la llamada zona de influencia. Se reconoció la zona de estudio por medio de cartas topográficas, de vegetación, suelo, hidrológicas, uso de suelo y turísticas del INEGI, 2000 a diferentes escalas.

Los mapas consultados corresponden a las zonas de Amecameca de Juárez (E14B41), Huejotzingo (E14B42), Cuautla (E14B51), Atlixco (E14B52) y Chalco (E14B31) dichas cartas abarcan los sitios de trabajo, por medio de ellas se localizaron los cuerpos de agua, posteriormente se realizaron muestreos mensuales en los que se abarcaron (manantiales, arroyos, arroyuelos, cascadas, ríos, embalses, etc.) localizados en las cartas topográficas.

En cada sitio se tomaron en cuenta las condiciones ambientales del lugar, tales como altitud, temperatura ambiente y del agua, oxígeno disuelto, sedimento del cuerpo de agua y pH, así mismo se anotaron las características morfométricas del cuerpo de agua como anchura, profundidad y velocidad de corriente (por el método de objetos impulsados por la corriente).

Se colectaron muestras de sedimento, así también probables sustratos de microalgas como rocas, madera, otro tipo de vegetación en bolsas de plástico para posteriormente extraer en el laboratorio microalgas epilíticas, epifitas y asociadas al bentos.

Se fijaron cuatro gramos de la muestra de sedimento con formol al 4% con el fin de obtener la densidad microalgal presente en el mismo y determinar taxonómicamente las microalgas presentes, 1000 gramos del mismo sedimento se llevaron al laboratorio para realizar la separación por texturas.

La toma para muestras de agua se realizó de acuerdo a la profundidad del sistema acuático, se tomo un volumen de 1000 ml, de los cuales 100 ml fueron fijados con formol al 4% y llevados al laboratorio para la determinación taxonómica y obtención de densidades microalgales a fin de conocer los grupos representados en agua.

Al agua se le midieron los siguientes parámetros al momento del muestreo:

- Temperatura con un termómetro Taylor de -10 a 200 °C y precisión de 1 °C,
- pH (potenciómetro Conductronic con precisión de 0.01),
- Oxígeno disuelto (Oxímetro Corning con precisión de 1 mg/l).
- Conductividad eléctrica con un conductímetro de campo marca Conductronic con precisión de 0.1 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Además se realizaron las siguientes pruebas en campo con ayuda de Tetrastests Kits para nitritos (NO_2^-) y Amonio (NH_4^+) consideradas como pruebas semi-cuantitativas.



6.2 Fase de laboratorio

En el laboratorio se efectuaron las determinaciones de dióxido de carbono, alcalinidad, dureza total y de calcio así como fosfatos por medio de las técnicas convencionales (APHA, 1992).

El volumen sobrante de la muestra de agua fue utilizado para estos fines en el laboratorio

- CO₂ por titulación con NAOH 0.0227 N y fenofaleína como indicador.
- Alcalinidad por titulación con ácido sulfúrico 0.02 N e indicador de fenofaleína y anaranjado de metilo.
- Dureza total por titulación con EDTA 0.01M e indicador de negro de eriocromo.
- Dureza de Calcio por el método complejométrico por titulación con EDTA 0.01 M y murexida como indicador.
- Fosfatos por el método colorimétrico (APHA, 1992).

Determinación y recuentos de microalgas en agua

Se determinaron taxonómicamente las microalgas por medio del catalogo de algas continentales (Ortega 1994) y de claves Smith (1975) y Prescott (1981) para clorofitas, Patrick (1975), para diatomeas, Prescott (1962) para clorofitas y diatomeas y Bourrely (1985) para las divisiones Dinophyta, Euglenophyta y Cyanophyta.

Para realizar la determinación de microalgas presentes en diferentes sustratos se desprendieron las partes que contenían el florecimiento, por observación al estereoscopio para posteriormente montar la muestra en portaobjetos y efectuar su determinación taxonómica a través de un microscopio óptico.

Se tomaron alícuotas de 1.5 ml en cámaras de sedimentación de los 100 ml de muestra de agua fijadas en formol, posteriormente fueron observadas al microscopio invertido (marca OLYMPUS) según el método de Uthermol, se cuantificaron y determinaron las microalgas presentes en 10 campos al azar. (Schwöerbell, 1975).

Identificación del tamaño de grano del sustrato

Las muestras de sedimento fueron secadas a temperatura ambiente y se pesaron 500 gramos de las mismas, colocándolos en una serie de tamices de las siguientes medidas para separarlas por tamaños de grano

- Tamiz No.6 abertura >120 mm. (piedras)
- Tamiz No. 8 abertura 3.36 mm (grava fina)
- Tamiz No.120 abertura 2.38 mm (arena fina)



6.3 Fase de gabinete

Se realizó una clasificación de los sistemas acuáticos en tres grupos con base a la cuenca hidrológica donde se localizó (CNA, 1998), a partir de dicha clasificación se elaboraron tablas y gráficas, posteriormente se analizaron comparativamente por medio de diagramas de caja con muesca (Salgado, 1992)

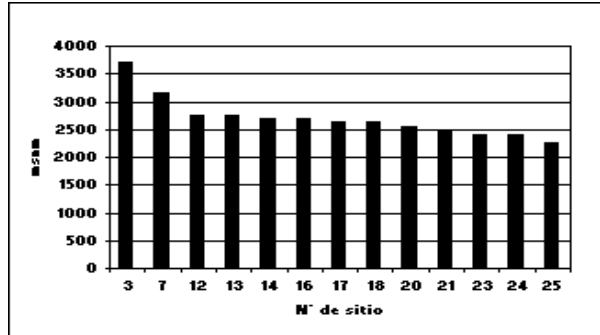
Se elaboró una lista de los organismos determinados en las muestras recolectadas, sedimento y agua, así también se obtuvo la densidad de microalgas agua y en sedimento por extrapolación a unidades biológicas por litro (u.b./L) y unidades biológicas por kilogramo respectivamente (u.b./Kg).



7-. RESULTADOS

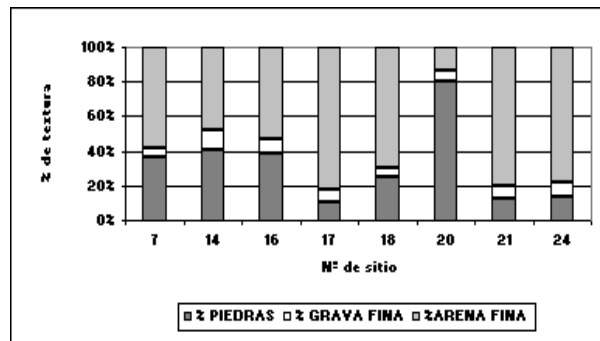
CUENCA MOCTEZUMA

Los sitios que corresponden a esta Cuenca son presentados en la Tabla 1 (ver anexo I), de los 27 lugares de muestreo 13 pertenecen a este grupo.



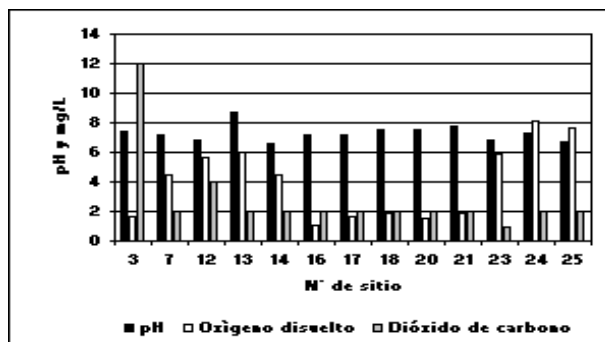
Gráfica 1-. Altitud de los sitios en la Cuenca Moctezuma

La altitud registrada en los sitios de la Cuenca Moctezuma, es representada en la gráfica anterior, se muestran en orden descendiente, ubicados en un intervalo de 3700 msnm a 2250 msnm que corresponden a los datos de mayor y menor respectivamente.



Gráfica 2-. Separación por texturas de las muestras de sedimento

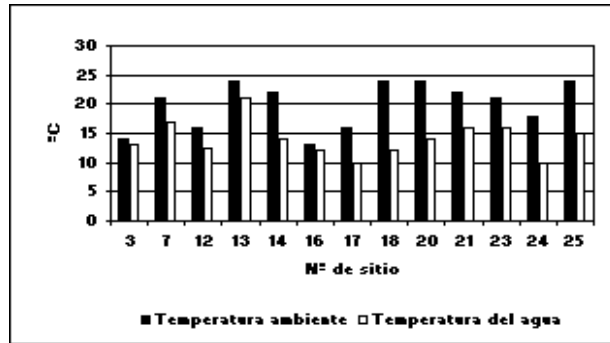
La separación de sedimento por texturas, puede observarse en la gráfica anterior, todos los sitios la mayor proporción corresponde a arena fina mientras que en uno de ellos (sitio 20), la mayor proporción es de piedras, es de resaltarse también que en todos los lugares de muestreo el menor porcentaje es de grava fina.



Gráfica 3-. pH, oxígeno disuelto y dióxido de carbono

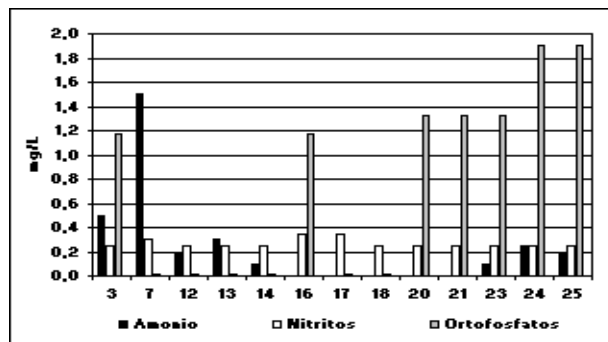


Los parámetros agrupados en la gráfica 3 (pH, oxígeno disuelto y dióxido de carbono), estos dos últimos medidos en unidades de miligramos sobre litro (mg/l). En esta Cuenca se registraron datos entre 8.7 y 6.58 para el caso del pH, mientras que en el oxígeno disuelto (O_2) presenta concentraciones de 8.1 mg/l hasta 1.1 mg/l, siendo esta la concentración mas baja en los sitios de esta zona, con respecto al CO_2 los registros realizados son de 11.99 mg/l a 0.99 mg/l el primero corresponde con el valor mas alto del gas en todos los lugares de trabajo.



Gráfica 4-. Registros de temperatura ambiente y del agua en sitios de la Cuenca Moctezuma

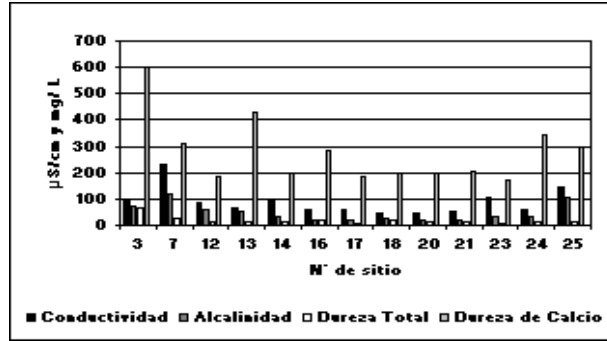
La temperatura ambiente y del agua ilustradas en la gráfica anterior, respectivamente de acuerdo al orden de las barras, ambas medidas en grados centígrados ($^{\circ}C$), los valores medidos para la primera se ubican en un intervalo de $24^{\circ}C$ a $13^{\circ}C$, mientras que en el caso de la temperatura del agua es de $21^{\circ}C$ a $10^{\circ}C$, cabe señalar que esta última es inferior a la del ambiente en todos los lugares muestreados.



Gráfica 5 -. Concentraciones de amonio, nitritos y ortofosfatos

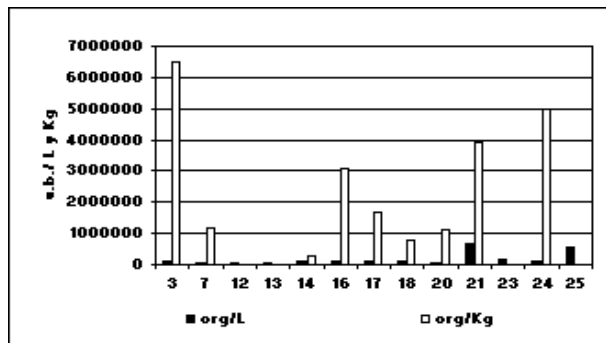
Las concentraciones de nutrimentos medidos en mg/l, son mostradas en la gráfica 5, el amonio (NH_4^+) no se registra en algunos de los sitios, las cuantificaciones realizadas son de 0.1 a 0.5 mg/l, observándose que los datos mas altos se localizan en los sitios de menor altitud de esta Cuenca.

Los nitritos se encuentran en concentraciones de 0.25 a 0.35 mg/l de NO_2^- , presentándose estos en todos los lugares de muestreo. En caso de ortofosfatos las cantidades medidas van de 0.015 a 1.99 mg/l de PO_4^{3-} de igual forma en todos los sitios de esta Cuenca se presenta este nutrimento.



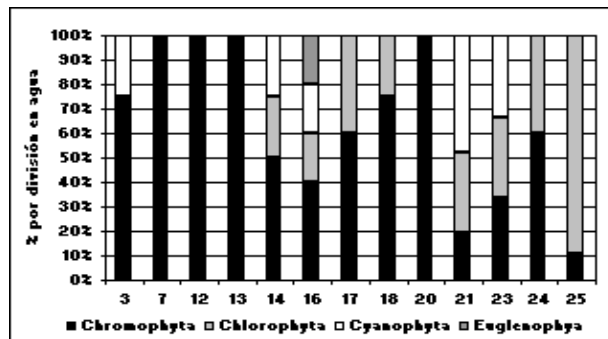
Gráfica 6-. Conductividad, alcalinidad, dureza total y dureza de calcio

En la gráfica anterior se registran los valores de conductividad, estas mediciones realizadas en la Cuenca Moctezuma se sitúan en un intervalo de 603 $\mu\text{S/cm}$ a 170 $\mu\text{S/cm}$; para el caso de la alcalinidad muestra concentraciones que van desde 145.14 a 46 mg/l de CaCO_3 ; mientras que la dureza total el valor mas alto medido fue de 120.12 mg/l de CaCO_3 y el mas bajo de 20.02 mg/l de CaCO_3 al realizar la medición de dureza de calcio los datos obtenidos son de 64.06 a 8.01 mg/l de Ca^{++}



Gráfica 7-. Recuentos de microalgas en sedimento y en agua

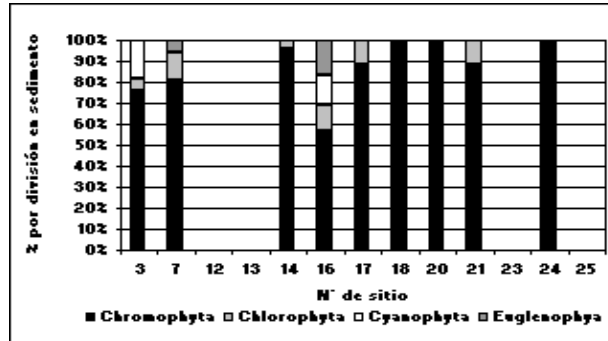
Los recuentos microalgales en sedimento y en agua, se presentan en la gráfica anterior, las barras oscuras corresponden a la densidad de organismos en sedimento y la clara al número de organismos por litro, en todos los casos la densidad en agua es menor a la de sedimento. Cabe señalar que la recolección de sedimento fue irrealizable en algunos sitios.



Gráfica 8-. Proporciones por división de microalgas en muestras de agua



En cuanto a las proporciones encontradas en muestras de agua (representadas en la gráfica 8), se destaca la presencia de las cuatro divisiones microalgales en esta Cuenca, de igual forma se puede visualizar una proporción alta de diatomeas en los sitios de mayor altitud de esta zona así como una presencia importante de clorofitas en los lugares de menor altitud.

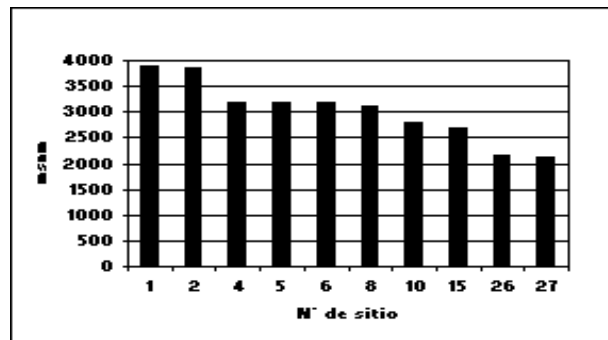


Gráfica 9-. Proporciones por división de microalgas en muestras de sedimento

Mientras que en el caso de la proporción microalgal en muestras de sedimento (gráfica 9), se pueden observar cuatro de los sitios donde no fue posible la recolección de sedimento, de igual forma que en muestras de agua se determinaron organismos pertenecientes a las cuatro divisiones, en algunos de ellos las diatomeas fueron registradas en mayor porcentaje,

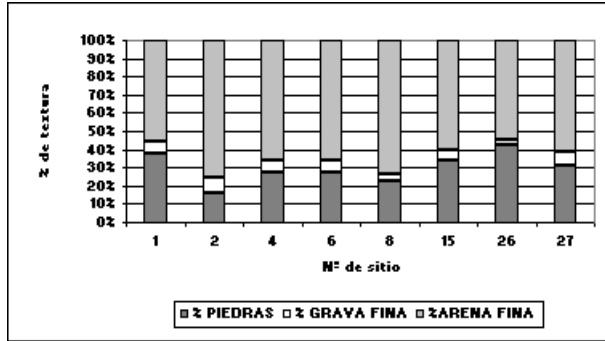
CUENCA ATOYAC

Los sitios que corresponden a esta Cuenca son presentados en la Tabla 2 (ver anexo I), 10 lugares pertenecen a este grupo.



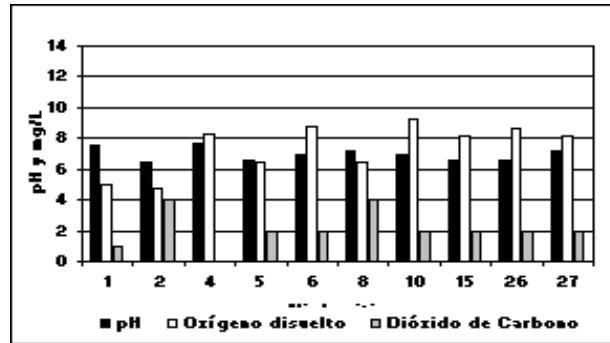
Gráfica 10-. Altitud de los sitios en la Cuenca Atoyac

A fin de indicar los valores de altitud registrados en los sitios de la Cuenca Atoyac se despliega a gráfica anterior, en orden de altitud descendiente, los muestreos en esta Cuenca fueron realizados en un intervalo de 3900 msnm a 2110 msnm que corresponden a los valores de mayor y menor altitud para los lugares de muestreo en las tres cuencas.



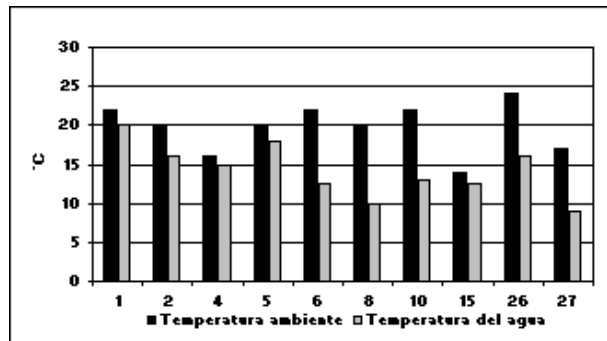
Gráfica 11-. Proporciones de texturas en sedimento de los sitios de la Cuenca Atoyac

La separación de texturas realizadas al sedimento de los sitios muestreados en la Cuenca Atoyac (gráfica 11), permite observar que todos los lugares tienen una mayor proporción de arena fina, seguida de piedras y en un menor porcentaje de grava fina, se puede decir de manera general que los tipos de texturas presentes en los lugares de esta Cuenca son semejantes.



Gráfica 12-. pH, oxígeno disuelto y dióxido de carbono

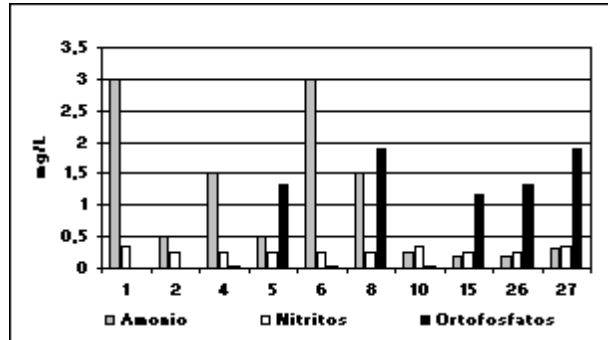
El pH medido en los sitios de trabajo se muestran en la gráfica 12, puede observarse que los registros de este parámetro se ubicaron en un intervalo de 7.5 a 6.47, mientras que el parámetro oxígeno disuelto fue de 8.1 mg/l a 4.5 mg/l. El CO₂ medido en los lugares de muestreo están en un intervalo de 0.0 a 3.99 mg/l.



