



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES METALÚRGICAS

MAESTRÍA EN GEOCIENCIAS Y PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO

**CARACTERIZACIÓN Y ECOLOGÍA DE LAS DIATOMEAS EPILÍTICAS DEL
RÍO ÁNGULO, AFLUENTE DEL RÍO LERMA, MÉXICO**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO
DE MAESTRO EN CIENCIAS**

PRESENTA:

ARCAELI GABRIELA ANDRADE SERVÍN

ASESOR DE TESIS:

DRA. ISABEL ISRADE ALCÁNTARA

CO-ASESOR:

DR. MANUEL E. MENDOZA CANTÚ

MORELIA, MICH.

AGOSTO 2007

RESUMEN

El río Angulo, afluente del río Lerma se origina a 2000 m.s.n.m. en el manantial Zarcita al norte de la ciudad de Zacapu y recorre aproximadamente 66.5 km., concluyendo en la población de Santiago Conguripo a 1700 m.s.n.m. En la región dominan los basaltos, siendo menos comunes las andesitas, dacitas y riolitas.

Las actividades agropecuarias se realizan en sustratos edafológicos que incluyen feozem, andosoles y vertisoles en el centro de la cuenca mientras que en la cabecera de la cuenca destacan las actividades de la industria textil (Celanese S.A. de C.V.)

Estas dos son las principales fuentes de contaminación (puntual y difusa) hacia el río Angulo y hacia su efluente, (río Lerma).

Las diatomeas son organismos microscópicos acuáticos sensibles a los cambios del medio en que viven, por lo tanto, se convierten en un referente del estado ecológico de cualquier sistema acuático, por lo que se consideró importante determinar las características taxónomas y las condiciones ecológicas que interfieren con la distribución longitudinal de la clase Bacillariophyceae en el río Angulo, afluente del Lerma, México. Se realizaron 2 muestreos semestrales representando la época de secas (Mayo del 2005) y de pos lluvias (Diciembre del 2005), cada toma de datos fue acompañada de datos fisicoquímicos y biológicos que se realizaron a lo largo del cauce en 12 localidades, posteriormente se realizó la identificación taxonómica y conteo de las especies de diatomeas. Se determinaron las condiciones ecológicas requeridas para la existencia de las especies.

Palabras claves: diatomeas, taxonomía, distribución, indicadoras.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Israde por acceder a ser mi asesora de tesis y permitirme ser parte de su equipo de trabajo.

A mis sinodales, Mtra. Tina, Dr. Amadeo y Dr. Manuel por sus aportaciones a y comentarios que fueron fundamentales en la elaboración de esta tesis.

Agradezco de manera muy especial al personal del Instituto de Investigaciones Metalúrgicas (Frank, Tarsicio, don Sergio, Ing. Quesada, Dr. Lemus), así como en el Instituto de Geografía (Dr. Toño Navarrete, Técnico Hugo y al M. en C. Teo) por sus aportaciones y experiencias compartidas.

Agradezco de manera especial a Claus, Chava y Rodrich por sus consejos y experiencias compartidas durante mi formación en la maestría, tanto profesional y personal.

A Edgar, Juan Pablote “Tateco” y Pebell por sus comentarios y aportación del presente escrito, por ser tan críticos y darle un toque mágico y especial al escrito.

También quiero agradecer a mis maestros de la maestría por ilustrarnos a ser cada día mejores investigadores y darnos las herramientas necesarias para lograrlo.

De manera especial agradezco a George y Ramonek por sus experiencias compartidas y por ser buenos compañeros.

A todas aquellas persona que de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo.

A todos ellos, mil gracias

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a **DIOS** por haberme dado la oportunidad de llegar a superarme y por quererme tanto.

A mi madre **DOÑA CARMEN** que siempre ha sido ejemplo en mi vida para lograr mis metas.

A mi abuelo-papá **DON MELQUIAS** por apoyarme en todo momento.

A los seres que le dan sentido a mi vida y que sin ellos no hubiera tenido sentido tanto esfuerzo, **A MI HIJA MONI Y A TI FLAICESILLO** por tu apoyo, sugerencias, paciencia y nunca desistir a pesar de todos los obstáculos te dedico este trabajo.

“Cuando realmente deseas una cosa, el Universo conspira para que la logres”

Paulo Coelho

INDICE	PÁGS.
Resumen	i
Agradecimientos	ii
Dedicatoria	iii
Índice de figuras	iv
Índice de cuadros	v
Índice de tablas	vi

Capítulo I

1.1 Introducción	1
1.2 Marco Teórico	4
1.3 Justificación	6
1.4 Hipótesis	7
1.5 Objetivos	8

Capítulo II

2.1 Antecedentes	9
2.2 Ubicación y caracterización de la cuenca del río Angulo	20
2.2.1 Área de estudio	20
2.2.2 Localización geográfica	21
2.2.3. Fisiografía	23
2.2.4. Geología	24
2.2.5. Suelos	28
2.2.6. Hidrología superficial	28
2.2.7. Clima	30
2.2.8. Vegetación	30

Capítulo III

3.1 Materiales y Métodos	31
3.2 Diatomeas	32
3.2.1 Trabajo de campo	32
3.2.2 Trabajo de laboratorio	33
3.3.3 Trabajo de gabinete	34
3.3 Físico-química	34
3.4 Láminas delgadas	35
3.5 Estadística	35
3.5.1 Índice de diversidad	35
3.6 Sistemas de información geográfica	36

Capítulo IV

4.1. Resultados	37
4.1.1 Diatomeas	37
4.2 Ubicación taxonómica de las diatomeas	39
4.2.1 Diatomeas presentes en la cuenca del río Angulo, afluente del Lerma	39
4.3 Fisicoquímicos	70
4.3.1 Análisis fisicoquímicos para el periodo de secas	74
4.3.2 Análisis fisicoquímicos para el periodo de pos lluvias	74
4.4 Estadística	75
4.5 Láminas delgadas	84
4.6 Sistemas de información geográfica	89

Capítulo V

5.1. Discusión	91
5.1 Análisis de muestreo de las diatomeas	91
5.1.2 Para la época de secas	91
5.1.3 Para la época de poslluvias	92

Capítulo VI

6.1 Conclusiones	94
------------------	----

Capítulo VII

7.1 Recomendaciones	95
---------------------	----

Capítulo VIII

8.1 Bibliografía	96
------------------	----

Capítulo X

9.1 Anexos	101
------------	-----

INDICE DE FIGURAS

PÁGS.

Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Lerma	20
Figura 2. Localización de la cuenca del río Angulo	22
Figura 3. Mapa de altitudes de la cuenca del río Angulo	26
Figura 4. Mapa de pendientes de la cuenca del río Angulo	27
Figura 5. Hidrología de la cuenca del río Angulo	29
Figura No. 6. Análisis aglomerativo de datos para temporada de secas del río Angulo (2005)	75
Figura 7. Análisis aglomerativo de datos para el periodo de pos lluvias del río Angulo (2005)	76
Figura 8. Análisis de componentes principales para la época de secas del río Angulo	77
Figura 9. Análisis de componentes principales para la época de pos lluvias	78
Figura 10. Análisis de componentes principales para el análisis de iones en el agua del río Angulo	79
Figura 11. Análisis de componentes principales para el análisis de sedimentos en el río Angulo	80
Figura 12. Análisis de correspondencia canónica correspondiente a la época de secas del río Angulo	81
Figura 13. Análisis de Correspondencia Canónica correspondiente a la época de pos lluvias	82
Figura 14. Lámina delgada de la localidad El Ranchito en nicoles paralelos	84
Figura 15. Lámina delgada de la localidad El Ranchito vista en nicoles cruzados	85
Figura 16. Lámina delgada de la localidad Lienzo Charro vista en nicoles cruzados	86
Figura 17. Lámina delgada de la localidad Lienzo Charro vista en nicoles paralelos	86
Figura 18. Lámina delgada de la localidad Presa El Rosario vista en nicoles paralelos	87
Figura 19. Lámina delgada de la localidad de Presa El Rosario vista en nicoles cruzados	88
Figura 20. Perfil del río Angulo	90

ÍNDICE DE CUADROS

PÁGS.

Cuadro 1. Descripción de la metodología desarrollada
para el análisis del río Angulo, afluente del Lerma, México

31

ÍNDICE DE TABLAS	PÁGS.
Tabla 1. Variables ambientales reunidas por Lowe 1974, en Cantoral-Uriza, 1997	68
Tabla 2. Norma Ecológica para ríos, 1996	70
Tabla 3. Medidas para los datos fisicoquímicos	71
Tabla 4. Matriz de físico-químicos temporada de secas del río Angulo (2005)	72
Tabla 5. Matriz de físico-químicos temporada de pos lluvias del río Angulo (2005)	73
Tabla 6. Matriz de elementos mayores en el río Angulo	74

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo y la formación de recursos humanos en biología y taxonomía de microalgas son actividades prioritarias para la investigación ficológica en América Latina. En particular, las diatomeas son uno de los grupos de microalgas más importantes en los sistemas acuáticos y han llamado la atención de los investigadores desde el siglo XVIII en los primeros estudios microscópicos y más tarde de los limnólogos.

En países europeos y ahora en Norteamérica y Sudamérica se vienen estudiando desde hace varios años, la composición y distribución de las comunidades algales en ríos, arroyos y lagunas. Los resultados obtenidos han constatado de centenares de especies que conforman la flora algal (Prygiel, et al., 1999).

La capacidad depuradora del medio es una característica importante de las algas, ya que a través del proceso de fotosíntesis incorporan oxígeno, constituyendo de esta manera a la oxidación de la materia orgánica y a aumentar el oxígeno disuelto en el agua, que posteriormente será utilizado por las otras comunidades u organismos que componen la flora y fauna del medio acuático donde viven. Las diatomeas son excelentes indicadores de las características de algunos parámetros físico-químicos de los sistemas como el oxígeno disuelto, la conductividad eléctrica, la temperatura, el pH o la salinidad. También son indicadoras de eutrofización e impacto antropogénico en general.

Para detectar la contaminación en un cuerpo de agua se tienen los parámetros físicos-químicos, bacteriológicos y biológicos.

Las algas, por lo general son organismos microscópicos acuáticos capaces de indicar la calidad del agua gracias a su sensibilidad a los cambios del medio en que viven, por lo tanto, se convierten en un buen referente del estado ecológico de cualquier sistema acuático.

Las diatomeas son algas unicelulares pertenecientes a la clase Bacillariophyceae. Tienen una pared celular compuesta de sílice, con ornamentaciones definidas y constantes. Estas especies tienen la particularidad de que permanecen en el tiempo ya que sus paredes silíceas no se degradan, se les encuentra en todos los ambientes, son las algas más utilizadas en todo el mundo para el biomonitoreo de ambientes actuales, esto las convierte en una herramienta de gestión ambiental, razón por la cual su estudio cobra importancia, se ubican dentro del área de interés del manejo y conservación de los recursos naturales.

La limnología al estudiar los sistemas lóticos, considera importante conocer su naturaleza, movimientos y evolución que tienen los organismos que se desarrollan en esos cuerpos de agua (Wetzel, 1983). Los ríos se encuentran prácticamente en toda la superficie terrestre, variando su tamaño, pueden ser permanentes o intermitentes, según su fuente de abastecimiento, pero su más relevante característica es que fluyen en una sola dirección creando su propio cauce (Reid & Word, 1976).

Los estudios de calidad de un río, pueden evaluar el ambiente físico, químico y biológico, entre ellos, las algas que ayudan a determinar el grado de contaminación así como el impacto en el agua, por lo que en las últimas décadas se han resumido estas investigaciones en los llamados índices, los cuales evitan la pérdida de información, son más objetivos y presentan un alto grado de exactitud (Dall, 1995).

Debido al gran impacto de contaminación que han recibido los cuerpos de agua en México, se sugiere que los estudios biológicos son muy confiables y de bajo costo, para detectar dicha contaminación y proponer alternativas para su remediación futura. Para ello, en el presente estudio propone el análisis de las diatomeas (algas) como indicadoras de contaminación en un cuerpo de agua lótico.

En México las primeras referencias en el campo de las comunidades algales y su empleo como indicadoras para la calidad de cuerpos acuáticos, ha sido una investigación realizada por Rosas y colaboradores (1993) en el lago de Pátzcuaro. Otras investigaciones en la región de la Huasteca Potosina y el Valle de México, enfocado a estudios de diatomeas de ambientes lénticos y lóticos fue desarrollado por Cantoral, 1997.

Esta investigación es de gran importancia ya que a su vez ha provisto información sobre la taxonomía y diversidad de la flora de la cuenca del río Angulo, la cual, posteriormente, podrá ser utilizada en estudios ecológicos de la cuenca y , así proponer un índice de la calidad del agua y formas de manejo sustentable para el área. Por esta razón, en este estudio se hace referencia a la ecología de las especies con mayor abundancia en el área.

Los cambios en las comunidades algales “delatan” en el transcurso de días, el inicio de la contaminación que pueda existir en un sistema acuático, lo cual se refleja en las modificaciones de la estructura poblacional y en la proliferación de especies asociadas a determinados aportes.

El río Angulo se localiza en la parte sur de la población de Zacapu y desciende hasta llegar a la población de Santiago Conguripo para unirse al río Lerma, además revierte interés por el vertido directo de contaminantes hacia su cauce, para caracterizarlo se realizaron muestreos estacionales (secas/pos lluvias) en 12 puntos distribuidos a lo largo del río incluidos dos manantiales. Estos sitios de colecta tienen relación directa con las posibles fuentes de contaminación, ya sean puntuales o difusas. La contaminación puntual ocurre en zonas de cambios de descargas industriales, o aguas domésticas. Aquellas difusas, por

el contrario, se refieren a las aguas que llegan por arrastre de otras zonas más alejadas o bien por percolación de soluciones de herbicidas y plaguicidas provenientes de áreas agrícolas. Paralelamente al muestreo de algas se realizó la caracterización físico-química del agua de los sitios de estudio esto con la finalidad de tener una visión mas clara de las relaciones de los grupos algales con sus preferencias de hábitat. Considerando los siguientes parámetros físicos: pH, temperatura, conductividad y velocidad de la corriente del río; químicos: sólidos totales disueltos y oxígeno disuelto.

Esta investigación es la primera que se realiza en la región y pretende establecer la biodiversidad de las especies, su distribución y ecología, ya que se ha visto su relevancia como organismos indicadores, y en ese marco contribuye al avance de las bases biológicas para el conocimiento y manejo del medio ambiente.

1.2 MARCO TEÓRICO

Las diatomeas son algas silíceas microscópicas unicelulares que pertenecen a la división Chrysophyta en la cual se encuentra la clase Bacillariophyceae (diatomeas). Son las más numerosas de toda la división Chrysophyta. Actualmente se cuenta con alrededor de 10,000 especies (Gasse, 1980). Las diatomeas colonizan todo tipo de ambientes húmedos, en aguas dulces, salobres y marinas. Muchas de ellas están especializadas y adaptadas a hábitats tales como suelos húmedos, sobre hielo, pantanos, otras son pelágicas y libres flotantes, las hay también adheridas a plantas acuáticas, etc. Algunas de ellas están especializadas en uno o más hábitats de acuerdo a las condiciones físico-químicas ya sea de salinidad, temperatura, pH, nutrientes, luz, contenido de materia orgánica entre otros.

Las diatomeas son excelentes indicadores de la química del agua y pueden ser usadas para demostrar los cambios de salinidad, alcalinidad y pH, así como los cambios de la composición aniónica. Estos atributos son usados por diatomistas en estudios de eutroficación, acidificación, calidad de agua, impacto ambiental, gestión ambiental, etc.

A) Morfología y Estructura.

Son organismos unicelulares o coloniales, presentan una pared silícea, compuesta de dos valvas que embonan como si fuesen una caja de petri. Se diferencian de las otras crisófitas, ya que sus células vegetativas son diploides y no haploides.

La célula perteneciente a esta clase tiene una vacuola central y uno o más cloroplastos de diversas formas, estos contienen clorofilas a y c, beta-caroteno y alfa caroteno, fucoxantina, neofucoxantina, diatoxantina y diadinoxantina. Pocas son las especies que carecen de cloroplastos y viven como saprófitas.

Las reservas alimenticias son principalmente grasas y a menudo crisolaminaria. Su pared celular es muy compleja, la mitad externa de las dos mitades embonadas de la pared se llama epiteca y la interna hipoteca. Cada mitad presenta una placa convexa llamada valva, banda de conexión o cíngulo.

Desde el punto de vista morfológico las diatomeas se dividen en dos categorías:

- a) Centrales: valvas con un patrón concéntrico, con simetría radial; cloroplastos por lo regular numerosos, células vegetativas inmóviles, oógamas donde los gametos masculinos flagelados, resaltan por su número las formas marinas.
- b) Pennales: valvas con un patrón de simetría bilateral, bipartidas longitudinalmente, con uno o dos cloroplastos, células vegetativas con frecuencia móviles, isogámicas o anisogámicas; los gametos no son flagelados, abundantes en aguas dulces y menos frecuentes en aguas marinas.

B) Reproducción.

La reproducción es asexual y se efectúa por división mitótica es decir celular y cada una de las dos células hijas retiene una de las dos mitades de la pared celular original, produciendo una nueva mitad que queda por dentro de la mitad original. De las dos células hijas, una es del mismo tamaño de la célula progenitora y la otra ligeramente más pequeña la cual se va haciendo más pequeña al dividirse.

La restauración del tamaño de la especie en las células implica un proceso sexual que lleva a la formación de un tipo de espora que en realidad es un cigoto, llamada auxoespora. Las células vegetativas de las diatomeas son diploides.

Se forman las auxoesporas que es una división reduccional donde hay una liberación del protoplasto de la pared celular y una restauración de la condición diploide. Tanto en las diatomeas pennales como en las céntricas, la singamia a veces no se lleva a cabo y dos de los nucleolos formados por división reduccional de una sola célula se fusionan y forman un nuevo nucleolo diploide de la auxoespora en desarrollo.