Gráfica 13-. Registros de temperatura ambiente y del agua en la Cuenca Atoyac

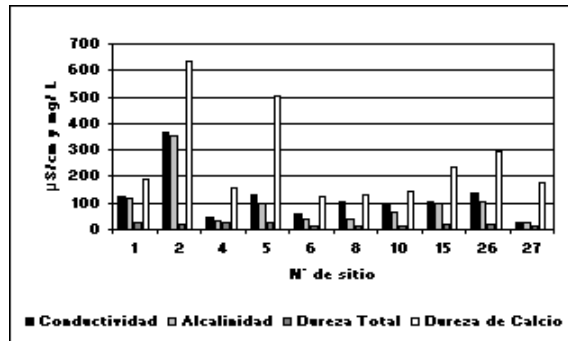


Los datos correspondientes a la temperatura ambiente y del agua, para el caso de la primera se ubican en un intervalo de 14 a 24 °C, en cuanto a la segunda estuvieron en un intervalo de 9 °C a 20 °C, con lo cual se observa nuevamente que la temperatura ambiental es superior a la del agua en los sitios muestreados en esta Cuenca (gráfica 13).



Gráfica 14 - Concentraciones de amonio, nitritos y ortofosfatos

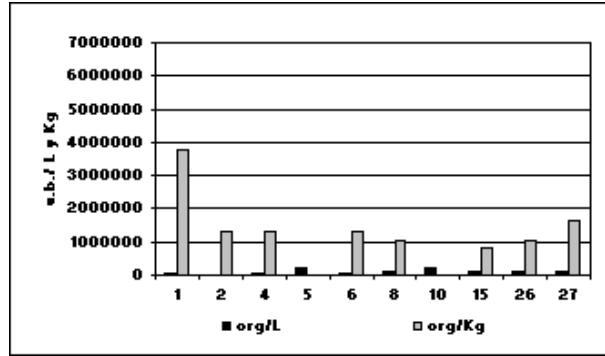
Se puede observar en la gráfica anterior que las diferentes concentraciones de nutrimentos, el amonio, nitritos y ortofosfatos fueron cuantificados en todos los lugares agrupados en esta Cuenca, las mediciones para amonio fueron de 0.5 mg/l a 3 mg/l, mientras que en el caso de nitritos el intervalo fue de 0.25 mg/l a 0.35 mg/l, los datos registrados en ortofosfatos van de 0.02 a 1.9 mg/l.



Gráfica 15- Conductividad, alcalinidad, dureza total y dureza de calcio

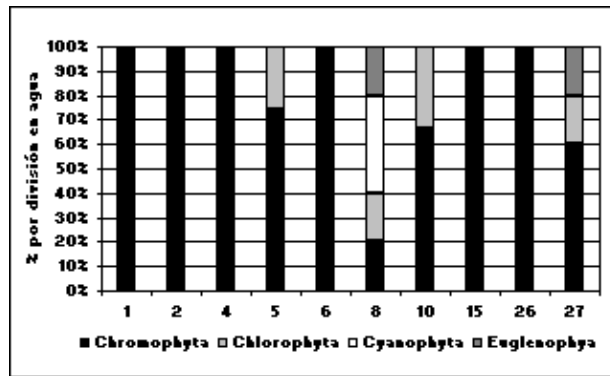
La conductividad medida en los diferentes sitios de muestreo y representada en la gráfica 15, permite observar que existen valores desde 122 µs/cm hasta 637 µs/cm el valor mas elevado corresponde a uno de los sitios de mayor altitud, mientras que la medición más baja se registró en el sitio número 6.

En cuanto a la dureza total la concentración más elevada fue de 350.05 mg/l de CaCO₃ y la menor de 25.02 mg/l de CaCO₃. El valor más elevado en la dureza de calcio fue de 24.02 y la concentración mas baja registrada corresponde con 12.01 mg/l de Ca⁺⁺. Con respecto a la alcalinidad el valor mas alto registrado fue de 363.63 mg/l de CaCO₃ mientras que el dato mas bajo calculado fue de 29 mg/l de CaCO₃.



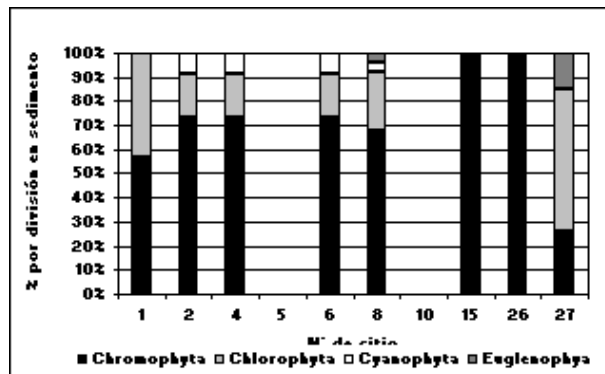
Gráfica 16-. Recuentos de microalgas en sedimento y en agua

Los recuentos de microalgas en agua y sedimento se presentan en la gráfica 16, en todos los casos se observa que la densidad de organismos en agua es menor con respecto a la de sedimento. Cabe señalar que la recolección de sedimento no fue posible en algunos sitios, por lo cual, no aparecen graficados. La densidad de microalgas registradas en sedimento fue de 3,761,905 unidades biológicas por kilogramo (u.b./Kg) a 814815 u.b./Kg, mientras que para el caso de las muestras de agua se cuantificaron densidades de 215, 898 u.b./l a 24,674 u.b./l.



Gráfica 17-. Proporciones por división de microalgas en muestras de agua

Las proporciones para cada división de microalgas en muestras de agua y representadas en la gráfica 17, permiten observar que los tres sitios de mayor altitud, el grupo dominante corresponde a las diatomeas, de igual forma se visualiza que las cuatro divisiones de microalgas están representadas en un cuerpo de agua de esta Cuenca.



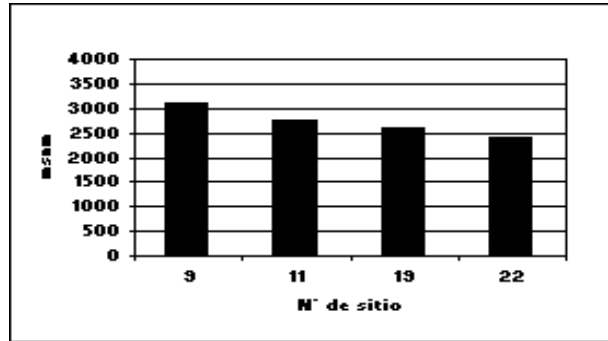
Gráfica 18-. Proporciones por división de microalgas en muestras de sedimento



En muestras de sedimento (gráfica 18) se observó una predominancia de diatomeas, seguida de las clorofitas, aunque en el sitio de menor altitud se observa que fueron el grupo mas representativo, los espacios en algunos lugares no fue posible la recolección de sedimento.

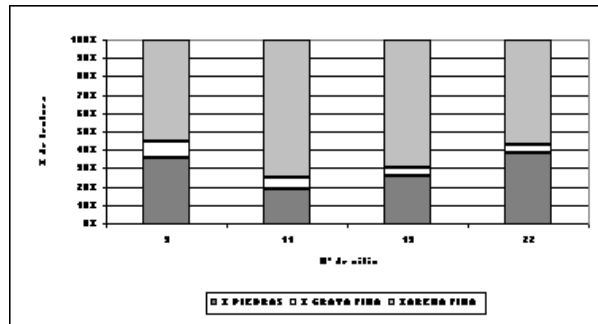
CUENCA AMACUZAC

Los sitios que corresponden a esta Cuenca son presentados en la Tabla 3 (ver anexo I), sólo 4 lugares pertenecen a este grupo.



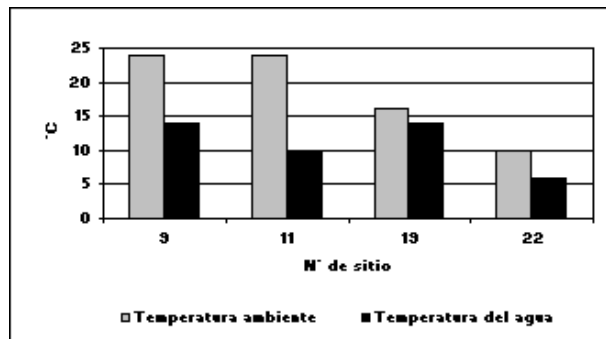
Gráfica 19-. Altitud de los sitios en la Cuenca Amacuzac

La gráfica indica los valores de altitud registrados en los sitios de la Cuenca Moctezuma, se muestran en orden de altitud descendiente, ubicados en un intervalo de 3100 msnm a 2425 msnm que corresponden a los valores mayor y menor altitud respectivamente.



Gráfica 20-. Separación de muestras de sedimento por texturas

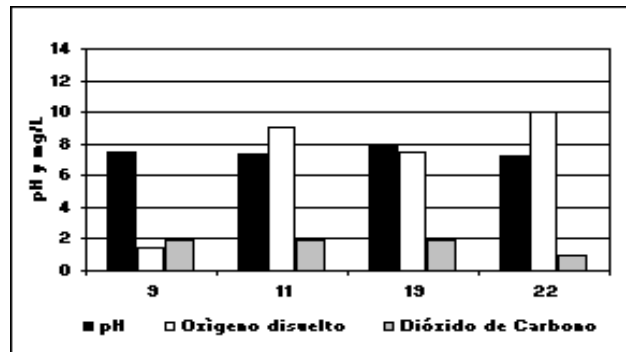
En la gráfica anterior se representa la separación de texturas realizada al sedimento de los sitios localizados en esta Cuenca, se observa al igual que en los grupos anteriores que lo mayor proporción está representada por arena fina.



Gráfica 21-. Registros de temperatura ambiente y del agua en la Cuenca Amacuzac



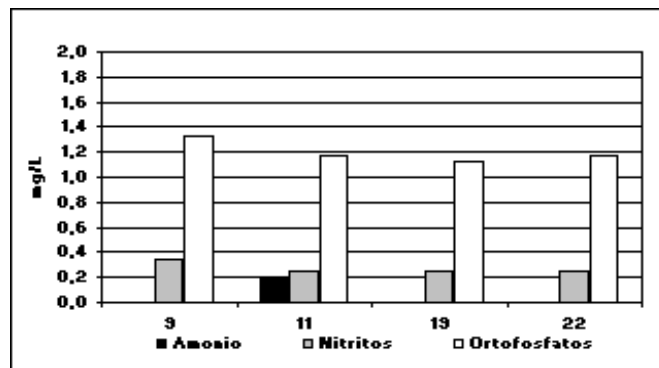
La temperatura ambiente se ubican en un intervalo de 24°C a 10 °C, mientras que en el caso de la temperatura del agua es de 14 °C a 6 °C, en todos los lugares muestreados la primera es mayor a la segunda (gráfica 21).



Gráfica 22-. pH, oxígeno disuelto y dióxido de carbono

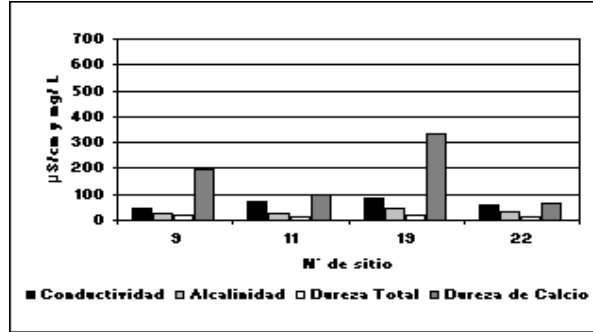
Se agrupan en la gráfica 22 los parámetros de pH, oxígeno disuelto y dióxido de carbono estos dos últimos medidos en unidades de miligramos sobre litro (mg/l). Los datos registrados en esta Cuenca indican valores entre 7.45 y 7.28 para el caso del pH.

En el O₂ presenta concentraciones de 10 mg/l a 1.5 mg/l la primera de ellas corresponde con la concentración mas alta en todos lugares de esta zona, con respecto al CO₂ los registros realizados fueron de 0.99 mg/l a 1.99 mg/l.



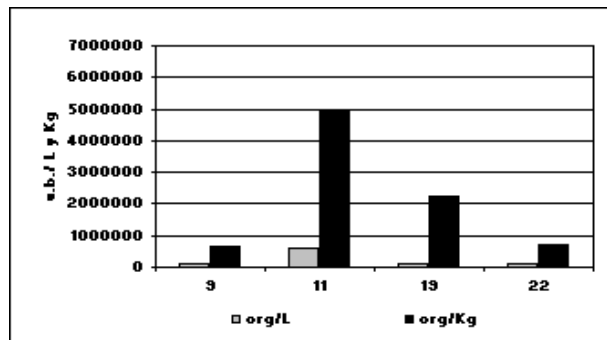
Gráfica 23 -. Concentraciones de amonio, nitritos y ortofosfatos

Las cuantificaciones de nutrientes realizadas (gráfica 23), permiten observar que el amonio (NH₄⁺), no se registró en tres de los cuatro sitios de esta Cuenca, la concentración medida fue de 0.2 mg/l, las concentraciones de nitritos se encuentran en un intervalo de 0.25 a 0.35 mg/l de NO₂⁻, presentándose estos en todos los lugares de muestreo. En caso de ortofosfatos las cantidades medidas van de 1.13 a 1.33 mg/l de PO₄³⁻, de igual forma en todos los sitios de esta Cuenca se presenta este nutriente.



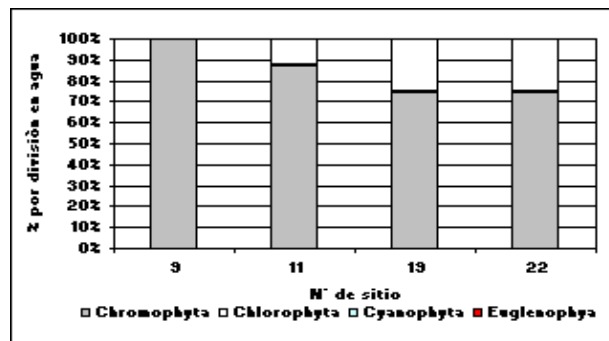
Gráfica 24-. Conductividad, alcalinidad, dureza total y dureza de calcio

La conductividad medida en la Cuenca Amacuzac se presentan en la gráfica 24, las mediciones se encontraron en un intervalo de 335 µs/cm a 64 µs/cm. En cuanto a la dureza total la concentración más elevada fue de 43.03 mg/l de CaCO₃ y la menor de 30.03 mg/l de CaCO₃. El valor más elevado en la dureza de calcio corresponde a 20.02 mg/l de Ca⁺⁺ y la concentración mas baja registrada corresponde con 12.01 mg/l de Ca⁺⁺. Con respecto a la alcalinidad el valor más alto calculado fue de 83 mg/l de CaCO₃ mientras que el dato mas bajo calculado fue de 45 mg/l de CaCO₃.



Gráfica 25-. Recuentos de microalgas en sedimento y en agua

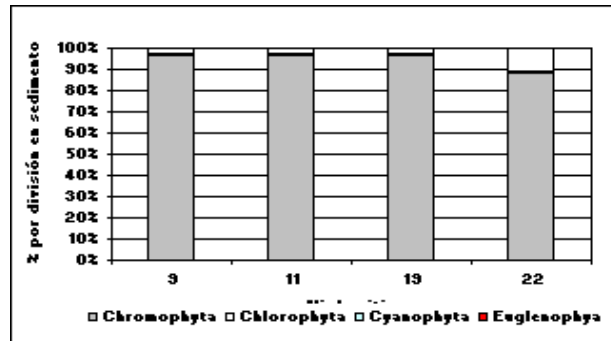
La densidad microalgal en la Cuenca Amacuzac nuevamente indica mayor numero de organismos presentes en sedimento con respecto a las muestras de agua, la barra del valor mas alto del primero corresponde 4,916,667 u.b./l la mas baja 644,444 u.b./l. Los recuentos realizados en agua indican densidades de 586, 011 para el lugar con mayor número de organismos por litro, y 98,696 u.b./l para el que presentó menor densidad.



Gráfica 26-. Proporciones por división de microalgas en muestras de agua



En muestras de agua las proporciones microalgales (gráfica 26) se observa solamente la presencia de dos grupos diatomeas y clorofitas siendo las primeras predominantes en todos los lugares de trabajo además de registrarse exclusivamente la división Chromophyta en el sitio de mayor altitud.



Gráfica 27-. Proporciones por división de microalgas en muestras de sedimento

La gráfica anterior representa las proporciones de grupos microalgales en muestras de sedimento se observa solamente la presencia diatomeas y clorofitas siendo las primeras dominantes en todos los sitios muestreados.



Tomando como base el mapa de la Comisión Nacional del agua fueron realizadas las siguientes figuras con la ayuda del programa Arc View 6.0 a fin de hacer mas ilustrativos los resultados obtenidos.

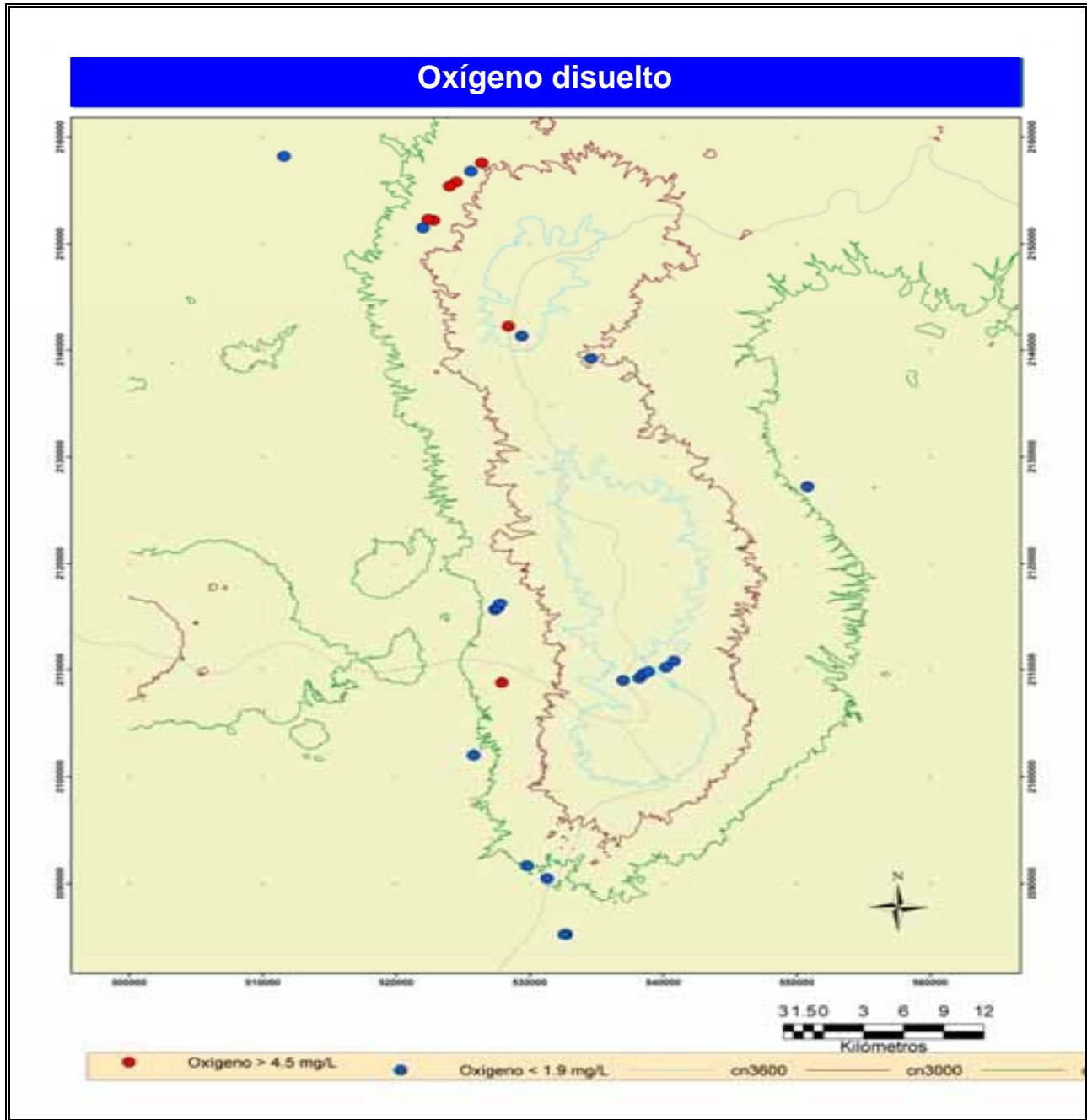


Figura 2.-Concentraciones de oxígeno disuelto medidas en los sitios de muestreo

Las concentraciones por intervalo de oxígeno disuelto medido en los diferentes sitios de muestreo son representadas en la imagen anterior, estos se dividieron en concentraciones mayores a 4.5 mg/l y menores a 1.9 mg/l de O_2 , el indicador muestra que los sitios en color azul corresponde a la medición menor y los círculos rojos a las concentraciones mas altas.