1.3 JUSTIFICACION

Las diatomeas son organismos microscópicos que manifiestan diversos límites de tolerancia a diferentes alteraciones del medio ambiente, por lo cual se dice que las diatomeas son “sensibles” cuando no soportan nuevas condiciones y se comportan como “intolerantes”, y por otro lado existen otras que son “tolerantes” y que no se ven afectadas por los cambios en su medio ambiente. Por lo cual, son organismos indicadoras de contaminación en un medio acuático.

La subcuenca del río Angulo es un claro ejemplo de ello, ya que esta sumamente impactada por la industria textilera Celanese S.A de C.V. ubicada en la cabecera del río Angulo, y las zonas de cultivos aledañas a dicho río.

Los estudios de calidad de agua de un río pueden evaluar el ambiente físico y su relación con su medio ambiente (algas) que a determinar el grado de contaminación, así como el impacto en el cuerpo de agua.

Las algas de los ambientes lóticos de México conforman uno de los componentes más importantes dentro de la productividad primaria, además de ser muy abundantes y diversos.

Cabe destacar que en México existen relativamente pocos estudios relacionados al impacto ambiental en ríos por ello este tipo de trabajos representan técnicas de vanguardia y sobre todo de bajo costo para la gestión y manejo de los recursos naturales bajo una visión interdisciplinaria.

Esta investigación es la primera que se realiza en la región y pretende establecer la biodiversidad de las especies, su distribución y ecología, ya que se ha visto su relevancia como organismos indicadores, y en ese marco contribuye al avance de las bases biológicas para el conocimiento y manejo del medio ambiente.

1.4 HIPÓTESIS

1. Determinar si las diatomeas del río Angulo coinciden con aquellas que se localicen en otras regiones geográficas que permanezcan a la misma categoría taxonómica y, estas sean indicadoras de algún grado de contaminación.
2. La relación entre los parámetros físicoquímicos del agua y las diatomeas indican la existencia de las variaciones en la ecología en cada sitio de muestreo.
3. La geomorfología del cauce del río influye en la diversidad y distribución de las diatomeas.
4. Existe un cambio importante en las concentraciones y distribución de las diatomeas en época de estiaje y pos lluvias.

1.5 OBJETIVOS

a. Objetivo general

- Demostrar por medio de las diatomeas epilíticas si existe contaminación en el río Angulo.

b. Objetivos particulares

- Elaborar un inventario taxonómico de las diatomeas que habitan en el río Angulo.
- Determinar la distribución ecológica y geográfica de las diatomeas presentes en cada sitio a lo largo del río Angulo.
- Correlacionar los análisis físicos y químicos con la taxonomía y distribución de las asociaciones de diatomeas.

CAPÍTULO II

2.1 ANTECEDENTES

a. Investigaciones Internacionales:

A continuación se mencionan algunos estudios de diatomeas como indicadores de contaminación:

Gold C. et al. (2002), estudiaron la cuenca industrial de Decazeville al suroeste de Francia en el río Lot que presenta altos contenidos de zinc. Los parámetros físicos y químicos que se analizaron fueron la temperatura, pH, conductividad y turbidez. Se registraron bajas concentraciones de fosfato, amonio y nitratos. Las especies más abundantes fueron *Gomphonema parvulum*, *Pinnularia microstauron*, *Nitzschia linearis*, *Surirella angustata*, *Navicula minima* y *Nitzschia dissipata* que son especies cosmopolitas, y las especies registradas más tolerantes fueron *Gomphonema parvulum*, *Pinnularia sp.* y *Fragilaria crotonensis*.

Gómez N., (1998), estudió la cuenca del río Matanza-Riachuelo (Argentina), los principales factores contaminantes en la región fueron: las descargas de los efluentes sin previo tratamiento adecuado para el control ambiental. En cuanto a los parámetros físicos y químicos que se analizaron fueron los sólidos totales suspendidos, demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD), pH, transparencia del agua y conductividad. Se registró un incremento de fenoles, hidro-carbón, aceites, metales pesados (Cr, Cd, Cu, Hg, Pb, As), pesticidas en el río debido a los productos industriales (papel, textiles, metalúrgicos e industrias químicas). Las especies sensibles a la contaminación fueron: *Achananthes minutissima*, *Cocconeis placentula*, *Cymbella silesiaca*, *Nitzschia heofleriana*, *Nitzschia linearis* y *Nitzschia sigmoidea*, mientras que entre los taxa más tolerantes destacan *Amphora veneta*, *Fragilaria ulna*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula accomoda*, *Navicula atomus*, *Navicula cryptocephala*, *Navicula geoppertiana*, *Nitzschia palea* y *Nitzschia umbonata*.

Kelly, M.G., et al., (1998), recomendaron algunos puntos importantes para el muestreo de rutina de y de calidad de agua en ambientes lóticos (Francia). Destacan la importancia de muestrear el substrato, ya que al estar las diatomeas fijas a las rocas estas reflejan las condiciones imperantes del hábitat. Sugieren muestrear en sitios que tengan suficiente luminosidad, y a una profundidad de al menos 20 cm, que es suficiente para contener taxa aerófilos como *Luticola geoppertiana*.

También es muy representativa en donde se encuentra una alta velocidad de corriente. Para ríos de flujo lénticos se recomienda muestrear substratos que están continuamente sumergidos y por lo general se encuentran especies epilíticas. Además, se recomienda el muestreo paralelo donde existan macrófitas y sedimentos.

Kelly M.G., y Whitton B.A., (1995), analizaron un río (Inglaterra) principalmente el contenido de fósforo. Para relacionar a las asociaciones de diatomeas epilíticas sustrayéndose de substrato por medio de un cepillado de las rocas. En sus resultados registran que el género *Achnanthes* fue muy abundante. En cambio el género *Navicula* fue encontrado en altas concentraciones de eutrofización. Las especies más tolerantes a la contaminación orgánica fueron *Nitzschia amphibia*, *parvulum*, *Navicula gregaria*, *Navicula lanceolata*, *Navicula atomus*, *Navicula saprophita*, *Navicula subminuscula*, *Nitzschia dissipata* y *Sellaphora* sp. Las especies más dominantes típicas de aguas eutrofizadas fueron *Cocconeis placentula* y *Amphora pediculus*. Las especies especialmente tolerantes a la eutrofización pero intolerantes a las contaminación orgánica fueron: *Navicula tripunctata* y *Nitzschia dissipata*.

Kelly, M.G., (1998), estudió un río (Ucrania) e implementó el término de “índice biológico de contaminación” a través de un puntaje numérico de las descargas en ambientes lóticos, mediante el estudio taxonómico y de las asociaciones de diatomeas epilíticas en estos medios. El género *Nitzschia* presentó amplios rangos de tolerancia a la contaminación, distinguiéndola como indicadora de contaminación orgánica, destacando para el establecimiento del índice las especies *Nitzschia amphibia* y *Nitzschia dissipata*.

Además se encontraron otras especies que son intolerantes a la contaminación orgánica como *Amphora pediculus*, *Navicula tripunctata* y *Nitzschia dissipata* y por lo tanto se puede calibrar el rango de tolerancias de estos géneros en ríos europeos.

Kelly M.G. y Wilson S., (2004), muestrearon el río Stour (Inglaterra), analizando nitrógeno total oxidado, fósforo, ortofosfato, nitrógeno y fósforo colectando paralelamente diatomeas epilíticas. Los resultados de este estudio muestran que existe una limitante importante en nitrógeno y se exceden las concentraciones de fósforo; ocasionan así la transformación hacia un río eutrófico. Se encontraron taxas de *Navicula* y *Nitzschia*, *Bacillaria*, *Cylindrotheca*, *Gyrosigma* y *Surirella* estas dos últimas asociadas a concentraciones iónicas altas.

Krstic S., et al., (1997), estudiaron el río Vardar (República de Macedonia), y registraron rangos de pH de 3.9 a 9.4, mientras que observan concentraciones muy variadas de oxígeno de 0.06 y 10.19 mg/l. Se registraron sitios con una alta concentración de N y P. Además, se tienen altas concentraciones de Na y metales pesados debido a la influencia antropogénica. Ante este panorama destacan especies que toleran niveles extremos de contaminación orgánica y son: *Cyclotella meneghiniana*, *Luticola geoppertiana*, *Gomphonema parvulum* y *Nitzschia palea*.

Leira M. y Sabater S.,(2005), estudiaron el río Catalan ubicado al NE de España analizaron la conductividad, materia suspendida, oxígeno disuelto, pH, DBO₅, nitritos, nitratos, calcio, fósforo, magnesio, sodio, potasio, cloro, y sulfatos, para los parámetros físicos se registró la temperatura del agua, altitud y pendientes. Observaron en algunos sitios una alta conductividad y DBO₅ en altitudes bajas a *Cyclotella meneghiniana*, *Navicula subminuscula*, *Nitzschia frustulum* y *Navicula capitellata*, y especies asociadas a aguas prístinas, mientras que en sitios de altitudes más altas dominan *Achnanthes minutissima* y *Nitzschia fonticola*.

Registraron tres diferentes grupos de taxa de acuerdo a la influencia de la fisiografía y físico química de las aguas. La especie *Gomphonema olivaceum*, presentó una distribución estrictamente en regiones con alta alcalinidad y bajo grado de nutrientes, mientras que *Navicula atomus* var. *permitis* y *Navicula capitellata* se encontraron en altas concentraciones de contaminación. *Melosira varians* fue característica en aguas abajo en las que se detectó un enriquecimiento de nutrientes y aguas mineralizadas.

Lerda D.E. y Prospero C.H., (1996) muestrearon el Río Tercero (Argentina) con el fin de establecer la calidad del agua en este sitio que ya detectaba altas concentraciones de metales, destacando el arsénico, cromo, mercurio y vanadio, además de los componentes orgánicos como los fenoles. El río recibe aguas sanitarias urbanas sin un previo tratamiento, el cual hace que esté eutrofizado. Utilizaron diatomeas de los géneros *Melosira*, *Navicula* y *Gyrosigma* como sistemas de filtrado ya que comprobaron su buena capacidad de retener contaminantes por lo que sugieren que son organismos idóneos en los procesos de absorción de aguas contaminadas. Después del filtrado los análisis químicos muestran que los anteriores metales ya habían sido eliminados, restando solo valores bajos del arsénico. Para eliminar totalmente este metal del río en particular de sales arsénicas, se utilizó sulfato de aluminio con una eficiencia del 100%.

Noppe K., y Prygiel J., (1997), reportan que en el área de Artois-Picardie (Francia) se ubican seis de las principales cuencas hidrográficas de Francia, donde el curso del agua presenta un flujo bajo, se encuentra un alto nivel de industrialización y urbanización. Se encontraron crecimientos excesivos de *S. hantzschii*, *Ciclotella stelligera*, *Ciclotella pseudostelligera* y *Ciclotella menenghiniana* por lo que su análisis sirvió para detectar los sitios más sensibles a la contaminación en estas cuencas.

Passy S.I., y Bode R.W., (2004), muestrearon áreas naturales y áreas antropogénicamente modificadas incluyendo a 71 arroyos en la parte Este del estado de Nueva York. Estudiaron parámetros físicos y químicos como el cloro, aluminio, conductancia específica, amonio, nitratos, fósforo disuelto, pH, sulfatos y sílice. Los taxa más abundantes en los sitios de referencia mostraron una variación moderada y se dividen en categorías:

1) *Achnanthes minutissima*, *A. linearis* y *Meridion*; estas especies presentaron un 65% en abundancia, 2) *Cymbella* y *Reimera*, que conformó el 15%, 3) *Fragilaria* incluyendo a *Synedra ulna* el 15% y finalmente 4) *Navicula* y *Gomphonema/Gomphoneis*, que integró el 5%.

Estos estudios concluyen que las diatomeas confirman un parámetro de gran precisión para identificar la degradación del medio.

Potapova M.G. y Charles Patrick D.F., (2002), realizaron muestreos de dos tipos de hábitat en ríos (E.U.A.). Muestras de “habitat de riqueza” (HR) que se muestrearon de rocas y madera en el área de corriente relativamente rápida. Muestras de “hábitat deposicional” (HD) colectadas en áreas de baja corriente. La información referente a la localización geográfica, se incluyó la latitud, longitud y ecoregión. Esta clasificación de ecoregión del paisaje es basado en el clima, geología, suelo, topografía y el potencial de vegetación. Esto lo toman en cuenta porque es uno de los principales factores que afectan directa e indirectamente en la influencia de la distribución de las diatomeas.

Para los parámetros químicos se analizó el pH, conductividad y concentraciones de calcio, magnesio, potasio, cloro, fósforos totales, sulfatos, nitrógeno total, nitritos, nitratos y amonio. Posteriormente con todos los datos recolectados se utilizó un análisis de correspondencia canónica.

Las co-variables con 19 usos del suelo, parámetros físicos y químicos tuvieron una alta correlación con la latitud. Las especies más relacionadas que determinaron la distribución de las especies por los factores ambientales fueron: *Cocconeis fluviatilis*, *N. aikenensis* y *N. wallacei* fueron más comunes el sureste de los E.U.A. Para la parte oeste fue *Synedra mazamaensis*, *Navicula paucivittata* y *Gomphonema rhombicua*, determinando una distribución espacial restringida a pequeñas áreas geográficas. Las especies más comunes para el norte de los E.U.A. fueron: *G. minutiforme*, *S. parasitica*, *S. parasitica* var. *subconstricta*, *S. famelica*, *Gomphoneis erienne*, *Encyonema prostratum*, *Diatoma mesodon*, *N. tantula*, *G. rhombicum*.

Se tiene que el complejo del gradiente constituye las variables como pendiente, elevación, concentración de nutrientes, uso del suelo y temperatura están correlacionadas.

Tien C-J., (2004), muestreó el río Erh-Jen (Taiwán) aguas arriba y aguas abajo con cuatro sitios diferentes. Las muestras de algas y química del agua se realizaron mensualmente. También, analizó concentraciones de Ca, Cr, Mg, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, y fósforo total y fosfatos, se encontraron diatomeas planctónicas y epilíticas siendo características de aguas arriba *Cymbella tumida*, *Navicula trin punctata*, y aguas abajo están presentes *Cyclotella meneghiniana*, *Nitzschia palea*, *Navicula atomus*. En el río se registraron niveles altos de Pb, P, Ca, Mg, Fe, Ni y Cu, pero no registró Cd, Cr, Zn, y Hg, por lo cual, concluyó que las comunidades de diatomeas y calidad del agua mantienen un gradiente de contaminación baja aguas arriba mientras que aguas abajo evidencias de un alta contaminación fueron la presencia de altos niveles de fósforo total, fosfatos, Cr, Fe, Ni, y Zn.

A continuación se mencionan algunos trabajos referentes a diatomeas en relación con los parámetros fisicoquímicos:

Jonnalagadda S.B., y Mhere G., (2001), analizaron el Río Oszi al Este de Zimbabwe y encontraron que la contaminación se incrementó conforme el río va descendiendo por pendientes y planicies. Los gradientes de temperatura en esa región son muy amplios y van de 19°C a 28°C, La conductividad se va incrementando conforme el río va descendiendo al igual que los nutrientes y los metales pesados. Se concluye que en el río se encuentra en un estado medio de contaminación en cuanto al índice de calidad de agua.

Kelly, M.G., (1998) registró el incremento de la concentración de nutrientes en los ríos de Ucrania, donde el mayor problema es la eutrofización en los ríos, asociados al incremento del fósforo. Se aplican dos índices fundamentales que son el índice basado en las comunidades de diatomeas y el otro basado en las macrófitas, debido a que ellas son muy sensibles a la contaminación orgánica. El fósforo es el principal nutriente limitante para el incremento de las plantas de agua dulce. Además, se registró la existencia de otros nutrientes como el nitrógeno, carbón inorgánico, más los factores físicos tales como energía de las corrientes que pueden influir en la estructura de la comunidad acuática.

Kwandrans J., et al., (1997), analizaron el río Vistula, así como el río Raba y otros tributarios (Polonia). Para el análisis del agua se midió la conductividad, demanda biológica de oxígeno después de cinco días (DBO₅), oxígeno disuelto, demanda de oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, amonio y sulfatos. La calidad del río se registró con una alta contaminación y se registran aguas saladas. Una vez que el río va descendiendo se observan bajas concentraciones de nitritos y alta demanda de oxígeno.

Aguas más abajo, detectan como las descargas industriales aportan zinc y plomo, dañando así considerablemente las condiciones ambientales.

Tison J., Park Y-S., Coste M., Wasson J.G., Ector L., (2005), estudiaron ríos de Francia y Luxemburgo e integraron “hidro- ecoregiones” diseñadas específicamente por la tipología de la corriente del agua y de las características naturales: geología, relieve y clima. Sostienen que la persistencia de las especies depende de su adaptabilidad a las condiciones ambientales incluyendo la química del agua (el pH, conductividad y nutrientes), el tipo de sustrato, velocidad de la corriente y luminosidad.

Muchos de estos parámetros dependen de las descripciones ecoregionales: clima, geología, relieve y uso del suelo. Recientemente las investigaciones evalúan entre la clasificación ecoregional y los muestreos de diatomeas. Para esta investigación se tuvo muy clara la relación de la geología y el relieve con las comunidades de diatomeas que juega un papel muy importante en la estructura y variabilidad de las comunidades de diatomeas.

Vannote R.L., et al., (1980), describen el concepto del continuo del río como la estructura y función de las comunidades a lo largo de un río (E.U.A.), así proponen entender las estrategias biológicas y dinámicas de los sistemas de ríos considerando el gradiente de los factores físicos. Aquellos que intervienen en el cambio de la estructura de la comunidad son: la temperatura, influencia de la vegetación riparia, sustrato, flujo, el contenido de nutrientes en el río. Llegan a hipotizar que las comunidades bióticas rápidamente se ajustan a cualquier cambio en la redistribución del suelo de la energía cinética por el sistema físico del río.