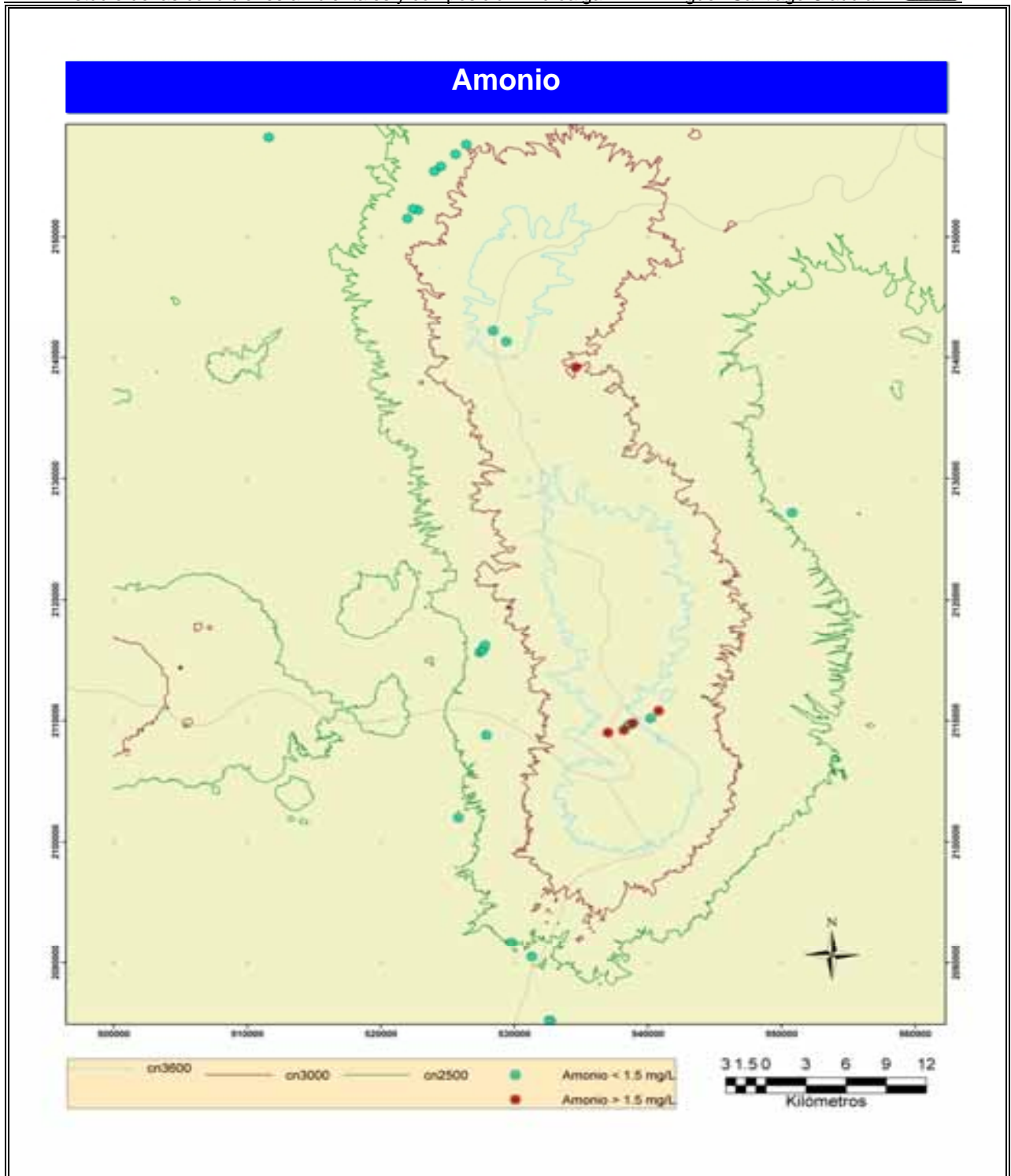


Figura 3-. Concentraciones de amonio en los lugares de muestreo.

En un rango de mayor a 1.5 mg/l y menores a 1.5 mg/l de NH_4^+ y mostradas en la figura 3, se dividieron las concentraciones de amonio registrado en los lugares de trabajo, el indicador rojo muestra las concentraciones mas altas mientras que el color verde los sitios con valores menores.

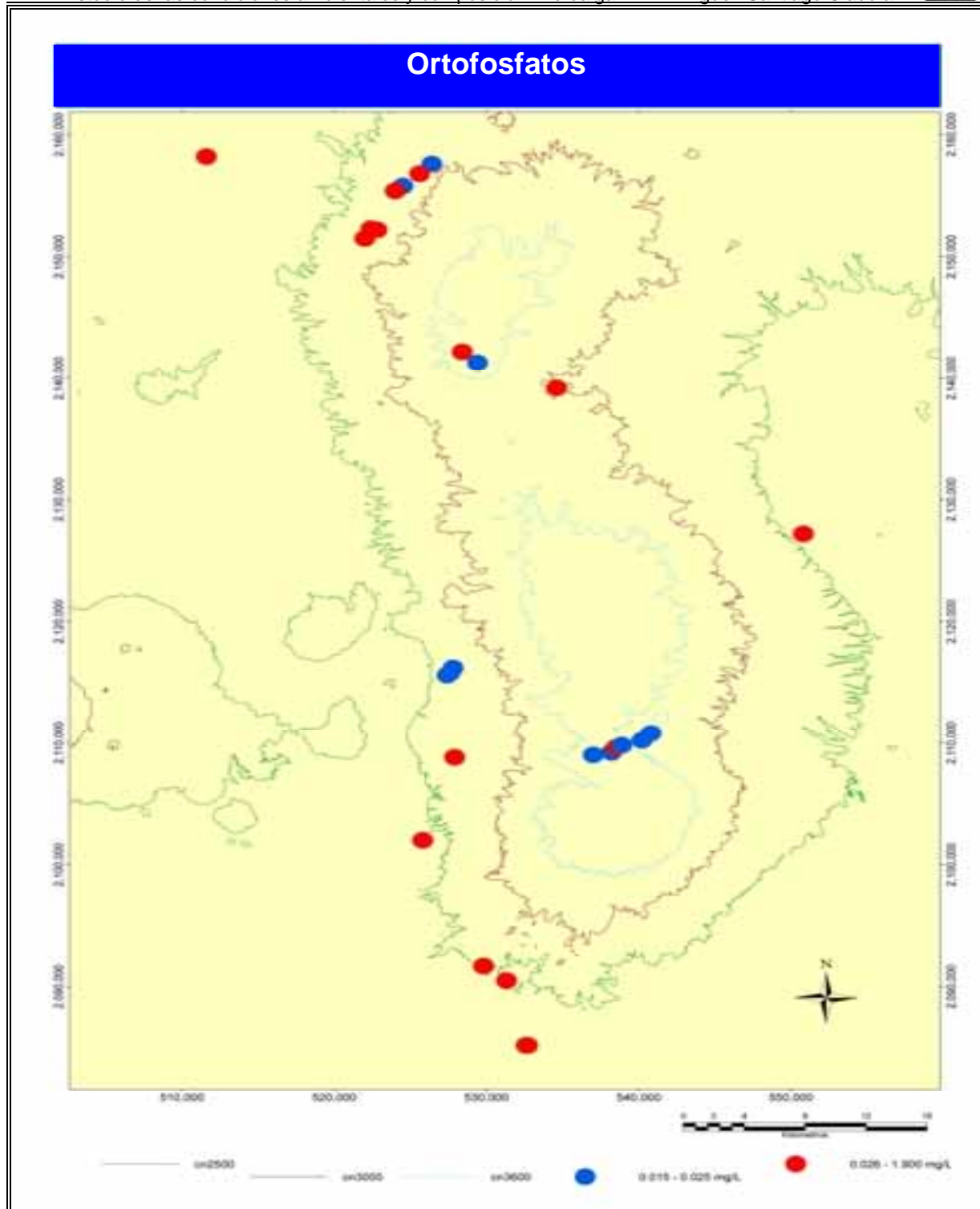


Figura 4-. Concentraciones de ortofosfatos medidas en los lugares de trabajo.

Las concentraciones de ortofosfatos se ilustran en la figura 4, los registros fueron separados en concentraciones de 0.015 a 0.025 mg/l (indicador azul) y de 0.026 s 1.9 mg/l PO_4^{3-} (indicador rojo).

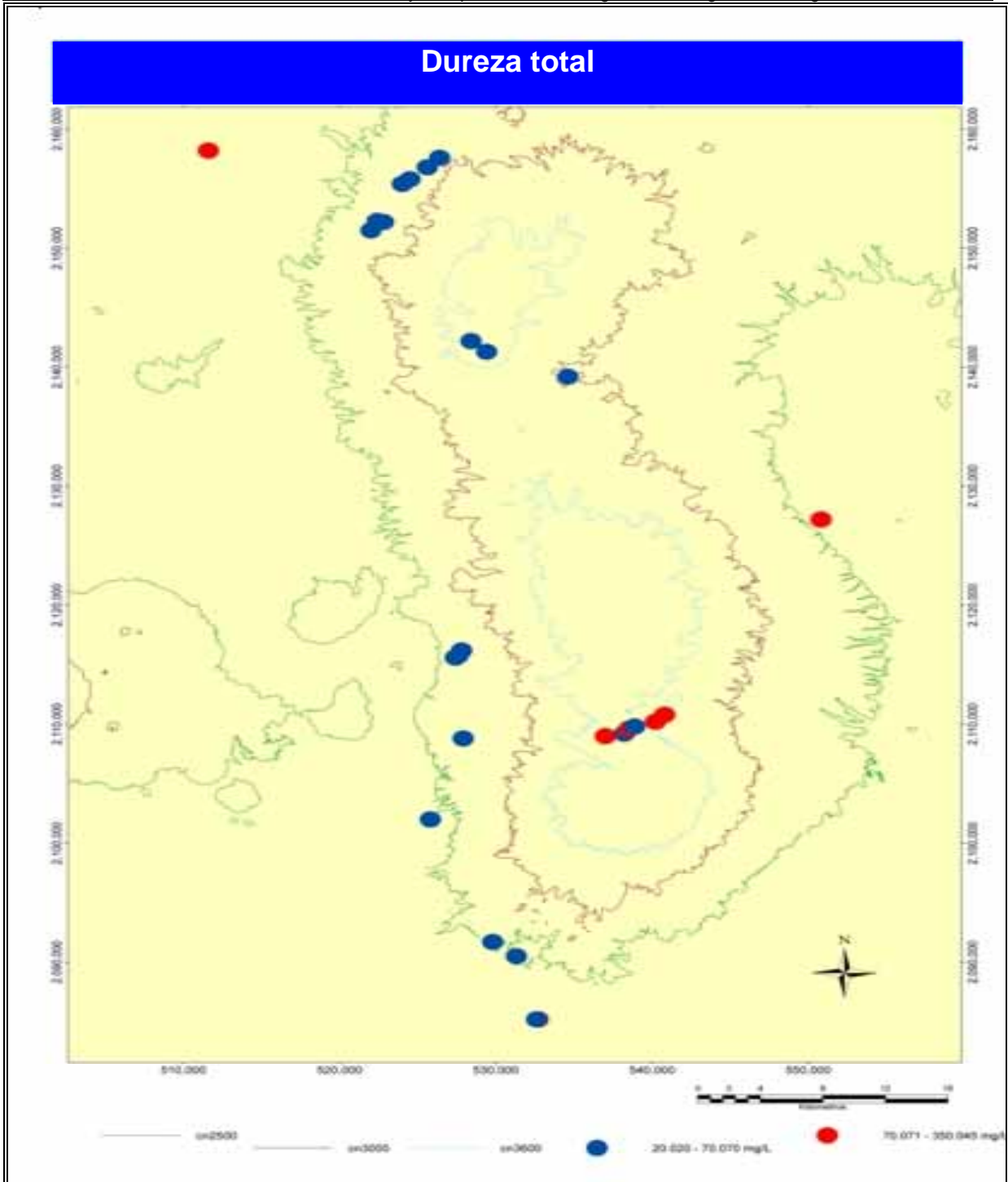


Figura 5-. Indica las concentraciones de dureza total medidas en los sitios de muestreo.

Los registros de dureza total calculados, se ilustran en la figura anterior, lugares donde la concentración se localizó en un intervalo de 20.02 mg/l a 70.010 mg/l señalados con azul y con color rojo los sitios donde las concentraciones se ubicaron en un intervalo de 70.011 a 350.045 mg/l CaCO_3 .

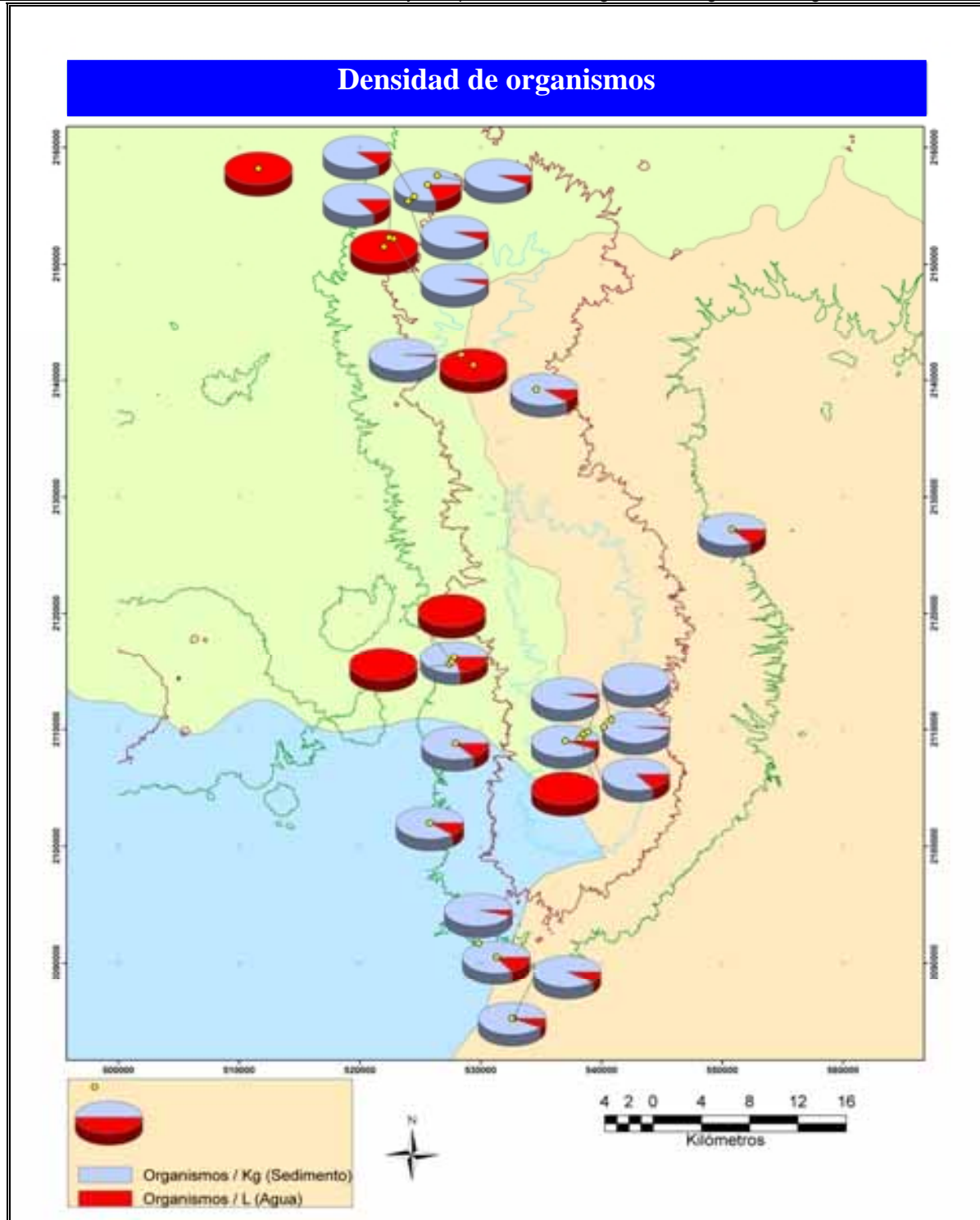


Figura 6-. Proporciones de organismos en agua y en sedimento.

Se representan a la figura anterior las proporciones ocupadas por la densidad de microalgas presentes en agua y en sedimento, se muestra que la cantidad de organismos por kilogramo es mayor a la registrada en agua, mientras que los lugares donde la totalidad es de organismos en agua es debido a que no se obtuvo muestra de sedimento.

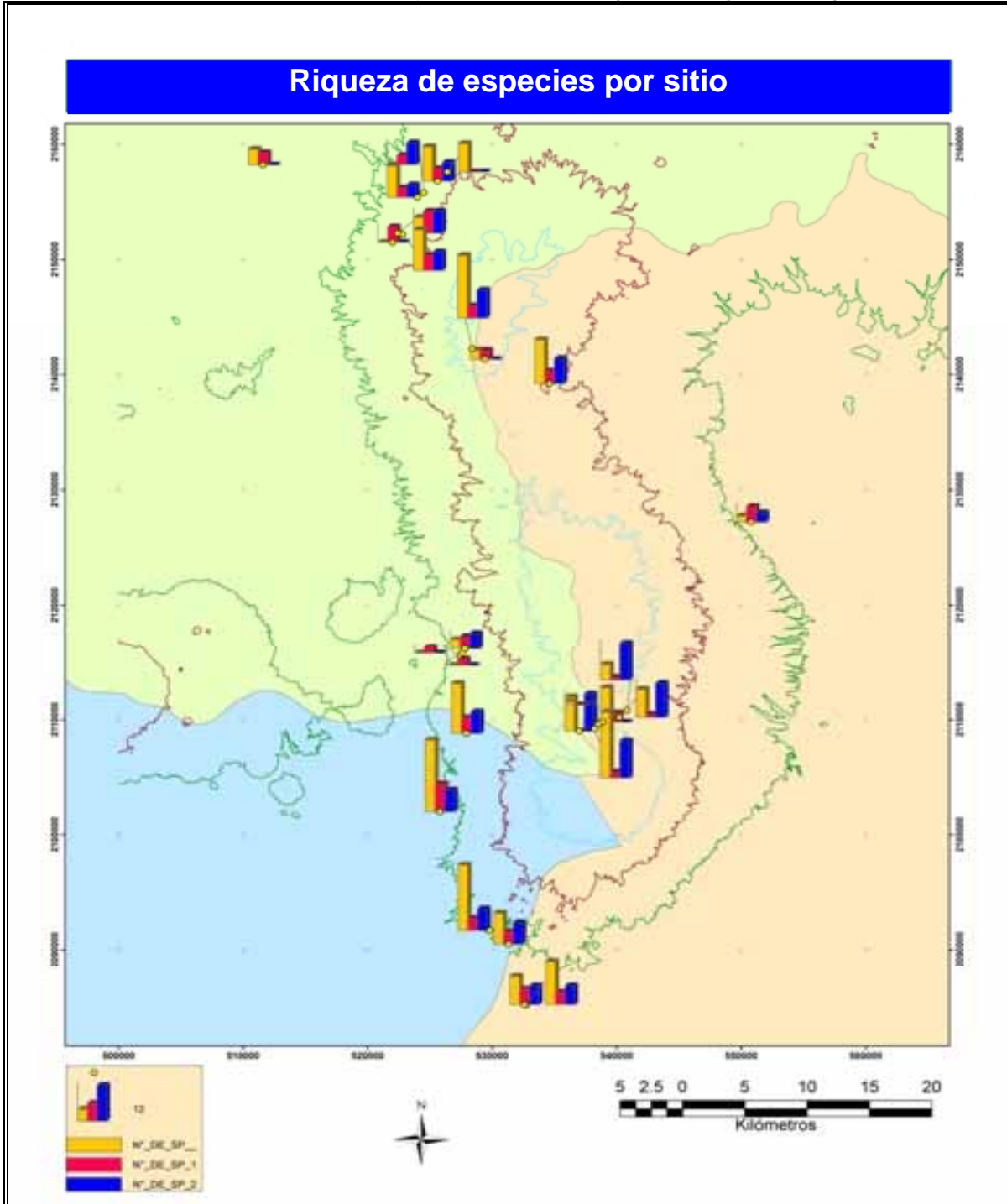


Figura 7.- Riqueza de especies presentes en muestras recolectadas, agua y sedimento

Esta imagen representa comparativamente el número de especies en recolectas, agua y sedimento, el color amarillo muestra la proporción de especies registradas en algún tipo de sustrato, mientras que la barra roja simboliza el número de especies reconocidas en agua y por último, la barra azul refleja a las especies encontradas en sedimento.



ESPECIE	CUENCA MOCTEZUMA	CUENCA ATOYAC	CUENCA AMACUZAC
CHROMOPHYTA			
<i>Achnantes sp.</i>	4	7	7
<i>Amphora sp.</i>	7	7	0
<i>Anomoeoneis sp.</i>	4	6	1
<i>Capartograma sp.</i>	0	0	7
<i>Cocconeis placentula</i>	4	4	4
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	5	0	7
<i>Cymbella mexicana</i>	6	2	6
<i>Cymbella sp.</i>	2	3	3
<i>Denticula tenuis</i>	7	2	4
<i>Diatoma hiemale</i>	4	4	3
<i>Diatoma sp.</i>	7	2	0
<i>Fragilaria sp.</i>	4	4	4
<i>Gomphoneis eriense</i>	7	2	4
<i>Gomphonema sp.</i>	2	3	1
<i>Meridium circularis</i>	7	7	7
<i>Navicula sp.</i>	4	4	4
<i>Opephora sp.</i>	0	0	7
<i>Peronia intermedium</i>	7	0	7
<i>Pinnularia sp.</i>	4	4	4
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	5	5	5
<i>Rhoicosphenia curvata</i>	4	4	4
<i>Rhopalodia sp.</i>	0	7	0
<i>Stauroneis sp.</i>	2	0	0
<i>Surirella sp.</i>	2	2	7
<i>Synedra sp.</i>	0	2	5
<i>Tabellaria sp.</i>	3	4	4
<i>Vaucheria sp.</i>	0	0	7
CHLOROPHYTA			
<i>Chlorella vulgaris</i>	4	4	4
<i>Cladophora glomerata</i>	7	0	0
<i>Closterium sp.</i>	3	0	7
<i>Microspora fenestrata</i>	7	7	7
<i>Mougeotia sp.</i>	0	6	6
<i>Mougeotiopsis calospora</i>	4	3	7
<i>Rhizoclonium crassipellitum</i>	0	7	0
<i>Spirogyra sp.</i>	7	7	0
<i>Staurastrum sp.</i>	0	0	7
<i>Tetraedron sp.</i>	0	0	7
<i>Ulothrix sp.</i>	3	2	1



CYANOPHYTA			
<i>Borzia trilocularis</i>	0	7	0
<i>Lyngbya sp.</i>	5	3	7
<i>Merismopedia elegans</i>	0	0	7
<i>Microcystis sp.</i>	0	7	0
<i>Nostoc sp.</i>	0	7	0
<i>Oscillatoria sp.</i>	2	7	7
<i>Phormidium sp.</i>	7	0	0
<i>Rivularia sp.</i>	0	7	0
<i>Spirulina sp.</i>	3	7	7
EUGLENOPHYTA			
<i>Euglena sp.</i>	6	7	0
<i>Phacus sp.</i>	6	4	0

Indicador para la tabla de especies

7 Recolectas **6** Sedimento **5** Agua **4** Recolectas, sedimento y agua
3 Recolectas y agua **2** Recolectas y sedimento **1** Agua y sedimento
0 Ausencia

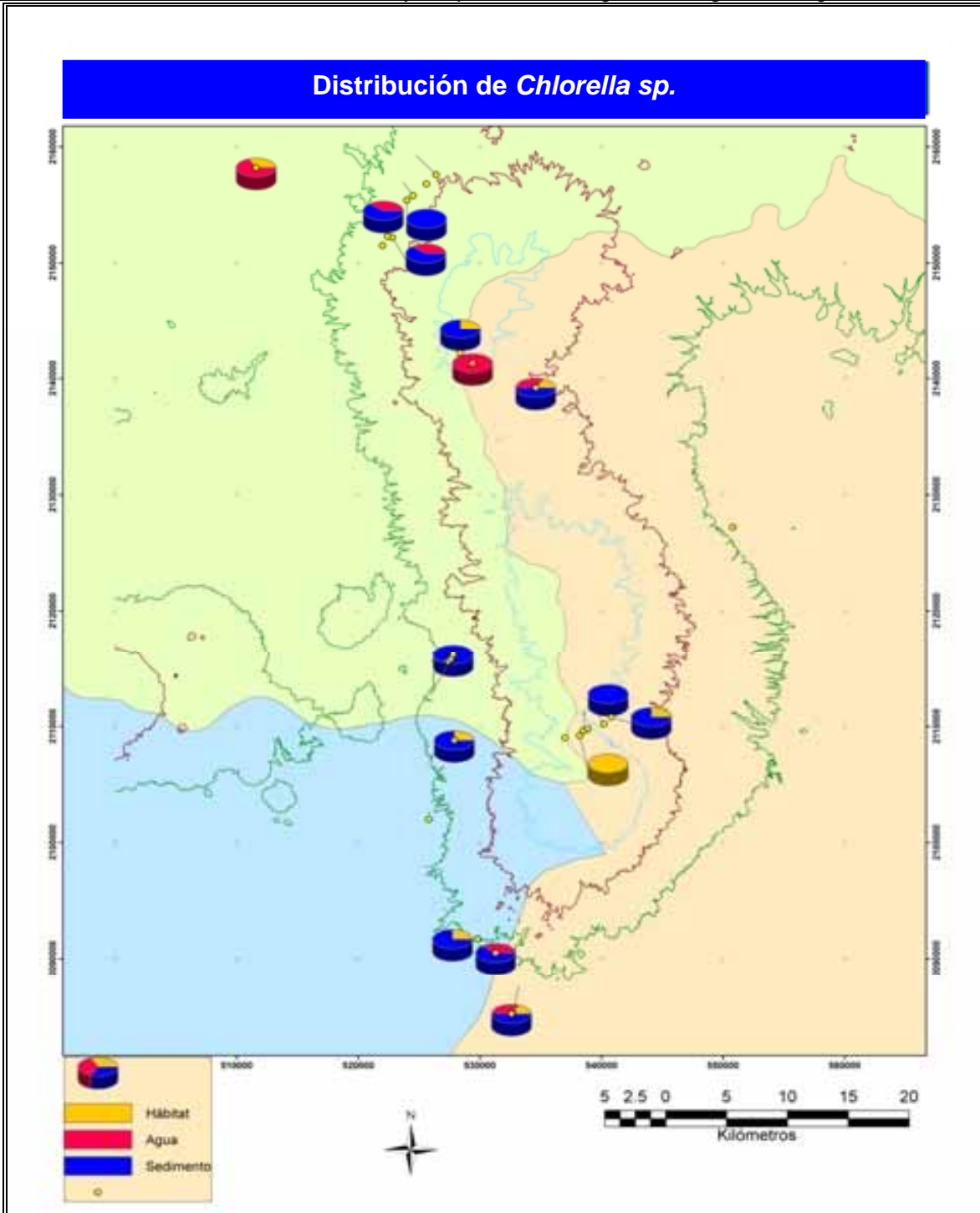


Figura 8-. Sitios en los cuales se registro la distribución de *Chlorella* sp.

En la figura 8 se presentan los sitios en donde se registró la presencia del género *Chlorella*, como se puede observar este fue determinado en las tres cuencas, en 15 de los 27 muestreos, los diferentes colores significan que se encontró en muestras recolectadas (amarillo), agua (rojo) y sedimento (azul).

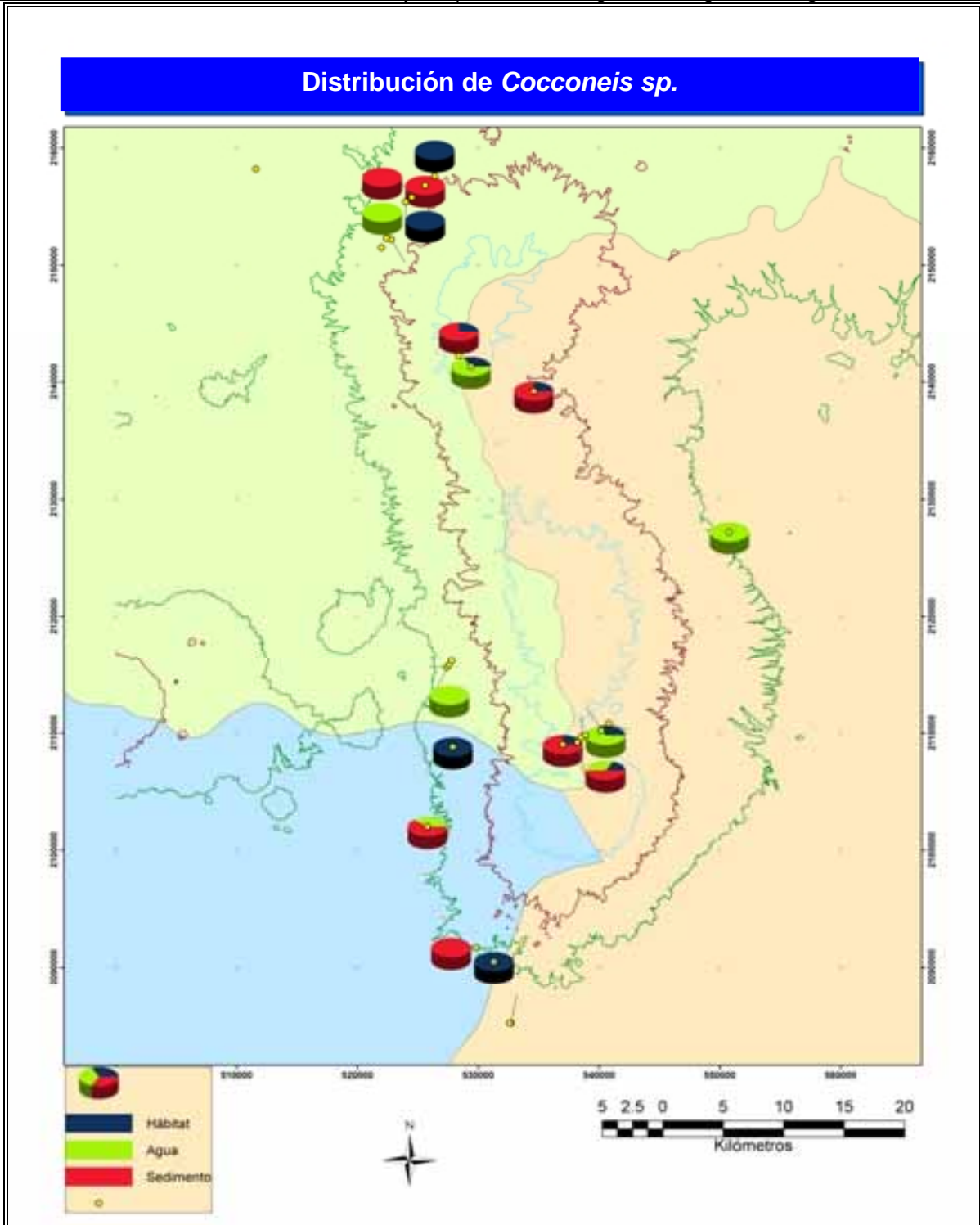


Figura 9-. Sitios en los cuales se registro la presencia de *Cocconeis* sp.

La distribución del género *Cocconeis* como se puede observar fue determinado en las tres cuencas, en 17 de los 27 sitios, los diferentes colores significan que se encontró en muestras recolectadas (azul oscuro), agua (verde) y sedimento (rojo).

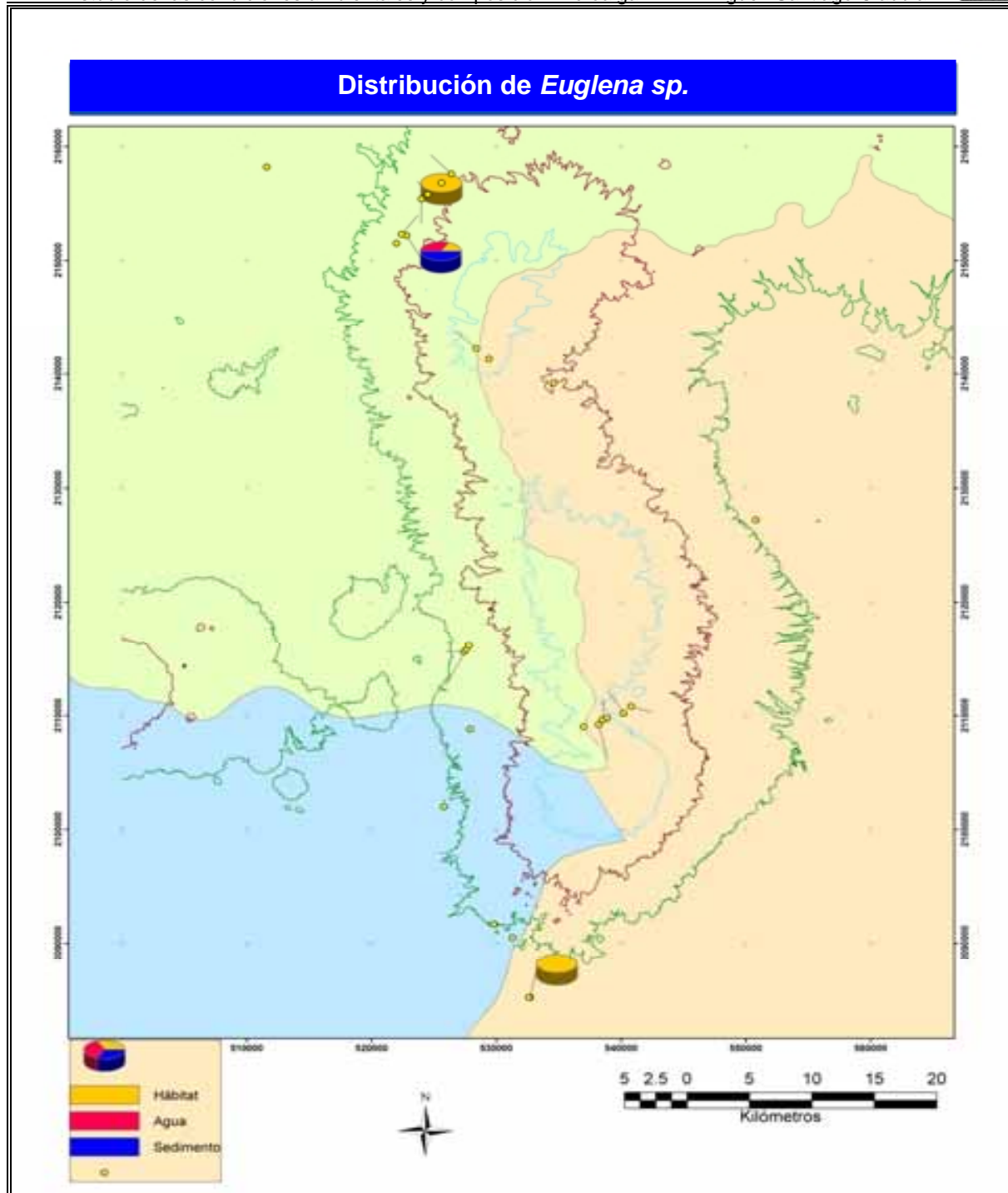


Figura 10-. Sitios en los cuales se registro la distribución de *Euglena sp.*

En 3 de los 27 sistemas acuáticos se determinó la presencia de *Euglena sp.*, dos de ellos fueron en florecimientos y uno localizado en la Cuenca Moctezuma se observó en los tres tipos de recolectas, los diferentes colores significan, en los lugares donde aparecen los tres colores expresa que se encontró en muestras recolectadas (amarillo), agua (rojo) y sedimento (azul).

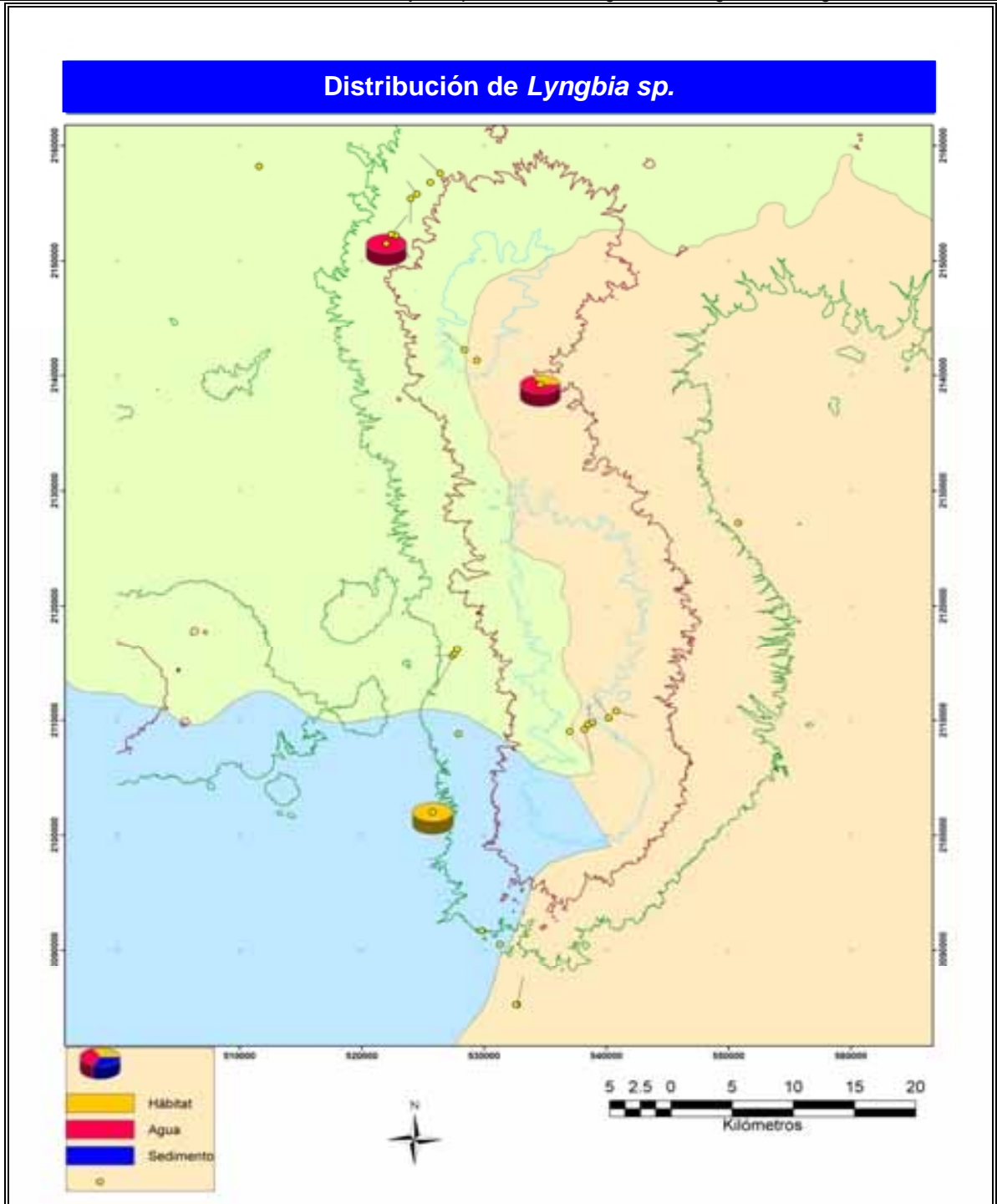


Figura 11-. Sitios en los cuales se registro la distribución de *Lyngbia sp.*

El género *Lyngbia* fue determinado en las tres cuencas, en 3 de los 27 cuerpos de agua, los diferentes colores significan que se encontró en muestras recolectadas (amarillo), agua (rojo) y sedimento (azul), sin embargo, sólo se registró en muestras recolectadas y en agua.