Concluyen que el equilibrio dinámico de las comunidades biológicas sufre un cambio en la estructura y función de la comunidad ajustado a cambios en las variables bióticas, físicas y geomorfológicas, en las que destacan el tipo de flujo, la morfología del canal, el índice de detritus, etc.

A continuación se mencionan los estudios de diatomeas referentes a metales pesados:

Bukhtiyarova L.N., (1997), realizó un análisis del monitoreo llevado a cabo en el río Tisa (Ucrania), en el cual colectó muestras de diatomeas bénticas, epilíticas y algunas episámicas. Registró altas concentraciones de materia orgánica, metales pesados como P, N, Cu, Zn, Cd, Pb, Cr y algunos componentes orgánicos destacando los fenoles y productos grasos que indican una alta contaminación en el agua. Además hace hincapié en que las diatomeas que encontró son buenas indicadores de las condiciones ambientales de un medio acuático contaminado destacando los géneros *Nitzschia* y *Fragilaria*.

A continuación se describen las investigaciones de diatomeas en cuanto a calidad de agua:

Eloranta P., (1997), a través de su investigación realizó un muestreo de diatomeas de distintos habitats de la cuenca de Finnish en el río Perhonjoki (Finlandia), sugiere que el río, analizado mostró buenos valores de calidad de agua siendo un río oligotrófico, en los sitios de aguas arriba, en cambio en la parte central y final de la cuenca del río, se encontraron especies indicadoras de eutrofización, sobre todo en la parte más baja de la cuenca se encuentran valores muy elevados de fosfatos y sulfatos esto debido a las descargas de la industria.

Las diatomeas colectadas se agruparon en tres categorías: 1) altos contenido de fósforo total, 2) altos valores de la demanda química de oxígeno, y 3) destacan aguas oligotróficas y oligohúmicas en zonas altas de montaña, mientras que aguas abajo la tendencia es característica de medios mesotróficos a eutróficos.

A continuación se presentan investigaciones enfocados a las diatomeas con asociación a los métodos estadísticos:

Ouyang Y, (2005), emplearon técnicas de análisis de componentes principales (ACP), y el análisis de los factores principales (AFP) que son técnicas de estadística multivariada para identificar los parámetros importantes que explican mejor las variables de un sistema. Estudió el río San Juan (E.U.A.), el cual se compone de ríos de aguas negras y estuarios, ambientes lacustres y estuarinos. Los contaminantes más comunes fueron los nutrientes, hidrocarburos, pesticidas y metales pesados. Los parámetros más importantes usados para la calidad del agua del río fueron los elementos orgánicos (por ejemplo, carbono orgánico total y el carbón orgánico disuelto nitritos y nitratos disueltos y ortofosfatos); los parámetros minerales relacionados con los contenidos iónicos fueron el calcio y magnesio y uno de los parámetros físicos que influyó en este sistema fue la profundidad.

Prygiel Jean, (2002), emplea el Índice Biológico de Diatomeas (IBD) como un método para evaluar la calidad del agua, con apoyo de los parámetros químicos (temperatura del agua, pH, conductividad, materia suspendida, DBO, DQO, oxígeno disuelto, NTK, NH_4 , NO_2 , NO_3 , PO_4 y cloruros), además de la integración de la abundancia y presencia de las especies. Comprobó que el IBD, es muy eficaz en el conteo de las especies muy pequeñas, por su fácil identificación para las especies o variedad pequeñas.

A continuación se describen estudios de diatomeas enfocados a software:

Prygiel J. (1999), en su artículo resalta que los análisis físico, químico y biológico son los que proveen mayor información para un cuerpo de agua (Francia), y en este caso muy particular se utilizan a las diatomeas por su estrecha relación con la física y química del agua, esto debido a que son muy sensibles a la contaminación salinidad, en especial al fósforo. Además desarrollaron un software llamado OMNISS y en cual destacan cuatro funciones: 1) se ordenan las diatomeas por familia, grupo y especie, 2) se maneja un inventario de las muestras, 3) se registra los datos del sitio de muestreo, y 4) la impresión de los taxones o su respectivo código.

Es importante mencionar que los estudios referentes a las diatomeas continentales en nuestro país son relativamente nuevos, existen pocas contribuciones, a pesar de que son un grupo biológico ampliamente representado en todos los cuerpos de agua continentales, e importante por su diversidad y abundancia en los ríos. A continuación se citan algunos trabajos desarrollados en México en base a las diatomeas como indicadores de calidad del agua.

b. Investigaciones en México:

A continuación se mencionan las investigaciones de diatomeas en relación a la contaminación:

Cantoral-Uriza E.A., (1997), en su tesis doctoral titulada Diatomeas (Bacillariophyceae) de ambientes lóticos en la cuenca baja de la Huasteca Potosina (México), considera factores de velocidad de la corriente, oxígeno disuelto, luminosidad, pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y calcio. Registró 128 taxa y asignó al río como un río contaminado. Los géneros con mayor presencia fueron *Cymbella*, *Navicula*, *Nitzschia* y *Gomphonema*. Además se obtuvieron 19 especies que no estaban registradas para México.

Israde Alcántara I., et. al., (2004), estudiaron el río Lerma (México) y consideraron factores tales como la temperatura del agua, pH, conductividad, sólidos disueltos y oxígeno disuelto, para evaluar su grado de contaminación. Concluyen que el río presenta un alto grado de contaminación que va de muy mala calidad a pésima. Obtuvieron que tanto los macroinvertebrados como las diatomeas registraron un alto grado de tolerancia a la contaminación, destacando que los tramos más conflictivos por su alto grado de contaminación son las regiones de Toluca y el Sur de Salamanca.

Rosas I., et al, (1993), estudiaron el Lago de Patzcuaro (México) en la parte central del lago analizaron los rangos de amonio, nitritos y fósforo total, concentraciones de amonio inorgánico. Los taxas abundantes fueron *Melosira granulata* var. *angustissima*, *Stephanodiscus* sp., y los géneros *Fragilaria*, y *Synedra*. Concluyendo que el lago evolucionó de un estado oligotrófico, mesotrófico y posteriormente a eutrófico. Los resultados de temperatura y latitud revelan que el estado trófico del lago varía espacial y temporalmente. Deduciéndose así que la composición de la comunidad algal depende de los parámetros físicos, químicos y biológicos del lago.

A continuación se describen los estudios de diatomeas en relación a los parámetros físico-químicos y metales pesados:

Zoltan de Cserna y Alvarez Román, (1995), analizaron que en el Cuaternario se originan los drenajes del río Lerma, y hacen hincapié que la cuenca del río Lerma es una de las más contaminadas en México recibiendo aguas contaminadas de uso doméstico, agrícola e industrial y contaminando con ello acuíferos. Este río es uno de los contaminantes con máximos niveles son nitratos, fósforo inorgánico y nitrógeno inorgánico, y metales pesados (As, Pb, Cd, Ni, Cu, Zn). Además dan una alternativa como una solución ambiental la cual consiste en construir plantas tratadoras de aguas residuales.

A continuación se mencionan las investigaciones de diatomeas en relación a los taxa de diatomeas:

Oliva-Martínez M.G., et., al, (2005), estudió tres cuerpos de agua de los humedales de Jilotepec-Ixtlahuaca Estado de México, colectaron especies bentónicas y planctónicas. La riqueza de especies fue durante la época de secas. Además localizaron nuevos registros de especies para la Faja Volcánica TransMexicana como son: *Achnanthes pinnata*, *Cyclostephanos dubis*, *Eunotia faba* y *Planothidium ellipticum*.

A continuación se mencionan los trabajos de diatomeas enfocados a la taxonomía y calidad de agua:

Gajón Evaristo V.R., (2005) analizó el río Chiquito, (México) durante dos épocas anuales y consideró parámetros físicos y químicos del agua tales como: temperatura, pH, conductividad, SDT, SBO, fósforo totales, nitritos y sulfatos, obteniendo que las especies características del río son: *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia supralitorea* y *Achnanthes minutissima*. Registró una estrecha relación de los parámetros químicos y biológicos, por ejemplo *Achnanthes* sp., se relacionó con niveles de baja conductividad, mientras que *Cocconeis* sp., fue dominante en aguas con alta eutrofización. La biodiversidad más baja se registró en zonas con altas concentraciones de nutrientes, reflejada el mayor problema de la zona de estudio son las descargas de aguas residuales domésticas.

A continuación se mencionan los trabajos de peces enfocados a la calidad de agua:

Medina Nava M., (1997), estudió la ictofauna del río Angulo, (México) a través del análisis de nueve estaciones. En estos sitios se midió la temperatura ambiental y la temperatura del agua, profundidad, transparencia, pH, oxígeno disuelto, alcalinidad, tipo de sustrato y vegetación acuática.