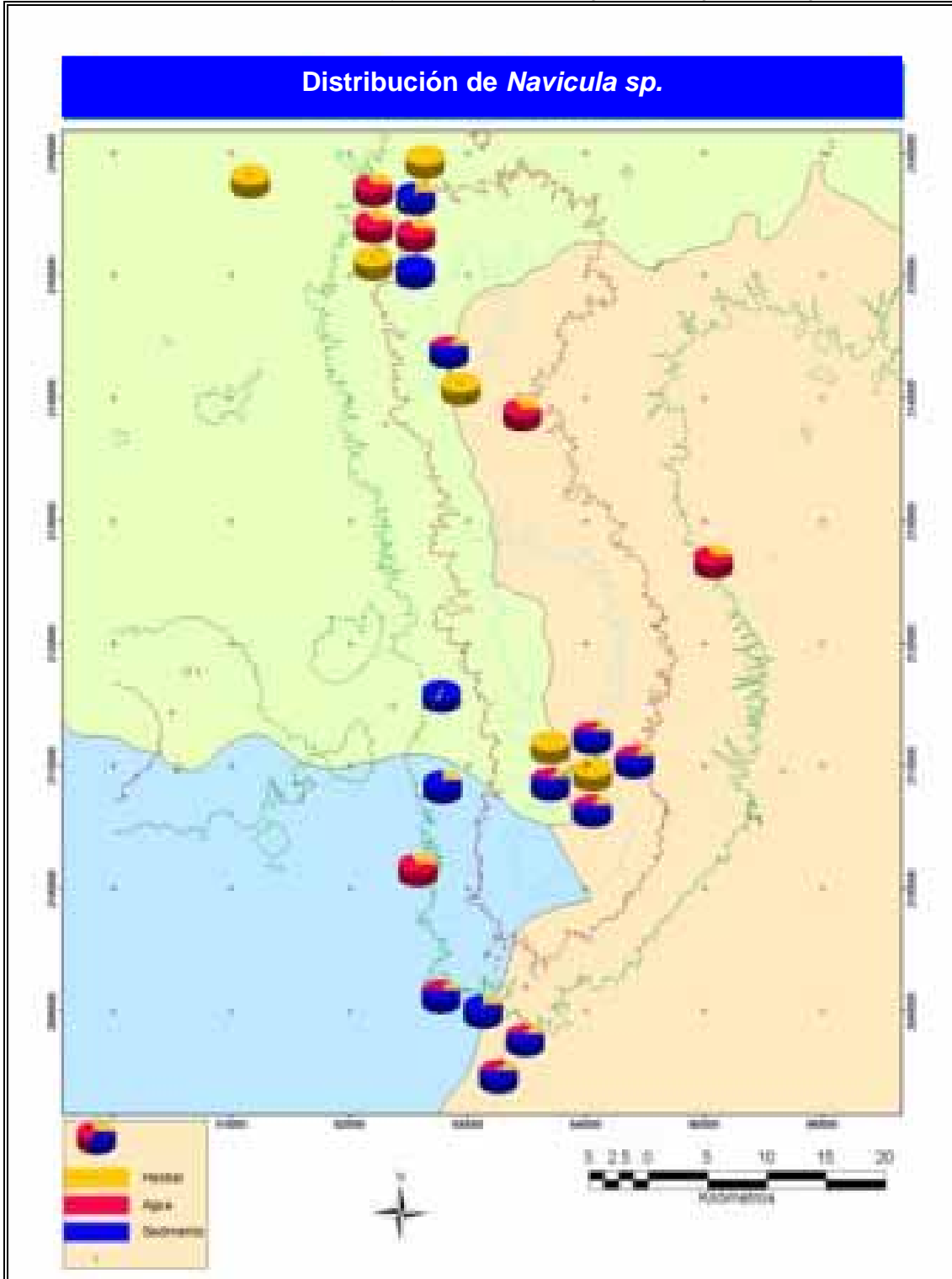


Figura 12-. Sitios en los cuales se registro la presencia de *Navicula* sp.

La figura muestra la distribución del género *Navicula* la presencia de este fue determinada, en 25 de los 27 sitios, los lugares donde aparecen los tres colores expresa que se encontró en muestras recolectadas (amarillo), agua (rojo) y sedimento (azul).

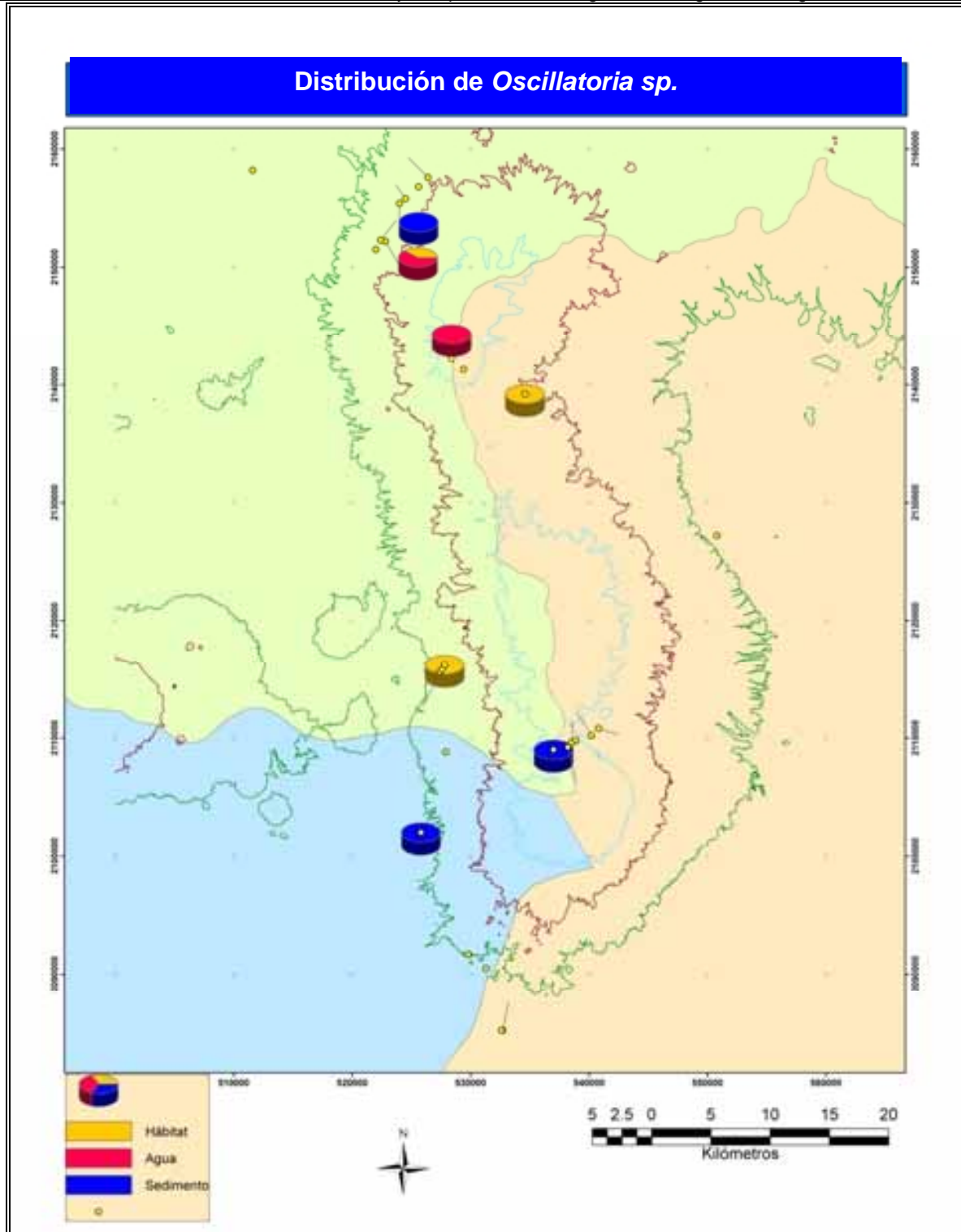


Figura 13-. Sitios en los cuales se registro la distribución de *Oscillatoria* sp.

Se registró la presencia del género *Oscillatoria* en las tres cuencas, en 7 de los 27 sistemas, los diferentes colores significan que se encontró en muestras recolectadas (amarillo), agua (rojo) y sedimento (azul).

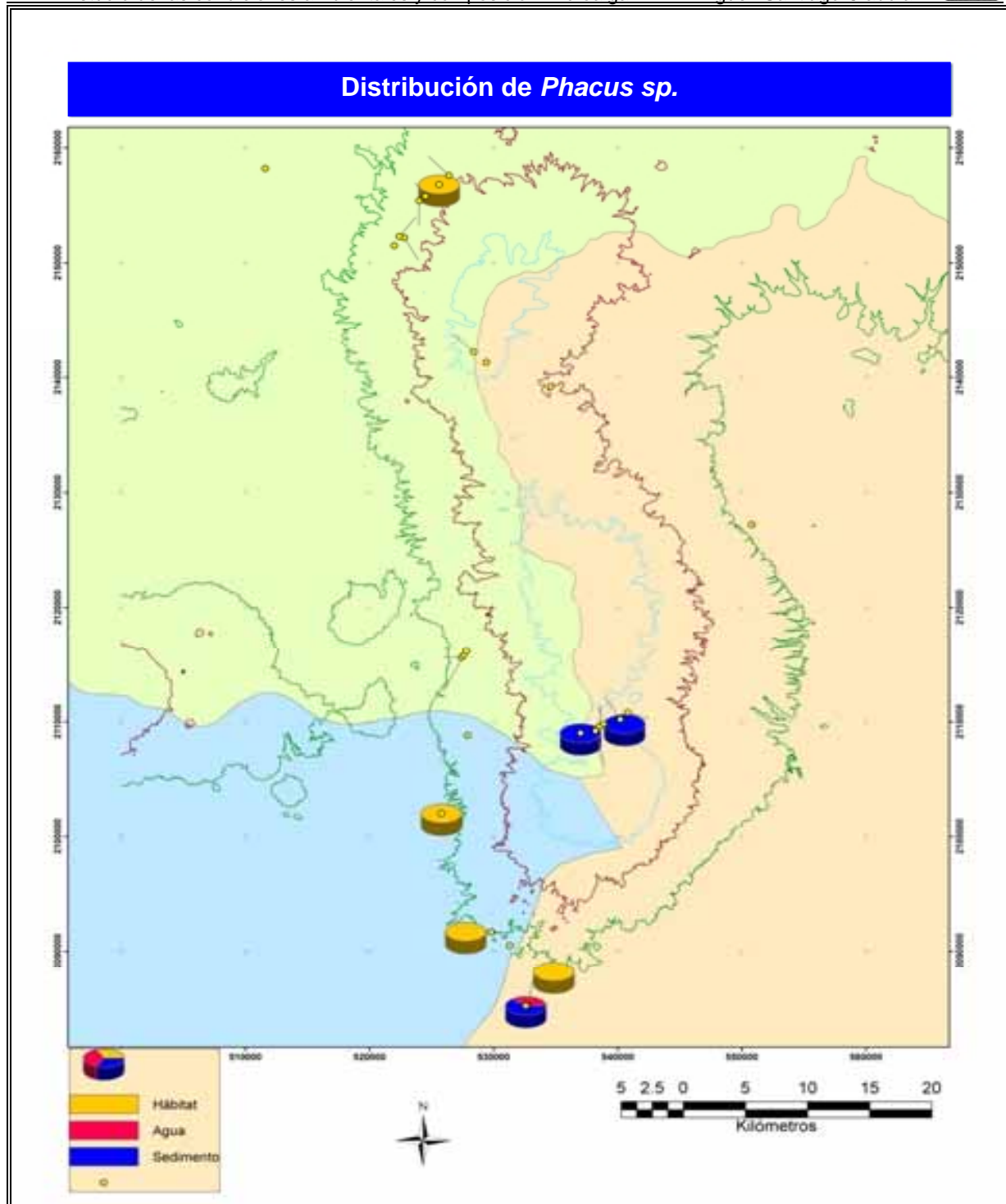


Figura 14-. Sitios en los cuales se registro la distribución de *Phacus sp.*

Se presentan los sitios en donde se registró el género *Phacus*, como se puede observar fue determinado en las tres cuencas, en 7 de los 27 cuerpos de agua, la mayoría de los cuales fueron solamente en florecimientos, seguida de sedimento y sólo en un sitio de la Cuenca Amacuzac se registró en agua.

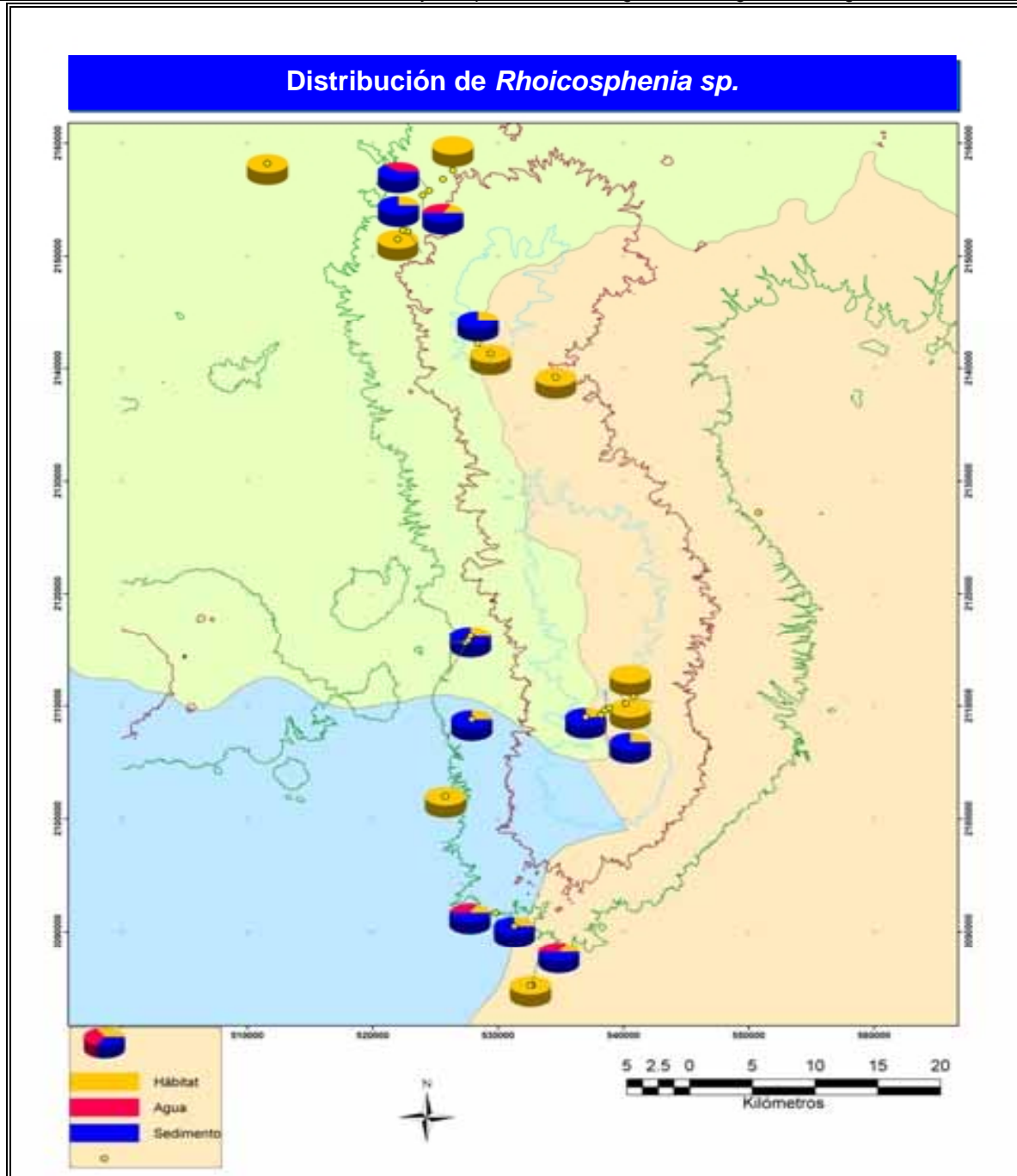


Figura 15-. Sitios en los cuales se registro la presencia de *Rhoicosphenia sp.*

Los sitios en donde se registró la presencia del género *Rhoicosphenia* como se puede observar fue determinado en las tres cuencas, en 20 de los 27 sitios, los diferentes colores significan, en los lugares donde aparecen tres expresa que se encontró en muestras recolectadas (amarillo), agua (rojo) y sedimento (azul). En algunos sitios fue su colecta exclusivamente en florecimientos microalgales.

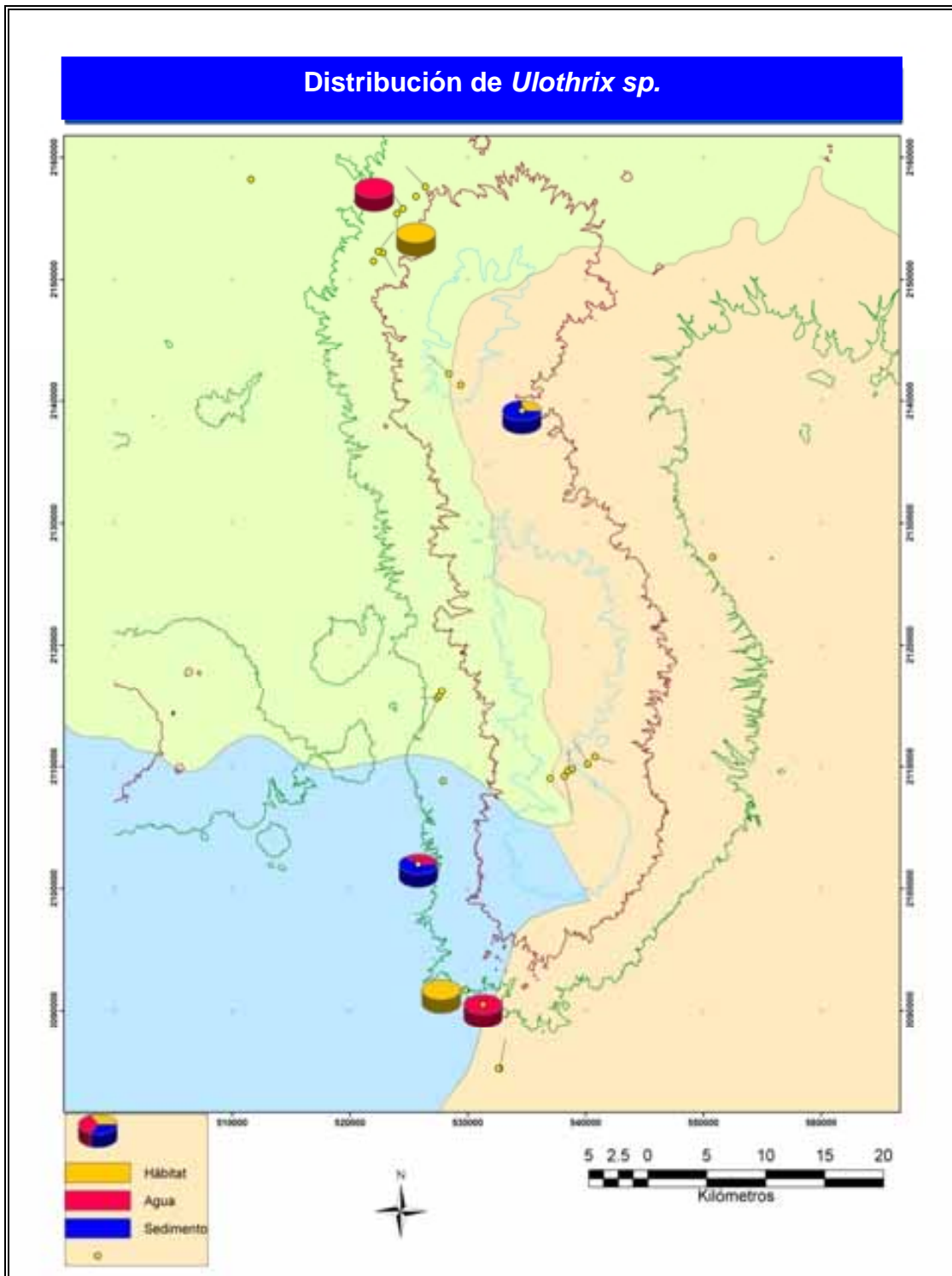


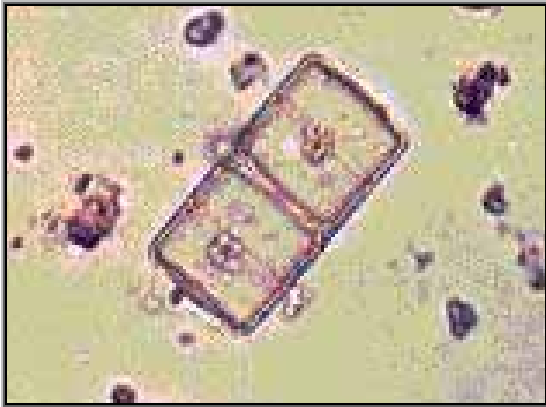
Figura 16-. Sitios en los cuales se registro la distribución de *Ulothrix sp.*

La presencia del género *Ulothrix* como se puede observar fue determinado en las tres cuencas, en 6 de los 27 lugares, los diferentes colores significan que se encontró en muestras recolectadas (amarillo), agua (rojo) y sedimento (azul).

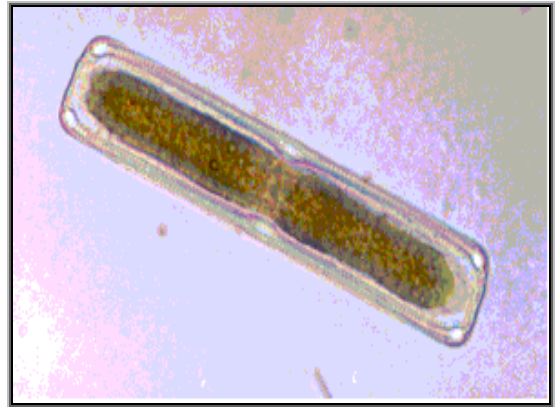


IMÁGENES DE ESPECIES MICROALGALES

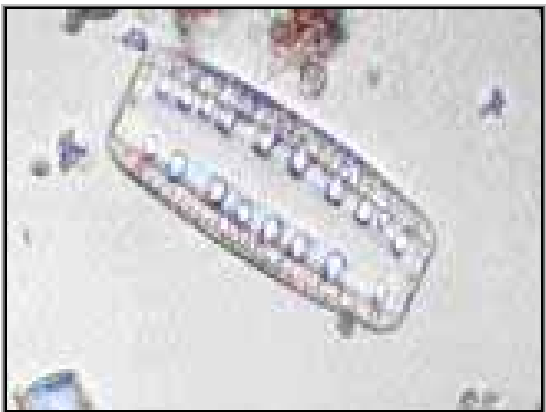
CHROMOPHYTA



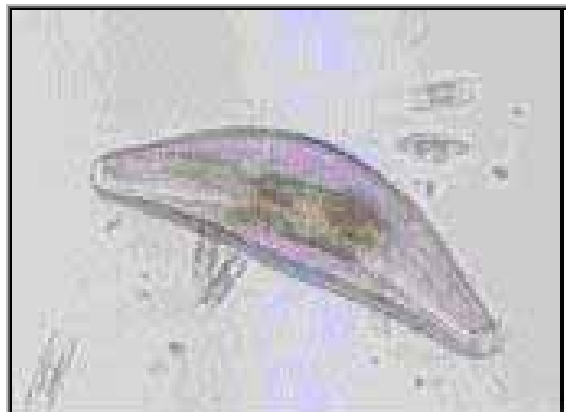
Diatoma hiemale (400x)



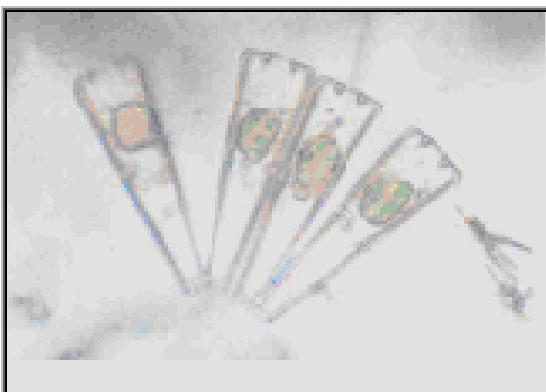
Pinnularia sp. (400x)



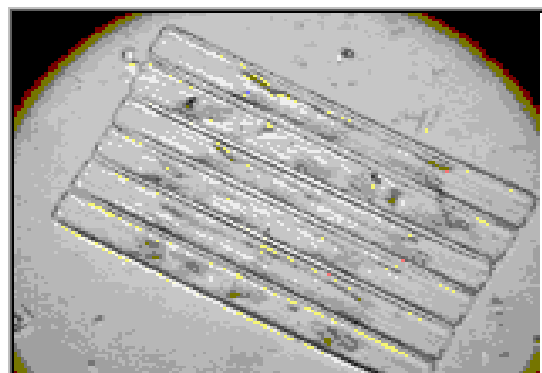
Denticula sp. (400x)



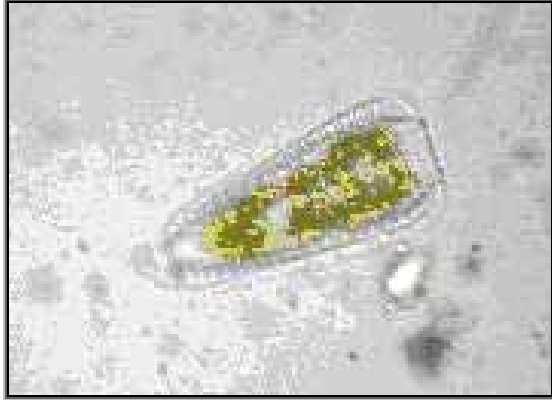
Cymbella sp. (400x)



Rhoicosphenia curvata (400x)



Tabellaria sp. (400x)

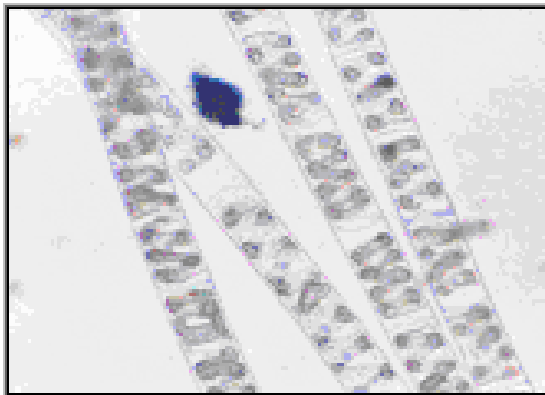


Surirella sp. (400x)

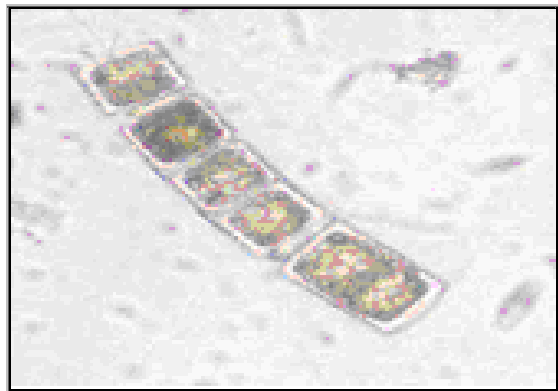


Navicula sp. (400x)

CHLOROPHYTA

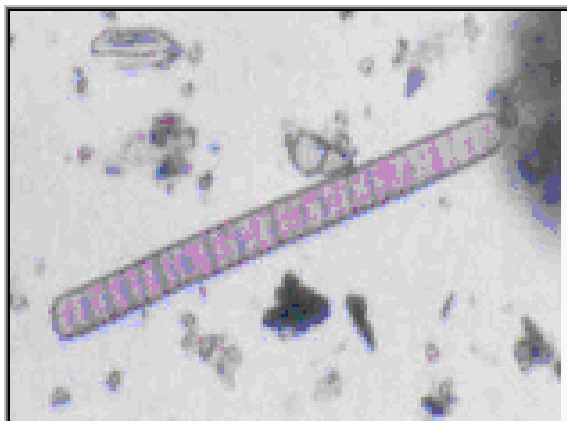


Spirogyra sp. (400x)



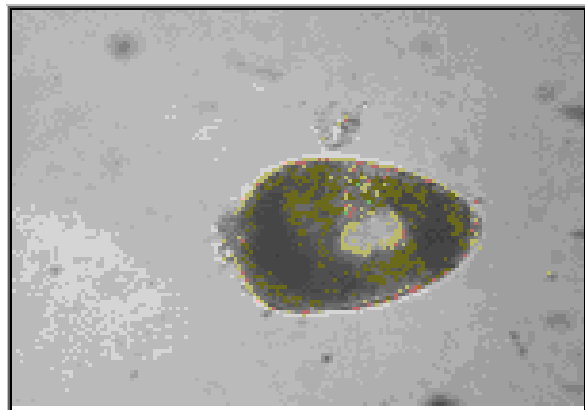
Mougeotiopsis calospora (400x)

CIANOPHYTA



Oscillatoria sp. (400x)

EUGLENOPHYTA



Phacus sp. (400x)

Nota: 400x es el producto del número de aumentos del objetivo con el que se observó (40x) por el número de aumentos del ocular (10).



8- DISCUSION

Los grupos formados con base en la ubicación de los sitios en las diferentes Cuencas permite explicar los resultados obtenidos por lo que se discutirán de acuerdo a la clasificación realizada.

GRUPO 1 CUENCA MOCTEZUMA

Este es un grupo que de manera general engloba el mayor número de sitios de trabajo (13 de los 27) de los cuales ocho de ellos son sistemas lenticos, localizados a las altitudes que van desde los 3700 a 2250 msnm, en siete cuerpos de agua fueron tomadas las muestras en los meses de marzo y abril, el resto de ellos en el periodo de septiembre-noviembre, con una velocidad de corriente integrado en un intervalo de 0.04 a 0.75 m/S.

La temperatura ambiente de 13 a 24 °C, mientras que la del agua fue de 10 a 21 °C en todos los casos de esta la temperatura del agua siempre fue inferior a la ambiental; pH entre 6.58 a 8.7 según la literatura las aguas naturales pueden tener un pH ácido por el CO₂ disuelto desde la atmósfera o proveniente de los seres vivos; por ácido sulfúrico procedente de algunos minerales y por ácidos húmicos disueltos del mantillo del suelo (Martínez, 1979).

Las aguas contaminadas con vertidos mineros o industriales pueden tener pH muy ácido, el pH que se presenta en estos lugares están por debajo y por encima de la neutralidad pero cercanos a esta, según lo citado no se puede considerar los valores medidos como aguas ácidas, existe en el sitio 13 El Salto, cisterna (cerca de Amecameca), México que es el lugar en donde su valor de pH permite considerarlo con tendencia a la alcalinidad.

El carbonato de calcio que puede reaccionar con el CO₂ formando un sistema tampón carbonato / bicarbonato (Martínez, 1979), sin embargo, en el caso del sitio 13 la concentración de CO₂ es de 1.99 mg/l, la alcalinidad, dureza total y de calcio son de 57 a 20.02 mg/l de CaCO₃ y 18.02 mg/l de Ca⁺⁺, se considera que la cantidad de iones disueltos son suficientes para conferirle ese valor de pH debido a que se trata de un sistema artificial.

Al realizar una comparación con el sitio 21 (Represa en Tequesquihuac, México), que es otro sitio con un pH de 7.8 unidades, se observa en general que los valores de temperatura, conductividad, alcalinidad, durezas son menores con respecto al sitio 13, al tratarse en ambos casos de sistemas artificiales se considera esta diferencia debido a que el agua del sitio 21 esta a la intemperie mientras que el 13 es una cisterna cerrada.

La conductividad del agua presenta valores que van de 603 a 170 µs/cm registrándose aquí el valor más alto en el sitio 3 que también corresponde al de mayor altitud (El Pastor, Coatepec, Edo. México PNZ y A cerro Telapon, México), por lo cual se afirma que en ese sistema existe una concentración de solutos importante (Martínez, 1979)

El caso de este sitio siendo uno de los lugares con datos de alcalinidad, durezas y amonio de los mas elevados del grupo, además de observarse que existe alta concentración de CO₂ (11.99 mg/l) además de tener un valor de oxígeno disuelto de los mas bajos del grupo (1.6mg/l de O₂). Cuando la acidez es alta en el agua la alcalinidad disminuye, puede causar condiciones dañinas para la vida acuática.



Esto último se atribuye a que es un cuerpo de agua con poca profundidad y con una densidad importante de microalgas en agua y sedimento 98,696 y 6,500,000 u.b./l y Kg respectivamente el primero de ellos considerado de los más altos para este grupo y el segundo el más alto registrado en sedimento para la Cuenca Moctezuma.

El CO_2 presenta valores de 11.98 a 0.99 mg/l del gas, aquí resulta interesante que la concentración más alta del dióxido de carbono corresponde con el sitio donde se registró uno de los valores de oxígeno disuelto más bajo, lo que nos indica que la descomposición de materia orgánica es alta, la respiración por parte de organismos también es importante, esta forma de carbono inorgánico es indispensable para la fotosíntesis de algas y plantas acuáticas (Contreras, 1994).

El oxígeno disuelto indica niveles altos y bajos de O_2 en este grupo tenemos de 1.1 a 8.1 mg/l, las aguas superficiales limpias suelen estar saturadas de oxígeno, si el nivel de oxígeno disuelto es bajo indica contaminación con materia orgánica, mala calidad del agua e incapacidad para mantener determinadas formas de vida (Martínez, 1979).

Con respecto a esto se puede observar que en agua la densidad de microalgas es igual, sin embargo, en las muestras de sedimento la densidad de organismos es mayor en el sitio donde el agua está más oxigenada, de igual forma se presenta una mayor diversidad de microalgas en este sitio.

Alcalinidad significa la capacidad tapón o de neutralizar, a fin de evitar que los niveles de pH del agua lleguen a ser demasiado básico o ácido, lo cual permite estabilizar el agua en los niveles del pH alrededor de 7.

En el caso de este grupo la alcalinidad 145.14 a 48 mg/l CaCO_3 , dureza total 120.12 a 20.02 mg/l, dureza de calcio de 8.1 a 64.06 mg/l de Ca^{++} . Por lo cual se les puede considerar en general como aguas duras y productivas a la mayor parte de los lugares de este grupo de acuerdo con Gómez, 2003.

La concentración de nitritos es de 0.25 a 0.35 mg/l, los cuales están fuera de los niveles máximos permisibles de calidad del agua 0.05 mg/l según la NOM -127- SSA -1994 y NOM-001 ECOL-1996, mientras que la concentración de ortofosfatos de 0.017 a 1.9 mg/l de PO_4^{3-} , estos últimos también rebasan los niveles permisibles por la NOM.

Los valores de amonio se encuentran dentro de un intervalo de 0.0 a 1.5 mg/l lo permisible por la NOM son 0.5 mg/l, sólo uno de los trece sitios de este grupo está fuera de los límites aceptables este es el sitio 7 Apatlaco, cascada en Buenavista, Puebla (ver figura 3) donde se observa que todas las concentraciones son iguales o menores a 1.5 mg/l.

Las características de estos sitios en su composición microalgal (gráfica 8) en agua indican que los sitios de mayor altitud presentan una mayor proporción de microalgas cromofitas, en segundo lugar conforma disminuye la altitud por clorofitas, cianofitas y sólo en un sitio de altitud intermedia se registró la presencia de euglenofitas.

En cinco de los trece sitios se registraron cianofitas y en todos los lugares diatomeas lo cual coincide con el trabajo realizado por Valadez, 2001 ya que en este la flora ficológica estuvo representada principalmente por miembros de la familia Bacillariophyceae, solo en un sitio se registraron las cuatro divisiones, y en el sitio de menor altitud la mayor proporción registrada fue de clorofitas



Cabe resaltar que el género *Spirogyra* registrada en algunos de los sitios, es una especie bentónica encontrada de manera transitoria, se desarrolla cerca de la superficie del sedimento protegiéndose así de las corrientes rápidas (Darley, 1991), se le encuentra formando lama, además existen especies de *Spirogyra* que son características de agua contaminada como *S. comunis* (Manilla 1985) aunque en este caso no se logró determinar la especie por falta de los tubos de conjugación en el organismo.

Mientras que la especie *Chlorella vulgaris* fue registrada en el Río en Tezoyuca, esta es característica de aguas contaminadas y es considerada junto con otras especies como indicador fidedigno de contaminación orgánica (Palmer, 1962) lo cual corresponde con las características de este punto de muestreo.

La división Euglenophyta es común tanto para muestras de agua, sedimento y recolectas, para el caso del sitio 16 lo cual resulta interesante ya que en el trabajo realizado a fin de reconocer la flora algal del Río la Magdalena (Valadez, 2001) no se registran especies de esta división dicho estudio tiene las características de haberse realizado en ambientes lóticos del Valle de México dentro de una altitud de 2800 a 3170 msnm, las cuales son condiciones semejantes a este grupo, aunque el autor omite las características del cuerpo de agua.

Este grupo es parecido en las partículas encontradas en su sedimento ya que la mayor proporción corresponde a arena fina, seguida de piedras y por último grava fina, excepto en el sitio 20 (Río Coatzala) donde la mayor proporción es de piedras, este es uno de los sitios en donde la densidad microalgal en de las mas bajas del grupo.

En cuanto al número de organismos en sedimento se registró dentro del intervalo de (270,1429 a 6,500,000 u.b/Kg) aunque no existen reportes sobre densidad de organismos en estos sitios para efectuar comparaciones con los resultados obtenidos. Se observa que en este grupo abarca el sitio con más alta densidad de organismos por kilogramo cuya composición es de diatomeas, clorofitas y cianofitas.

Se destacan los géneros *Euglena* y *Phacus*, el primero de ellos se caracteriza por estar en aguas ricas en materia orgánica, existen especies de aguas contaminadas y de aguas limpias y el segundo vive en general en aguas contaminadas (Manilla, 1985), en tres de los sitios aquí agrupados se registraron ambos géneros.

En muestras de agua la densidad registrada fue de (49348 a 647696 u.b/l), sólo en cuatro sitios se registraron exclusivamente diatomeas, en todos los demás se observó la presencia de Clorofitas al igual que cianofitas en cinco de ellos, resalta la presencia de *Chlorella vulgaris*, así como también el sitio 24 que es el único lugar donde se registró el género *Anabaena sp.* el cual se reporta en lugares con una elevada cantidad de Nitrógeno y Fósforo (Manilla, 1985) y reportada por Palmer (1985) como una especie característica de lugares contaminados.

En cuanto a las densidades de microalgas en agua cabe señalar que la densidad más importante de organismos esta en este grupo dado que en el agua del sitio 25 (Río en Tezoyuca) existía una enorme cantidad de *Chlorella vulgaris* la cual ocasiona esa alta densidad.



GRUPO 2 CUENCA ATOYAC

Los sitios de este grupo se localizan a una altitud 3900 a 2110 msnm, la temperatura ambiente se encuentra entre 14 y 22 °C y la del agua entre 10 y 20 °C, oxígeno de 4.8 a 9.3 mg/l de O₂ tratándose de sistemas oxigenados.

El pH se registró en un intervalo de 6.47 a 7.65 lo cual nos habla de que este parámetro se encuentra en la mayoría de los sitios muy cercano a la neutralidad, aunque en este caso la dureza y alcalinidad del grupo son semejantes con respecto a la Cuenca Moctezuma. La dureza total se ubica en un intervalo de 25.02 a 350.05 mg/l de CaCO₃, la alcalinidad entre 25.02 a 350.06 mg/l de CaCO₃ todos los sitios se encuentran dentro de los límites permisibles por la NOM (400 mg/l de CaCO₃).

En cuanto a los nutrimentos medidos el amonio registró concentraciones de 0.2 a 3 mg/l de NH₄⁺, algunos cuerpos de agua registraron concentraciones que se encuentran fuera de los valores aceptables de acuerdo a la NOM (0.5 mg/l NH₄⁺), en cuanto a ortofosfatos están dentro de un intervalo de 0.02 a 1.9 mg/l de PO₄³⁻, esta última corresponde al sitio 8 (Río Frío, México), aunque corresponde a uno de los sitios de altitud media en este grupo es un sitio muy cercano a asentamientos humanos, además de ser un lugar con fines recreativos para la población.

La textura del sedimento estuvo compuesta de arena fina en su mayor proporción por arena fina, en segundo término por piedras y en tercer lugar por grava fina. Este factor se puede decir que no es determinante en la densidad microalgal presente en los sistemas, ya que a pesar de tratarse de proporciones semejantes, las densidades son variables en los lugares de muestreo, por lo tanto, son diferentes factores los que determinan la composición microalgal de los sistemas acuáticos.

La densidad de organismos en dicho sedimento se cuantificó dentro de un intervalo de 814,815 a 3,761,905 u.b./Kg. el número de organismos fue mayor con respecto al grupo anteriormente abordado, además la composición de microalgas en sedimento muestra que en la mayoría de los sitios la proporción mas representativa corresponde a las diatomeas.

Mientras que en cuatro de los ocho sitios en donde se recolectó sedimento se registraron cromofitas, clorofitas y cianofitas, se determinó en dos colectas organismos de la división Euglenophyta con lo cual se observa una diferencia con respecto al grupo anteriormente abordado. Con respecto a la cuantificación de microalgas en agua para estos sistemas se registra en un intervalo de 24,674 a 222,067 u.b/l, la menor densidad se registró en el sitio 2 que corresponde a la Cascada de Altzomony.

Este sitio si bien tiene una velocidad de corriente semejante al sitio donde se registró la mayor densidad de organismos (Cerro Telapon, canal cementado), también presenta primeramente concentraciones mucho mayores de oxígeno disuelto, alcalinidad y dureza total de Ca⁺⁺ mucho menor con respecto al sitio 2, lo cual de cierta manera favorece las condiciones para que proliferen las microalgas.

La composición microalgal está formada por diatomeas en su totalidad en el sitio 2 mientras que en el cerro Telapon se presenta especies que pertenecen a la cromofitas clorofitas de manera general la cuenca muestra una proporción mayor de diatomeas en todos los sitios, seguidas de clorofitas y solo en un sitio se registró la presencia de los cuatro grupos.



En un cuerpo de agua (sitio 8, Río Frío, México) se registraron cianofitas específicamente el género *Oscillatoria* según Manilla (1985) algunas especies indican la presencia de desechos de industrias de papel y contaminación salina, al respecto se observa que en lugar existen concentraciones elevadas de nutrimentos, alcalinidad y dureza en comparación con el resto de los cuerpos de agua la Cuenca Atoyac.

GRUPO 3 CUENCA AMACUZAC

Este grupo corresponde a los sitios considerados dentro de la Cuenca Amacuzac, localizados en altitudes de 2425 msnm a 3100 msnm, con temperatura ambiente entre 10 °C y 24 °C y del agua en un intervalo de 6 °C a 14°C.