Se registraron abundancias en las variedades de peces como: Goodeidae, Atherinidae y Cyprinidae. Concluyen que las condiciones del agua son de buena calidad.

A continuación se describen estudios de diatomeas enfocados a software:

García Acevedo R., et. al, (2006), en su artículo titulado análisis de la variación del oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno en el río grande de Morelia, (México), observó que en el río existen descargas de aguas residuales, de uso doméstico, comercial, industrial y agrícola, además se analizaron parámetros fisicoquímicos como el (OD) y la (DBO) para monitorear la calidad del agua y se utilizó un programa llamado QUAL2E para ver la variación a lo largo del río en cuanto a la geometría, hidráulica e hidrología. Registraron importantes variaciones de oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno. Por lo cual, concluyen que los drenes agrícolas y las descargas municipales contribuyen al aumento de la carga de materia orgánica, así como la disminución de oxígeno disuelto, hasta llegar a una ausencia total de oxígeno que se propaga hasta la desembocadura del Lago de Cuitzeo.

A continuación se mencionan investigaciones de ríos referentes a alternativas y tratamientos de aguas residuales:

Guerrero Reynoso V., (2000), propuso una alternativa para el manejo y capacidad participativa y descentralizada del agua en el estado de Guanajuato, (México) en el cual ubican tres cuencas hidráulicas: la cuenca del Lerma-Chapala, la cuenca del río Pánuco y la cuenca del río Santiago, donde el agua es utilizada principalmente para uso agrícola, urbano e industrial.

Jiménez-Cisneros Blanca, (1996), calculó un índice para el manejo de los recursos hídricos con el propósito de optimizar el monitoreo de la red del agua (Estado de México). Encontró aguas con altas concentraciones de grasas, aceites, fosfatos, sólidos totales disueltos, cloruros, nitritos y nitratos y concluyó que para el agua solo basta con darle un tratamiento adecuado dependiendo de sus diferentes usos.

2.2 UBICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO ANGULO

2.2.1 Área de estudio

La cuenca Lerma-Chapala se divide respectivamente en tres subcuencas: 1) Alto Lerma, su mayor área se encuentra dentro del Estado de Michoacán incluyendo Los Azufres.

2) Medio Lerma: subcuencas río Grande de Morelia, río Angulo, los lagos de Pátzcuaro, Zirahuén y Cuitzeo.

3) Bajo Lerma: río Duero y zona baja de la ciénega de Chapala.

El área de estudio corresponde al río Angulo, el cual pertenece a la subcuenca del medio Lerma. (Figura No. 1).



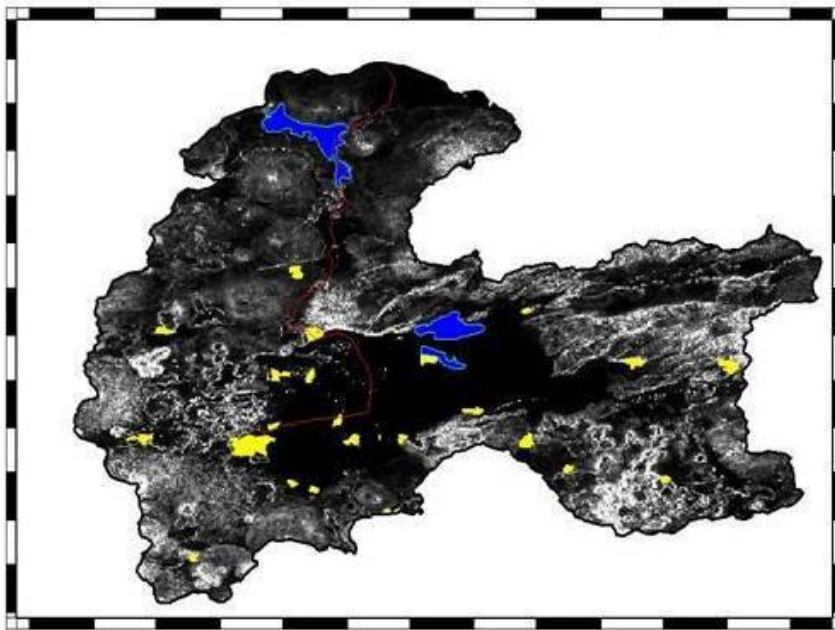
Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Lerma.

2.2.2 Localización Geográfica

El río Angulo ocupa una extensión de 2,015 km², siendo sus coordenadas extrema correspondientes entre los 19° 37' y 20° 11' de latitud norte, 101° 24' y 101° 56' de longitud Oeste, el cual pertenece a la cuenca del Lerma. (Figura No. 2).

Este sigue una dirección general de Sur a Norte. Nace en el manantial Zarcita y su recorrido total llega a ser de aproximadamente 64 km. La subcuenca de este río colinda hacia el sur con la subcuenca del lago de Pátzcuaro, al oriente con la subcuenca del lago de Cuitzeo, al poniente con la subcuenca del río Duero. Durante su recorrido, el río Angulo pasa por las proximidades de Villa Jiménez, Panindícuaro y Santiago Conguripo por su margen derecha, y por su margen izquierda Angamacutiro. Desemboca en el río Lerma en las inmediaciones de la población de Santiago Conguripo abarcando total o parcialmente los municipios de Zacapu, Villa Jiménez, Panindícuaro, Angamacutiro, Huaniqueo y Coeneo (Correa et al., 1974). Entre los aprovechamientos que se han hecho de las aguas de este río están la Presa Copándaro en el río Las Pateras y la Presa Wilson, ambas con fines de riego y generación de energía eléctrica.

CUENCA DEL RIO ANGULO



Leyenda

 Asentamiento Humano

 Cuerpo de agua

 Sitios de muestreo

 parteaguas



Elaborado por: Mendoza y Andrade (2007)
UNAM-IG

Figura No.2. Localización de la cuenca del río Angulo.

2.2.3. Fisiografía

En Michoacán son muy importantes las zonas lacustres que se presentan alineadas a lo largo de una gran extensa franja; algunas de ellas se han modificado desde la creación de las cuencas lacustres, pasando por su relleno y asolve, hasta su desecación actual. Ejemplos de estos cambios se observan en la región de Zacapu.

De acuerdo a la situación desde el punto de vista fisiográfico la subcuenca del río Angulo se encuentra dentro de dos subprovincias.

1) Subprovincia Neovolcánica Tarasca.

Esta subprovincia fisiográfica abarca dentro del área de estudio, la parte Sur de la subcuenca en los Municipios de Coeneo, Zacapu y Huaniqueo. La mayor parte de su extensión está clasificada como Sierra Volcánica con llanuras. En la región de Zacapu se caracteriza por la presencia de diatomitas (Tizatl) que es el termino Tarasco) que ponen de manifiesto que existió un antiguo valle lacustre en la ciénega de Zacapu, cuya depresión tiene una extensión de 335 km² siendo las coladas del complejo Capaxtiro-Brinco del Diablo, las que cerraron el valle originalmente abierto.

Dentro de esta zona se encuentran las sierras de Comanja y Tzirate, eminencias importantes como el Cerro el Tule (3220 msnm), Cerro Tecolote (3129 msnm), Cerro La Leonera, Cerro el Tzirate (3300 msnm) y Cerro Brinco del Diablo (2700 msnm) (Correa et al., 1974).

2) Subprovincia Sierra y Bajíos Michoacanos.

En el área de estudio comprende en su totalidad los municipios de Panindícuaro, Villa Jiménez y Angamacutiro; y partes de Zacapu, Coeneo y Huaniqueo (SPP, 1985), que conforma una serie de valles delimitados por fallas.

Se aprecian los diferentes tipos de relieves que corresponden a un malpais que son sistemas alineados de conos y estratovolcanes que cierran las coladas de lavas de conos volcánicos cuaternarios.

2.2.4. Geología

Los tipos de rocas que se presentan en la zona de estudio son: lacustre, residual, aluvión, areniscas, basaltos, basalto-brecha volcánica básica, basalto-toba básica, brecha volcánica básica, andesitas, dacitas, riolitas, riolita-toba ácida, toba básica, toba básica-brecha volcánica básica y toba ácida. En particular el río baña depósitos lávicos de composición basáltica en su nacimiento y en la parte media (INEGI, 1991).

En el sector sur del río Angulo, son comunes los sedimentos lacustres, en los que destacan las diatomitas que conforman el substrato del río. En cambio para la parte Norte del río se distinguen los basaltos. Se calcula que la edad de las rocas para esta cuenca son cuaternarias y neógenas.

Ocasionalmente los depósitos lacustres alternan con depósitos fluviales en los que destacan las areniscas.

La región de Zacapu pertenece al Plioceno y fue originado su lago por las fallas Pliocénicas en dirección NE-SO de Cuitzeo.

Dentro de la subcuenca del río Angulo se encuentran relieves volcánicos cuaternarios con conos monogenéticos menores a 40,000 años, estos son básicamente de composición basáltica y andesítica con fenocristales de olivino (Hasenaka y Carmichael, 1985). Los edificios volcánicos registrados en la cuenca del río Angulo tienen altitudes de 1700 m.s.n.m. a 3300 m.s.n.m., (Figura No.3); resaltando las pendientes a lo largo del río que van de los 0 a los 35°. (Figura No. 4).