El pH medido en estos lugares fue de 7.28 a 7.8 unidades, se observa que los valores son ligeramente por encima de la neutralidad en los sitios, en un sistema es con una tendencia a la basicidad, sin embargo, la alcalinidad, dureza de calcio y total están dentro de los rangos permisibles.

Las concentraciones de oxígeno se registraron en un intervalo de 10 mg/l de O₂ a 1.5 mg/l de O₂, este parámetro registró los valores mas altos, por lo cual se afirma que son cuerpos de agua bien oxigenados excepto en el sitio 9, Río La Compañía (Las Palomas), México que corresponde al lugar más alto muestreado en esta Cuenca..

El CO₂ registra valores de 0.99 a 1.99 mg/l del gas, los valores tienden a ser bajos por lo que podemos de un proceso de respiración por parte de los organismos escasa así como la descomposición de materia orgánica.

La conductividad en estos sitios es baja en dos de los cuatro sitios con respecto a los grupos de la Cuenca Moctezuma Atoyac (de 335 a 64 µs/cm), lo cual también se relaciona con valores bajos de alcalinidad, dureza total y de calcio. Los intervalos de estos parámetros para este grupo son de 45 a 83 mg/l CaCO₃, 25.03 a 43.03 mg/l CaCO₃ y de 12.01 a 20.02 mg/l de Ca⁺⁺ respectivamente, lo que apoya los valores de pH medidos.

Con respecto a los nutrimentos medidos la concentración de amonio, nitritos y ortofosfatos son valores cercanos, en el caso del amonio solo se registró una concentración de 0.2 mg/l de NH₄⁺ en el sitio 11, cascada, corredor ecológico, México, mientras que los nitritos tuvieron una concentraciones de 0.25 mg/l a 0.35 mg/l de NO₂⁻, así como una cantidad de 1.13 a 1.33 mg/l de PO₄³⁻

La composición de indica que en todos los sitios esta constituida de diatomeas y clorofitas de mayor a menor proporción respectivamente, sólo en uno de los puntos (Cascada del corredor ecológico), cabe destacar que en este lugar existían aportes de materia orgánica, ya que se trata de un lugar turístico.

En este grupo se registraron exclusivamente diatomeas y clorofitas lo cual, marca una diferencia con los grupos anteriores, ya que en ninguno de los sitios se encontraron representantes de las divisiones Cyanophyta y Euglenophyta.

La densidad de microalgas en agua fue de 586,011 a 98,696 u.b/l de las cuales su composición estuvo formada por diatomeas y clorofitas mayor proporción las primeras. En este grupo se resalta en la mayoría de los sitios la presencia de algunas especies características de aguas limpias como *Meridium circularis*, *Tabellaria sp*, *Fragilaria sp* etc. (Palmer, 1985)



Al separarse los tipos de tamaños de partículas del sedimento colectado en la Cuenca Amacuzac la proporción más importante fue de arena fina, seguida de piedras y por último de grava fina, por otra parte, la densidad de microalgas en sedimento, la igual que en los grupos anteriores y a pesar de la semejanza de las texturas es diferente aunque es sabido que es uno de los factores que influyen en el número y composición microalgal.

El número de organismos registrado en estos puntos fue de 644,444 a 4,916,667 las cuales son densidades altas, la composición de microalgas en sedimento fue de diatomeas y clorofitas, registrándose una población igual a la encontrada en sedimento.

DIAGRAMAS DE CAJAS MÚLTIPLES CON MUESCA

En la comparación realizada a través de esta herramienta estadística (Salgado, 1992), para las diferentes Cuencas, permite observar diferencias y similitudes con respecto a las mismas, por lo que se elaboraron diagramas para cada uno de los parámetros analizados.

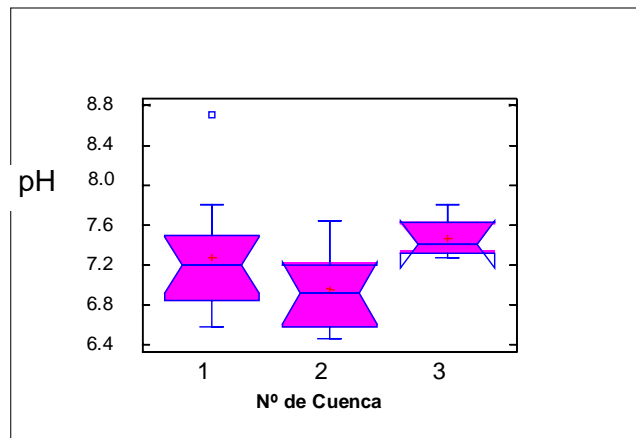


Diagrama 1-. Valores de pH

El pH comparado en las tres Cuencas (diagrama1) permite observar que en la Cuenca Moctezuma y Atoyac (Grupo 1 y 2 respectivamente) existe una dispersión de los datos tanto hacia valores altos como bajos, parte de las muescas en estos mismos grupos se traslapan por lo que se puede afirmar que no presentan diferencias significativas, con respecto a la cuenca Amacuzac (Grupo 3) se observa que existe un ligero traslape con la muesca de la caja 1, la dispersión de los datos esta dada hacia los valores altos.

Para establecer una relación más clara con respecto al análisis comparativo de los grupos se procedió a obtener un análisis de varianza (ANOVA), se obtuvo que no existe una diferencia estadísticamente significativa aun nivel de confianza del 95%.

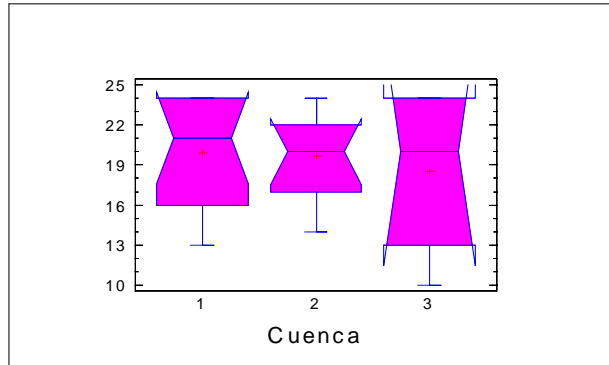


Diagrama 2-. Valores de temperatura ambiente

El diagrama de caja 2 con muesca para la temperatura ambiente muestra que no existe diferencia entre los grupos debido al traslape de las muescas, sin embargo, se puede observar que el grupo 2 presenta una menor dispersión de los datos, es decir, se concentran más hacia la media, mientras que la Cuenca Amacuzac muestra una mayor dispersión hacia los valores bajos, al igual que la Cuenca Moctezuma, pero es más evidente en la Cuenca 3.

Al realizar un análisis por medio de ANOVA se determinó que no existe una diferencia significativa entre las Cuencas a un nivel de confianza del 95 % por lo que se puede decir que son grupos homogéneos.

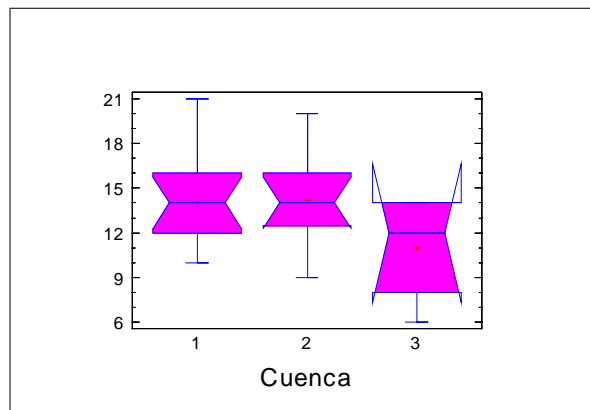


Diagrama 3-. Comparación de la temperatura del agua en las tres Cuencas

Las cajas con muesca obtenidas para el caso de la temperatura del agua (diagrama 3) indica que entre el grupo 1 y 2 existe un traslape casi total de las muescas, con respecto al grupo 3 existe una dispersión de los datos hacia los valores bajos y una pequeña superposición de las muescas con los grupos anteriores.

Se realizó de igual manera con un Análisis de Varianza lo cual confirma que no existe una diferencia significativa entre los grupos a un nivel de confianza del 95%.

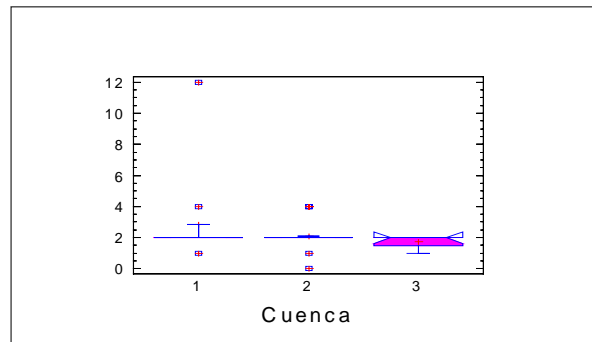


Diagrama 4-. Concentraciones de CO₂ en las diferentes Cuencas por cajas

El CO₂ analizado en el diagrama de caja 4 permite observar que no existen diferencias significativas entre los grupos, pues las muescas de las cajas son iguales, el grupo tres muestra mayor dispersión de los datos y un sesgo hacia los valores más bajos, varios datos extraordinarios se muestran en la Cuenca Moctezuma y Atoyac al igual que en grupo dos.

Sin embargo, el análisis estadístico con ANOVA permite ver que la diferencia en las concentraciones de CO₂ no es significativa a un nivel de confianza del 95% que existen varios sitios en donde el CO₂ es muy elevado o muy bajo a lo cual se puede argumentar que son sitios que presentan características particulares en sus condiciones.

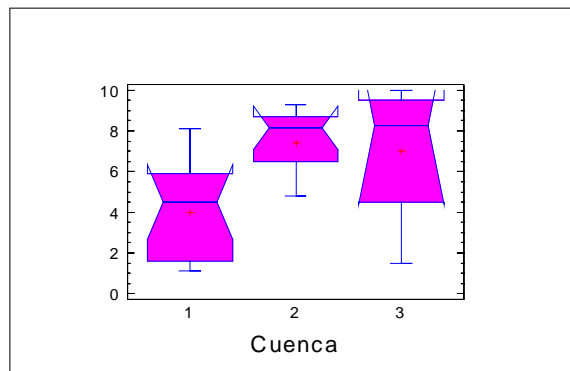


Diagrama 5-. Análisis estadístico por cajas para las mediciones de oxígeno disuelto

Al analizar estadísticamente las concentraciones de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua (diagrama 5) se observa que existe un traslape total de la muestra 1 con respecto a la cuenca 3, pero la dispersión de los datos es mayor en la Cuenca Amacuzac con una tendencia a los valores bajos.

En grupo 2 (Cuenca Atoyac) existe una cantidad de datos mas amplia se ve reflejada hacia concentraciones mas bajas, en la Cuenca Moctezuma se visualiza un comportamiento semejante a los grupos anteriores, una mayor dispersión hacia valores bajos, pero estos son mucho mas que en las otras dos Cuencas por lo cual solo existe un pequeño traslape parte superior de la muestra con la caja del grupo 3.



Para confirmar la diferencia existente entre las cajas 1 y 2 donde no se traslapan las muescas, se realizó un análisis estadístico por ANOVA lo cual permite decir que a un nivel de confianza del 95 %, la Cuenca Moctezuma es significativamente diferente a la Cuenca Atoyac.

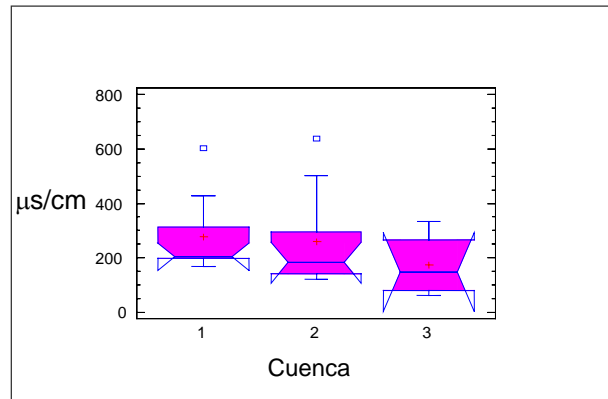


Diagrama 6-. Mediciones de conductividad analizadas en los grupos

Los valores de conductividad en los grupos no son significativamente diferentes debido al traslape de las muescas (diagrama 6), sin embargo, existe una mayor dispersión de los datos en las tres cuencas así como un valor extraordinario en Moctezuma y Atoyac.

En el grupo 1, se observa un sesgo evidente de los datos hacia los valores más pequeños, al realizar una prueba comparativa por ANOVA, se puede comprobar que los grupos no son estadísticamente diferentes a un nivel de confianza del 95%.

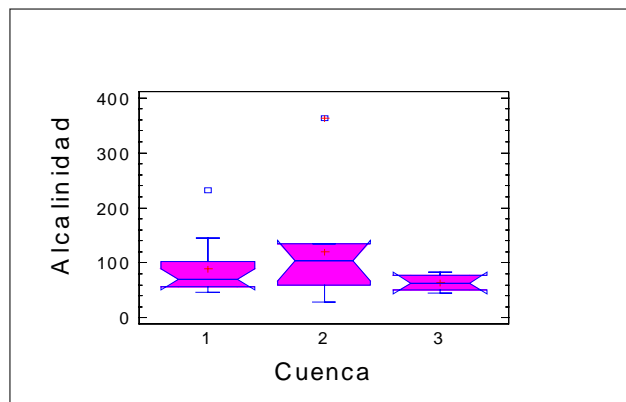


Diagrama 7-. Registros de alcalinidad comparada por Cuencas.

En alcalinidad no se observan diferencias significativas entre los grupos (diagrama 7), se presenta una mayor dispersión de los datos en el grupo 2 y un dato extraordinario en el grupo 1 y 2, en la Cuenca Moctezuma (grupo 1), se observa una ligera dispersión de los datos hacia concentraciones mas altas de CaCO_3 , mientras que en la Cuenca Atoyac (grupo 2) se muestra una esparcimiento proporcional de los datos.

El valor extraordinario de la Cuenca 1 es menor con respecto al de la Cuenca 2. en el grupo 3 (Cuenca Amacuzac) los valores se concentran alrededor de un valor promedio, en general son concentraciones mas bajas que en los grupos anteriores.



El traslape de las muestas indica que por el análisis a través de diagramas de caja que no existe una diferencia significativa lo cual fue comprobado con una ANOVA a un nivel de confianza del 95 %.

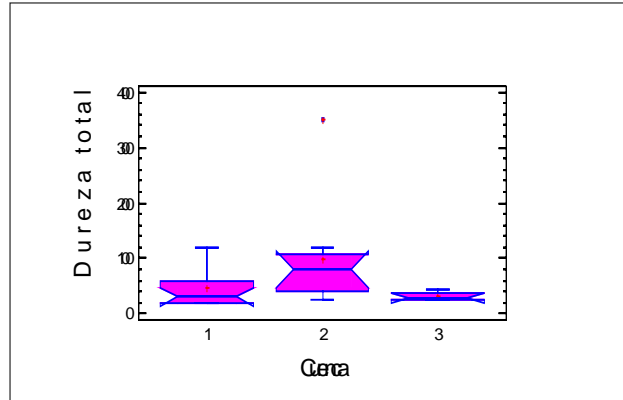


Diagrama 8-. Análisis por cajas con muesca para la dureza total

La dureza total en los tres grupos no es significativamente diferente (diagrama 8), en el grupo 1 existe una dispersión de los datos hacia concentraciones mayores, también se observa por el tamaño de bigote, en la Cuenca Atoyac se observa una dispersión casi homogénea de los datos, mientras que el grupo 3 contiene a los datos que se encuentran distribuidos alrededor de una media además de ser concentraciones bajas de CaCO_3 .

Al realiza una prueba de ANOVA para confirma la similitud de los grupos, se puede afirmar que las Cuencas con respecto a este parámetro no son estadísticamente diferentes aun nivel de confianza del 95%.

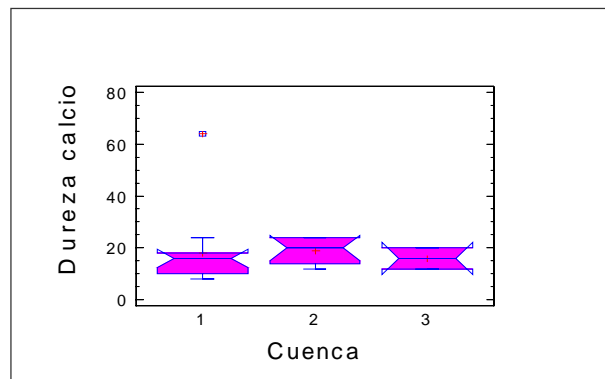


Diagrama 9 -. Dureza de calcio comparada en los tres grupos

El diagrama 9 permite observar las concentraciones de dureza de calcio, los datos se distribuyen entre los 0 y 30 mg/l de Ca^{++} , por lo tanto, son concentraciones semejantes según las cajas, la Cuenca 1 presenta un bigote mas largo así como un dato extraordinario en un valor muy elevado con respecto a los demás.

Sin embargo, al realizar una prueba comparativa por ANOVA se confirma que los grupos no son estadísticamente diferentes a un nivel de confianza del 95%.

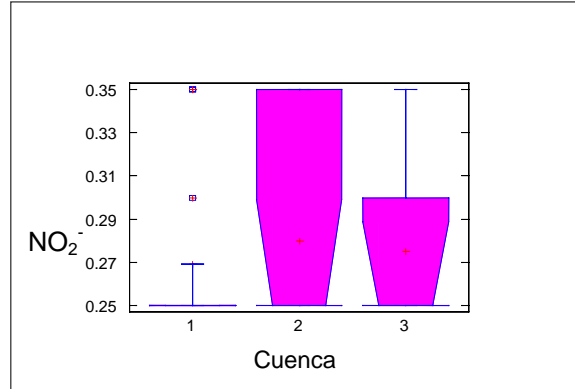


Diagrama 10-. Valores de nitritos registrados en los grupos formados

Los nitritos indican que no existen diferencias significativas para este nutriente entre los grupos (diagrama 10), en las Cuencas 2 y 3 existe una dispersión de los datos hacia los valores altos, vemos que en la Cuenca Atoyac el número de datos de 0.25 mg/l de NO_2^- y 0.35 mg/l es homogéneo, mientras que para el caso de las Cuenca Amacuzac es mayor el número de registros en concentraciones de 0.25 mg/l de NO_2^- y aparece el bigote largo que muestra la existencia de valores mas altos.

En la Cuenca Moctezuma 11 de los 13 datos son entre 0.20 y 0.25 mg/l de NO_2^- por eso se precia la longitud del bigote pero no de la caja, sin embargo existen dos valores extraordinarios tienen una mayor distribución hacia las concentraciones más altas. Al realizar una prueba de ANOVA se pudo confirmar que no existe una diferencia estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95%.

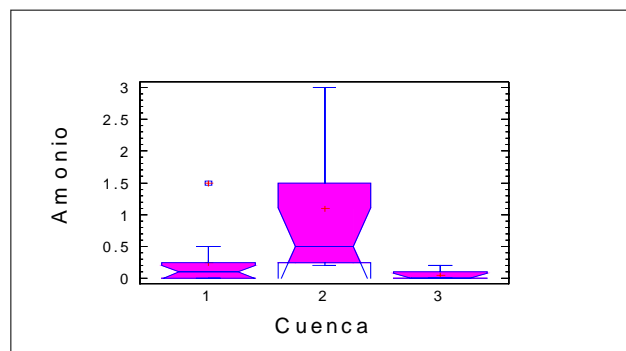


Diagrama 11-. Concentraciones de amonio analizado por diagrama de cajas

Con respecto a las concentraciones de amonio, se observa que solamente las muescas del grupo 1 y 3 se traslapan (diagrama 11), pero en la Cuenca 1 se observa un valor extraordinario, con estos argumentos se puede decir que estas dos Cuencas no presentan diferencias significativas, en la Cuenca Atoyac (Grupo 2) existe una dispersión mayor de los datos hacia concentraciones mas altas, así como muy extenso el bigote.

Las concentraciones de NH_4^+ en las Cuencas 1 y 3 son bajas en comparación con la Cuenca 2, para comprobar estas diferencias se realizó una prueba de ANOVA con lo cual se obtuvo que la Cuenca 1 y 2 son estadísticamente diferentes a un nivel de confianza del 95%, así también la Cuenca Atoyac con respecto a la Cuenca Amacuzac por lo tanto la Cuenca Moctezuma y la Cuenca Amacuzac son iguales comparándolas en este nutriente.