Se encuentran domos de dacita con espesores mayores a 200 m que son cortados por fallas normales que marcan el límite SE de la Ciénega de Zacapu.

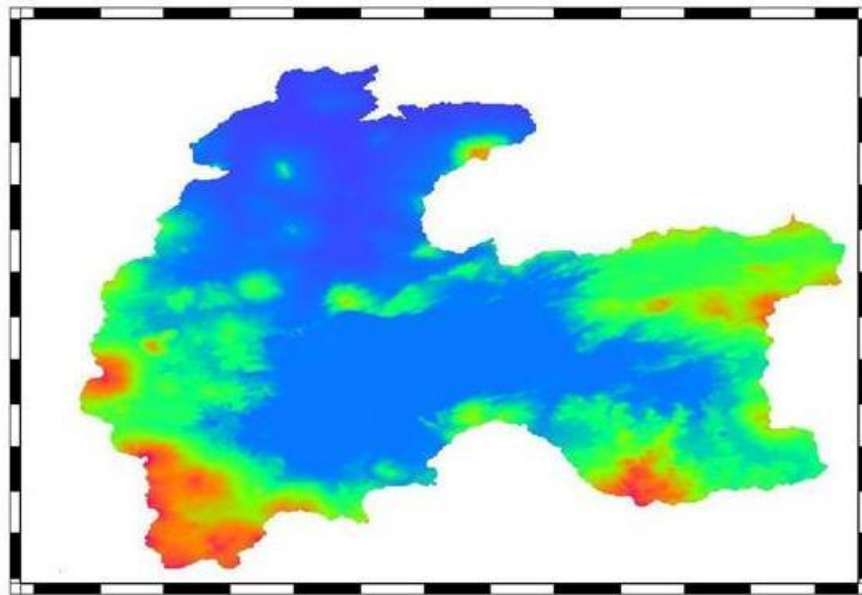
Debido a la influencia de la tectónica distensiva se manifiesta por los sistemas de fallas que delimitan los grabens E-NE-WSW. Los volcanes pliocénicos se edificaron por emisión continua de coladas de lava (volcanes de tipo escudo).

Estas lavas están constituidas por basaltos o andesitas basálticas (presencia de fenocristales de olivino) o bien de tipo andesítico (lavas porfíricas o más afíricas, que contienen una asociación de fenocristales de plagioclasa, ortopiroxeno y clinopiroxeno). El cerro Brinco del Diablo, cerca de Villa Jiménez pertenece a este grupo y se encuentra recortado hacia el Sur por una falla de más de 300 metros de desnivel que marca el límite Norte de la laguna de Zacapu. Al Este de Coeneo de Libertad, se observa un conjunto de aparatos volcánicos distintos; se trata de domos de lava de tipo dacita, que tiene entre 1 y 2.5 km de diámetro que fue datado en 2 Ma. Los derrames asociados a estos domos se diferencian de las coladas de andesita por su espesor más importante (entre 200 y 300 m). Estos derrames dacíticos son recortados por las fallas en extensión que indican el límite SE de la laguna de Zacapu. Las dacitas presentan dos tipos de asociación mineralógica: plagioclasa + ortopiroxeno + clinopiroxeno o bien plagioclasa + anfíbolos + ortopiroxeno. En uno de los derrames de dacita de la región de Coeneo de la Libertad se observan además fenocristales de olivino; la presencia de este último mineral, que no está en equilibrio con el líquido magmático, demuestra la intervención de un fenómeno de mezcla de magma entre una lava ácida y un basalto (Demant, 1992).

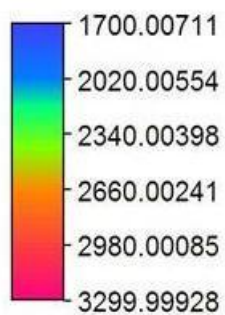
Al extremo oeste de esta zona, en el margen occidental del graben N-S de Penjamillo, se eleva el complejo riolítico del cerro Zináparo, muy conocido por los yacimientos de obsidiana que fueron explotados de una manera intensiva por las civilizaciones prehispánicas.

Después de esta fase volcánica pliocénica (3.1 Ma) y posteriormente a la fase de extensión marcada por el desarrollo de la red de fallas ENE-WSW que afectó a toda la zona, se edificaron los volcanes del Arco Volcánico Transmexicano. Dentro de esta secuencia cuaternaria se diferenciaron de hecho dos grupos: los volcanes recientes y holocénicos (<40 000 años) y los del Cuaternario más antiguo (entre 0.5 Ma y 40 000 años) (Demant, 1992).

ALTITUDES DE LA CUENCA DEL RIO ANGULO



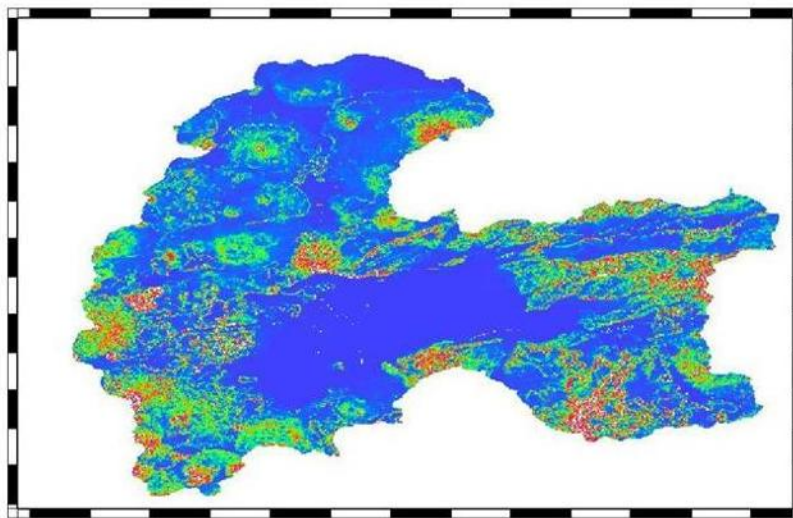
Altitudes en m.s.n.m.



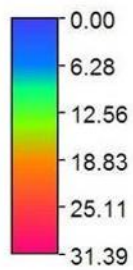
Elaborado por: Mendoza y Andrade (2007)
UNAM-IG

Figura No. 3. Mapa de altitudes de la cuenca del río Angulo.

PENDIENTES DE LA CUENCA DEL RIO ANGULO



Pendientes en grados



Elaborado por: Mendoza y Andrade (2007)
UNAM-IG

Figura No. 4. Mapa de pendientes de la cuenca del río Angulo.

2.2.5. Suelos

Los suelos más comunes en la subcuenca del río Angulo, correspondiente a la parte sur se encuentran los suelos de tipo histosol, litosol, feozem, andosol y vertisol; en cambio en la parte norte de la cuenca dominan solo el vertisol y feozem. Es por ello que a lo largo del río se observa que estos suelos son ricos en materia orgánica, arcillosos y que se formaron a partir de materiales ricos en vidrios volcánicos, debido a ello existen muchas áreas agrícolas. Estos suelos tienen una textura fina y media, además de ser suelos de tipo salinos, de composición lítica, lítica profunda, dúrica, dúrica profunda y petrocálcica.

2.2.6. Hidrología superficial

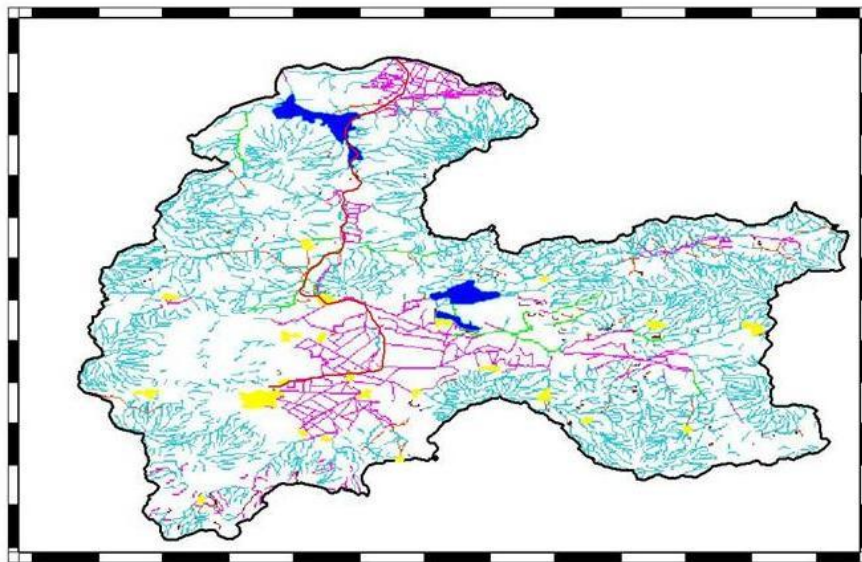
El origen del río Angulo se localiza en el manantial Zarcita, cercano a la población de Zacapu. Sigue una dirección de sur a norte donde desciende por un canal para uso de riego y es mezclado con desechos de Celanese Mexicana S.A. de C.V. El río consta de un cauce estrecho con forma meándrica y conforme desciende su trayectoria se hace cada vez más ancha. Sucesivamente aparecen saltos y alcanza altas velocidades de corriente hasta llegar a la Presa El Rosario y posteriormente su forma es más rectificada hasta desembocar en el río Lerma, cerca de la población de Santiago Conguripo.