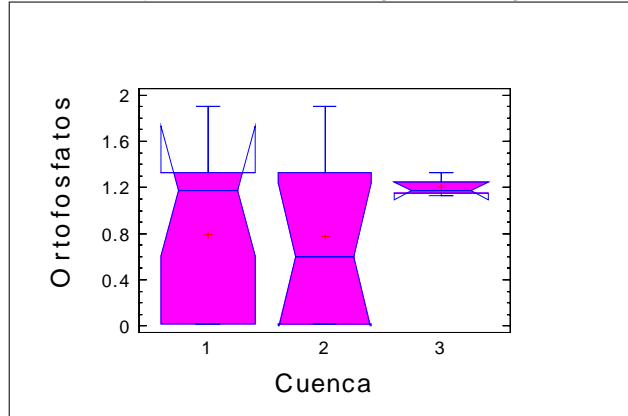


Diagrama 12-. Cantidades de ortofosfatos comparados en las Cuencas

Las concentraciones registradas en cuanto a ortofosfatos inorgánicos analizadas por medio del diagrama 12 permite visualizar que las muescas de los tres grupos se traslapan, en la cuenca 1 hay una mayor dispersión hacia valores bajos, no así en la cuenca 2 donde los valores se distribuyen casi homogéneamente, en la cuenca Amacuzac se observa una dispersión hacia los valores altos pero en general oscilan alrededor de un promedio, pero se trata de concentraciones elevadas.

Para confirmar esta aseveración se realizó una prueba de ANOVA con lo cual se confirmo que no existe una diferencia estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95%.

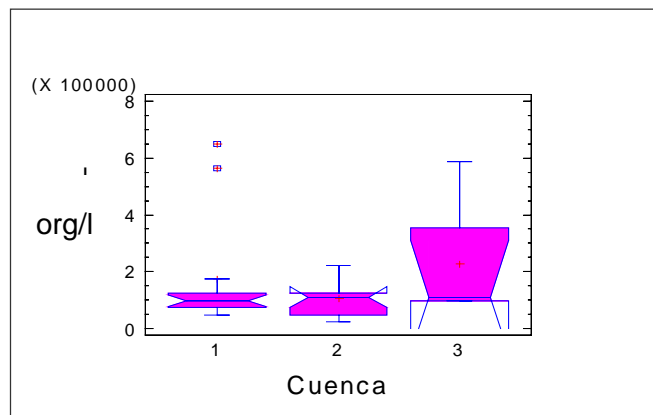


Diagrama 13-. Densidades de microalgas por litro comparadas por cajas con muesca

La densidad de organismos en agua es reflejada en el diagrama 13, se observa que la cantidad de organismos presentes por litro en la Cuenca 1 y 2 son semejantes, por lo cual se dice que no existe diferencia entre ellas, la Cuenca Moctezuma muestra una dispersión mas homogénea además de aparecer dos datos extraordinarios, s decir, que se encuentran muy alejados de la media; en comparación con la Cuenca Atoyac la dispersión de los registros es mayor hacia las densidades baja. En la Cuenca Amacuzac la dispersión es hacia densidades altas y un bigote extenso por lo que el intervalo de valores es amplio, sin embargo al realizar una prueba de ANOVA se puedo apreciar que no existe una diferencia significativa entre las Cuencas a un nivel de confianza del 95%.

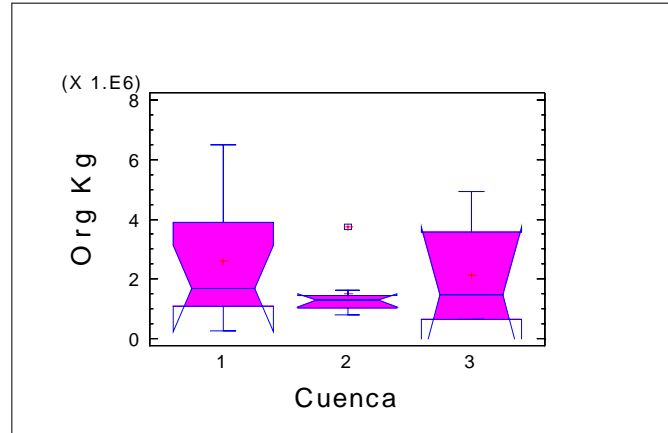


Diagrama 14-. Microalgas por kilogramo analizadas en los tres grupos

El diagrama 14 representa los datos de densidades por kilogramo de microalgas, permite apreciar que existe un traslape de las tres muescas, la dispersión de los datos en la Cuenca 1 y 3 es semejante, mas amplia con respecto a la Cuenca Atoyac la cual muestra un sesgo de los datos cercano a la media y muestra además un dato extraordinario.

A fin de confirmar el resultado obtenido del análisis exploratorio se efectuó una prueba de ANOVA con lo cual se obtuvo que a un nivel de confianza del 95 % las Cuencas no son estadísticamente diferentes con respecto a la densidad de organismos en sedimento registradas.

Este trabajo permite hacer un reconocimiento acerca de la composición microalgal localizada en cuerpos de agua de los Parques Nacionales Ixta-Popo Zoquiapan y Anexas así como zonas de influencia lo cual resulta interesante ya que no existen estudios de estos organismos en la zona.

Se trató de relacionar la presencia de las especies con las condiciones ambientales, abordando de igual forma la densidad de microalgas en agua y sedimento, si bien es cierto que en los cuerpos lóticos no se puede hablar de un fitoplancton como tal, si se registra en la literatura la presencia de microalgas en estos sistemas.

Por otra parte, la densidad registrada esta relacionada con las microalgas presentes en el sedimento, por lo cual, también fueron realizados conteos y determinación de organismos en este, ya que se habla de organismos que son parte del bentos y que por acción de la velocidad de corriente son arrastrados lo cual explica que las microalgas se encuentren flotando, además de tratarse en su mayoría de cuerpos de agua con poca profundidad por lo que alcanzan rápidamente la superficie.

Es conocido que las diatomeas son características (la mayoría de ellas) como indicadores de aguas limpias, cristalinas, frías y bien oxigenadas, esa proporción fue claramente más alta en los lugares de mayor altitud altos.

Al acercarse a posibles fuentes de alteración como son la descarga de aguas negras, fertilización orgánica, entubado, desvío para riego, recreación etc. La composición de las microalgas va cambiando como respuesta al incremento de nutrientes y variaciones en el flujo, es por ello que empiezan a registrarse especies de algas verdes, esta composición cambiará aún más conforme se acerque a las fuentes de contaminación.(González, 2003).



En el análisis de la composición específica de microalgas, se observa un grupo de especies predominante en ciertos ambientes de aguas limpias que al avanzar a lo largo de cauce va cambiando poco a poco hacia grupos característicos de sistemas con un aumento en el aporte de nutrimentos (Wetzel, 1981, Ortega et al., 1994).

Parte de los sistemas acuáticos presentes en la zona de estudio fueron caracterizados morfológicamente, se elaboraron listados de géneros y especies presentes en agua, sedimento y muestras colectadas, por lo se aporta un registro de la composición microalgal en los cuerpos de agua trabajados.

La composición microalgal presentó diferencias debido a las condiciones ambientales, aunque se trata de sitios heterogéneos donde se realizaron muestreos una sola vez por lo cual no se logró apreciar claramente el comportamiento temporal y espacial.



9. CONCLUSIONES

- ☑ Se determinaron 49 especies microalgales de las cuales 27 de ellas pertenecen a la división Chromophyta, 11 a la división Chlorophyta, 9 a la división Cyanophyta y solamente 2 a la división Euglenophyta, lo cual permite de manera general reconocer que existe una composición microalgal en los sistemas acuáticos donde predominan diatomeas.
- ☑ Algunas especies que tuvieron mayor incidencia en los registros realizados presentan una tendencia a encontrarse en agua y sedimento, como es el caso de *Cocconeis*, mientras que *Navicula sp.* se registró en agua principalmente, la especie *Rhoicosphenia curvata* muestra una distribución uniforme en los tres lugares donde se realizó muestreo, al igual que *Ulothrix sp.* *Chlorella vulgaris* fue registrada en sedimento, las Cuencas Atoyac y Amacuzac registraron la presencia de *Euglena sp.*, en cuanto a *Phacus sp.* se determinó en las tres Cuencas.
- ☑ En todos los lugares de muestreo donde fue posible la recolección de sedimento, la densidad microalgal fue mucho mas alta con respecto a la densidad presente en agua
- ☑ El análisis estadístico realizado permite observar que la mayoría de los parámetros considerados no son estadísticamente significativos, excepto entre las Cuencas Moctezuma y Atoyac en donde la concentración de oxígeno disuelto y amonio es mayor en la primera de ellas.
- ☑ La Cuenca Moctezuma muestra una mayor variedad de especies esto es aunado a un mayor numero de sitios que registran concentración promedio de oxígeno disuelto.
- ☑ La presencia de ciertas microalgas está dada por las condiciones existentes en el medio que se encuentren, tales como velocidad de corriente, exposición a la luz, etc. Algunos de los géneros aparecen en todos o en la mayoría de los sitios esto se explica debido a que existen organismos considerados como tolerantes a ciertos grados de perturbación o que se adaptan a diferentes condiciones.



10-. LITERATURA CITADA

- ❑ APHA, AWWA and WPCF (1992). Standard Methods for the Examination of Water Wastewater. 18 ed. American Public Health Association, Washington, 874 p.
- ❑ Beltrán, M. (2002). Ecofisiología de macroalgas en ambientes lóticos de la región central de México. Congreso de la Asociación Mexicana de Limnología. (www.aml.iztacala.unam.mx/Memorias%20II%20AML.pdf).
- ❑ Bourrelly P. (1985) Les algues d' eau douce. Editions N. Boubée Initiation a la Systematique. Tomo I y II et III, 456 p.
- ❑ CNA (1998) *Cuencas hidrológicas*. Comisión Nacional del agua. Escala 1:1000000, México
- ❑ Carmona, J. J. y Montejano, Z. G. (1993) *Caracterización ficológica de la cuenca baja del sistema hidrológico del Pánuco, México*. Bol. Soc. Bot. Méx. 53: 21-41.
- ❑ Contreras, E. F. (1994) *Manual de técnicas hidrobiológicas*. Ed. Trillas. México, D. F. 142 p.
- ❑ Chávez, M.(2003) Conservar los bosques del Izta-Popo, un reto para asegurar el futuro. *ProNatura* N° 2.
- ❑ Darley, W., M. (1991). *Biología de las algas*. Enfoque fisiológico. Ed. Limusa. 1ª edición. México DF 236 p.
- ❑ De Anda, H. P., y Miranda, H. G. *Contribución al conocimiento de la calidad del agua en diferentes corrientes superficiales del Parque Nacional Izta-Popo y su zona de influencia*. Tesis Profesional . UNAM. FES Zara goza 2004. 87 p.
- ❑ Dudal, R.(1968). Approach to soil Classification, FAO, Roma, 143 p.
- ❑ García, C. J. L. (1985) Utilización del plancton como herramienta para el conocimiento de la calidad del agua en la cuenca del Alto Amacuzac, estado de Morelos.Tesis Profesional . UNAM. Facultad de Ciencias. México. 91p.
- ❑ Goldman, C.,R. (1983) *Limnology*. 1ª edición. Ed. Mc Graw Hill Book Company. New York 464 p.
- ❑ Gómez, M. J. L. (2003). Calidad del agua de las subcuencas del Parque Nacional Izta-Popo y áreas de influencia (www.congreso.cuencas.org)
- ❑ González de I., A. (1988). *El plancton de las aguas continentales*. Secretaría general de la organización de los Estados Unidos Americanos. Washington D.C. 1ª edición, 130 pp.
- ❑ González, S. (2003) Parámetros hidrológicos y microalgas presentes en sistemas lóticos del Parque Nacional Izta-Popo (Tesis de licenciatura en proceso)
- ❑ Harris, G.P.(1986) Phytoplankton ecology- structure, function and fluctuation. Chapman and Hall, London, 384 pp.



- INEGI 2000 http://iztapopo.conanp.gob.mx/img/map_reg.png
- Lampert W., Sommer U.(1997) *Limnoecology, the ecology of lakes and streams*. Ed. Oxford University Press.
- Lindenmayer, D. B. (1999) *Future directions for biodiversity conservation in managed forest: indicator species, impact studies and monitoring programs*. Forest Ecology and Management 115: 277-287
- Lugo, H. J. (1984) Geomorfología del sur de la Cuenca de México, Instituto de Geografía. Serie Varia. Tomo 1. N° 8.
- Manilla, D. M. (1985). Algunos aspectos generales sobre algas continentales y la contaminación. Tesis profesional . Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Margalef, R. (1977). Ecología. Ed. Omega , Barcelona, España 951 pp.
- Martínez de B. G. (1979): *Establecimiento de una metodología para conocer la calidad del agua*. Bol. Inf. Medio Ambiente, 9, 30 – 51.
- Miranda., C.,M. (2002) Cambios paleolimnológicos en el Lago de Texcoco durante los últimos años. 34 ka con base al análisis de diatomeas. Congreso de la Asociación Mexicana de Limnología. (www.aml.iztacala.unam.mx/Memorias%20II%20AML.pdf).
- NOM-127-SSA I-1994 y NOM-001 ECOL-1996. Diario Oficial de la federación, Agosto 94 y enero 96.
- Ortega., M. (1994) Ficología de México. Algas continentales. 1ª edición México DF., 291 p..
- Palmer, C. M. (1982) *Algae in water supplies*. Dept of Health Education Welfare. Public Health Service USA. 577 p.
- Palmer (1962) Algas en los abastecimientos de aguas
- Patrick, R. (1975) The diatoms of the United States, exclusive of Alaska and Hawaii . sutter House , Pensilvania. Vol. 1 y 2. 482 p.
- Patrick, R., (1976). *Biological methods for the assessment of water quality*. American society for testing and manuals. Philadelphia , 1ª edición, 256p.
- Philis ., S. (1998) *Biology of the algae*. Mc Graw Hill. 3ª edición, New York. 278 pp.
- Prescott G.W. (1962) *Algae of the Western Great Lakes Area*. WMC. Brown Company Publishers USA. 977 págs.
- Prescott G. (1981) *How to know? The freshwater algae*. Fic. Key Nature Serie. USA. 348 p.
- Salgado, U. (1992) Análisis exploratorio de datos. FES Zaragoza UNAM.
- Samano, A. (1934) *Contribución al conocimiento de las algas verdes de los lagos del Valle de México*. Anales del Instituto de Biología 5: 149-177. México.



- Schwöerbell J., (1975) Métodos de Hidrobiología . Ed. Blume . Madrid, España.
- SEDUE (1986) Parque Nacional Izta-Popo. Instituto Nacional de Áreas Naturales protegidas.
- Smith, M. (1975) The fresh water algae of the United States Mc Graw Hill. 2ª edición, New York.
- Valadez, C.F. et al.(1996) *Algas de ambientes lóticos en el Estado de Morelos*. UNAM. Anales del Instituto de Biología. Ser.Bot. 67(2), 227-282
- Valadez, C. F., et al. (2001) *Flora algal del Rio Magdalena*, Bol. Soc. Bot. México. 68:15-67
- Vargas M. F. (1984) Parques Nacionales de México y reservas equivalentes. Pasado, presente y futuro. Instituto de investigaciones Económicas. UNAM. México.266 pp.
- Wetzel G. R., y Likens G.E. (1991) *Lymnological analyses*. 2a. ed.Ed. Springer-Verlag. New York.



ANEXO I



GRUPO 1 CUENCA MOCTEZUMA

Con base en la carta realizada por la Comisión Nacional de Agua para Cuencas hidrológicas, se clasificaron los sitios de muestreo en tres de grupos, el primero de ellos abarca trece de los sitios muestreados (Tabla 1), proporciona los datos de los sitios localizados en la Cuenca Moctezuma, su altitud, coordenadas geográficas, la clasificación del cuerpo de agua de acuerdo con Ortega, 1992 así como el mes de muestreo, así también se adicionan las características morfométricas de los sistemas acuáticos.

Tabla 1-. Datos de los sitios localizados en la Cuenca Moctezuma

NO. SITIO	NOMBRE DEL SITIO	ALTITUD msnm	ATITUD (UTM)	LONGITUD (UTM)	CUERPO DE AGUA	MES DE COLECTA	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)	VELOCIDAD DE CORRIENTE (m/S)
3	El Pastor (Coatepec, Edo. México) PNZ y A (Cerro Telapon), México	3700	528400	2142200	Estanque	abril	5.00	0.10	----
7	Apatlaco, cascada en Buenavista, Puebla	3150	537000	2109000	Cascada	mayo	3.20	0.32	0.23
12	El Salto, tubería (cerca de Amecameca), México	2750	527400	2115600	Agua entubada	abril	----	----	----
13	El Salto, cisterna (cerca de Amecameca), México	2750	527600	2115800	Estanque	abril	----	----	----
14	Río El Salto, (cerca de Amecameca), México	2700	527800	2116200	Arroyo	abril	1.32	0.22	0.18



16	Presa "Pozuelos" carretera a Nanacamilpa, Tlaxcala	2691	550800	2127200	Corriente de agua	septiembre	1.5	0.17	0.36
17	Manantial en Sn. Jerónimo, Amanalco, México	2650	526400	2157600	Manantial	marzo	2.25	0.14	0.21
18	Río Las Vírgenes Sn. Miguel Tianguistengo, Puebla	2630	524500	2155800	Río	noviembre	1.50	0.10	0.21
20	Río Coatzala, Puebla	2550	524000	2155400	Río	noviembre	2.50	0.12	0.75
21	Represa en Tequesquinahuac, México	2450	522400	2152300	Embalse	marzo	25.0	100.0	----
23	Río Atoyac, Sn. Martín Texmelucan, Puebla	2400	522000	2151500	Río	septiembre	2.20	0.33	0.60
24	Río en equesquinahuac (calle Bugambilias), México	2400	525600	2156800	Arroyuelo	marzo	0.70	0.23	0.04
25	Río en Tezoyuca, México	2250	511600	2158200	Río	marzo	5.50		



- **GRUPO 2 : CUENCA ATOYAC**

El segundo grupo corresponde a los sitios localizados en la Cuenca Atoyac de la misma forma que en el grupo anterior se presentan altitud, coordenadas geográficas, tipo de cuerpo de agua, mes del muestreo y características morfométricas, este grupo engloba a diez sitios y las características morfométricas de los mismos.

Tabla 2-. Registros de los sitios ubicados en la Cuenca Atoyac.

NO. SITIO	NOMBRE DEL SITIO	• ALTITUD msnm	• LATITUD (UTM)	LONGITUD (UTM)	TIPO DE CUERPO DE AGUA	MES DE COLECTA	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)	VELOCIDAD DE CORRIENTE (m/S)
1	Manantial de Apatlaco, cerca de Altzomony, México	3900	540800	2110800	Manantial	mayo	6.00	0.13	----
2	Cascada de Apatlaco, cerca de Altzomony, México	3875	540200	2110200	Cascada	mayo	1.32	0.20	0.71
4	Apatlaco (antes del estanque de truchas), México	3200	538200	2109200	Arroyo	mayo	2.20	0.13	0.38



5	Estanque de cultivo de truchas (Buenavista), Puebla	3200	538500	2109600	Embalse	mayo	9.00	----	----
6	Apatlaco, Buenavista, después del estanque de truchas, Puebla	3200	538880	2109800	Arroyo	mayo	2.20	0.13	0.38
8	Río Frío, México	3115	534600	2139200	Arroyo	noviembre	1.50	0.10	0.17
10	Cerro Telapon, canal cementado, México	2800	529400	2141300	Canal de agua	marzo	0.30	0.05	0.75
15	Canal, antes del panteón. Sn. Felipe Teotlalzingo, Puebla	2700	550800	2127200	Canal	noviembre	0.1	0.10	0.10
26	Tributario del río El Sitio, camino a El Salto 3, Tetela del Volcán, Morelos	2150	532700	2085200	Corriente de agua	julio	3.00	0.30	0.75



27	Corriente en Xochicalco, puente antes de llegar a Tetela del Volcán, Morelos	2110	532600	2085200	Corriente temporal	julio	1.83	0.15	0.39
----	--	------	--------	---------	--------------------	-------	------	------	------

GRUPO 3 CUENCA AMACUZAC

La tabla 3 presenta los sitios ubicados en la Cuenca Amacuzac, se observa que en este grupo solamente se encuentran cuatro de los 27 sitios, al igual que en los grupos anteriores se proporciona la descripción de los lugares muestreados.

Tabla 3-. Sitios localizados en la Cuenca Amacuzac.

NO. SITIO	NOMBRE DEL SITIO	• ALTITUD msnm	-ATITUD (UTM)	LONGITUD (UTM)	TIPO DE CUERPO DE AGUA	MES DE COLECTA	ANCHO (m)	PROFUNDIDAD (m)	VELOCIDAD DE CORRIENTE (m/S)
9	Río La Compañía (Las Palomas), México	3100	527900	2108800	Río	abril	1.62	0.12	0.40
11	Cascada, corredor ecológico, México	2760	525800	2102000	Cascada	noviembre	1.00	0.10	0.43
19	Camino a El Salto, cerro Tenango, Tetela del Volcán, Morelos	2600	529800	2091700	Corriente temporal	julio	1.91	0.12	0.50
22	Camino a El Salto 2, cerro Gallo, Tetela del Volcán, Morelos	2425	531300	2090500	Corriente temporal	julio	2.23	0.15	0.77