El río Angulo es el principal tributario de esta subcuenca, el cual es alimentado de agua por arroyos (Aranjuéz) y ríos de menor importancia, entre los que destacan el río la Patera. Existen otras corrientes menos importantes como el arroyo Enzaro y El Pinto sobre la margen izquierda, en las inmediaciones de la población de Villa Jiménez.

Se ubican aprovechamientos importantes como la presa Copándaro con un volumen de 3.5 millones de m³ y la presa Aristeo Mercado con un volumen de 30 millones de m³ en la porción media. Aguas abajo se encuentra otro aprovechamiento, formándose la presa Melchor Ocampo con un volumen de 1,982 millones de m³ (SARH, 1981) construida para fines de riego y energía eléctrica.

Actualmente existe un importante sistema de numerosos canales y bordos que se han construido para fines agrícolas, ocasionando importantes modificaciones en el drenaje (Figura No. 5).

HIDROLOGIA DE LA CUENCA DEL RIO ANGULO



Leyenda

- A subterráneo en operación
- A superficial en operación
- Bordo
- Canal
- CdeAinter
- CdeAperenne
- Presa en operación
- Salto de agua
- Asentamiento Humano
- Cuerpo de agua
- Sitios de muestreo
- parteaguas



Elaborado por: Mendoza y Andrade (2007)
UNAM-IG

Figura No. 5. Hidrología de la cuenca del río Angulo.

2.2.7. Clima

Dentro de esta subcuenca se encuentran dos subtipos. El primero se presenta en las partes altas, siendo la clave climática la siguiente: Cb (wi) (w) (e) g. templado subhúmedo, con lluvias en verano. Extremoso oscilación superior a 14°C, lluvia invernal de la precipitación total anual del 3.6%. Marcha de temperatura tipo Ganges, mes más caliente antes de Junio (antes del solsticio de verano).

El segundo subtipo se distingue por ser transicional en la región de Angamacutiro, siendo la clave climática la siguiente: (A) Ca (wo) (w) (e) g. semicálido, verano cálido, temperatura media del mes más caliente superior a 22°C, templado subhúmedo el más seco de los Cw. Extremoso oscilación superior a 14°C, marcha de temperatura tipo Ganges, mes más caliente antes de Junio (antes del solsticio de verano) (García, 1988).

2.2.8. Vegetación

La vegetación natural de la zona se presenta en forma de manchones dispersos. Los principales tipos de vegetación en el área son los siguientes:

Bosque de encino, entre los 2000 y 2700 m.s.n.m. Más comúnmente se encuentran las especies *Quercus obtusa*, *Quercus rugosa*, *Quercus laurina* y *Quercus crassipens*, entre otras.

Bosque de pino-encino, son los más escasos y se ubican en las estribaciones de las sierras. Se encuentran especies como *Pinus leiophylla*, *Pinus pseudostrobus*, *Quercus rugosa*.

Bosque de pino, bosque de oyamel (incluyendo ayarín y cedro), bosque de táscate, bosque mesófilo de montaña.

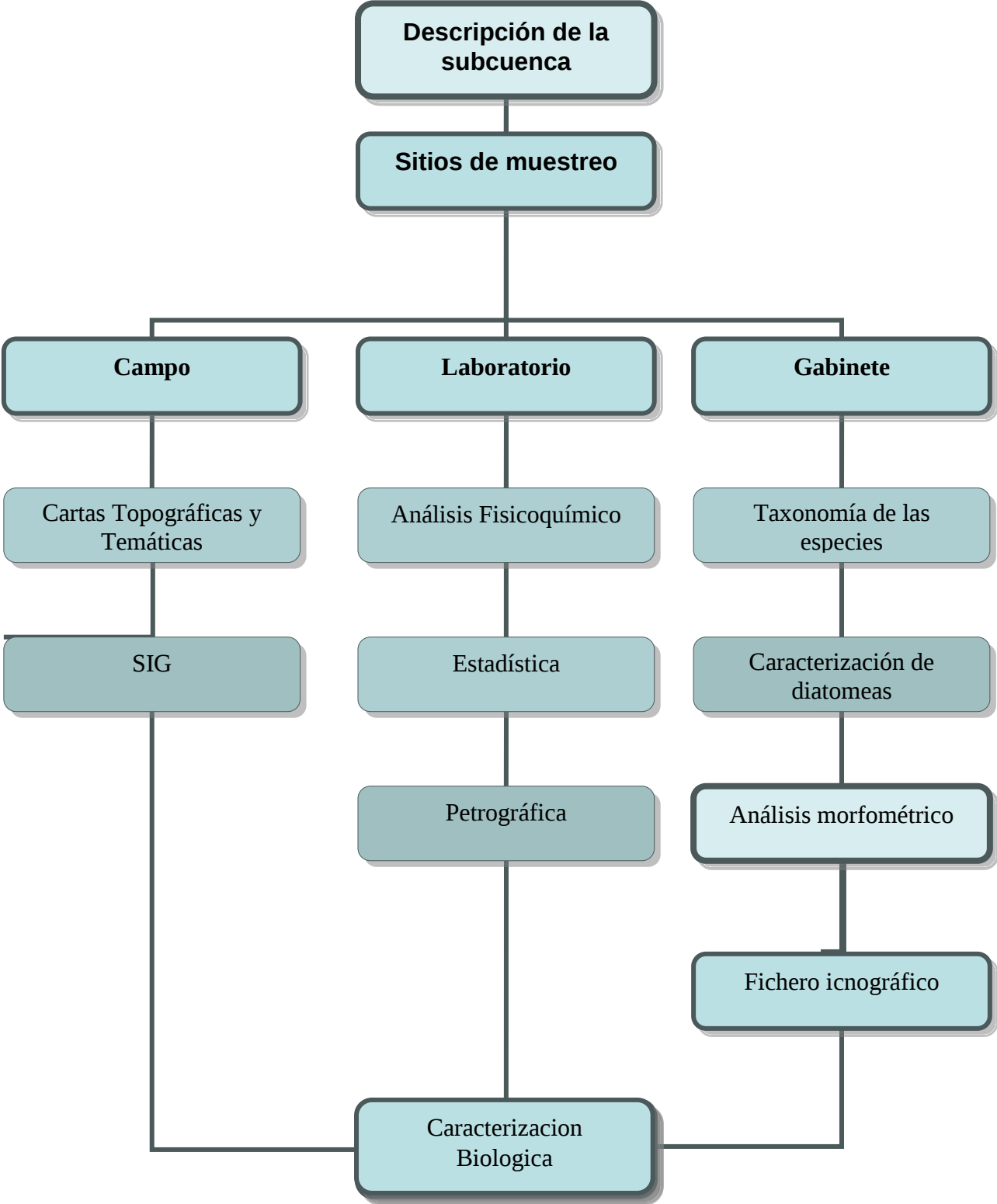
Matorral subtropical, que se distribuye en forma de manchones. Está dominado por especies que se conocen en otros sitios como indicadores de disturbio o francamente propias de asociaciones secundarias. También se encuentra el matorral crasicaule y chaparral.

Por otro lado, la mayor parte del área ocupada actualmente por actividades agrícolas, destacando la agricultura de humedad, de riego (incluye riego eventual), de temporal, cultivándose principalmente maíz, alfalfa, lenteja, sorgo y fresa. Son cultivos tanto de temporal como de riego.

En el río la vegetación riparia está caracterizada por matorral y chaparral y dentro de él son abundantes las zonas con lirio, sobre todo en las regiones urbanas.

CAPÍTULO III
3.1 MATERIALES Y METODOS

Cuadro 1. Descripción de la metodología desarrollada para el análisis del río Angulo, afluente del Lerma, México.



Se analizaron las cartas topográficas de la subcuenca del río Angulo para conocer la distribución de las unidades y estructuras geológicas, geomorfológicas y características de los drenajes del río y sus afluentes. Previo al análisis de las condiciones morfológicas de la cuenca y paralelamente al análisis de los antecedentes se definieron los sitios de muestreo tomando en cuenta que diferenciaron distintos ambientes dentro del curso del río procurando tomar transectos de 5 km aproximadamente, que conformara distintos substratos geológicos y distintas condiciones de la dinámica del río (pendientes, sinuosidad, etc), así como los posibles impactos antrópicos procurando muestrear antes y después de cada sitio impactado. Se ubicaron manantiales que representan habitats prístinos para compararlos posteriormente con los sitios impactados por las distintas actividades agrícolas, pecuarias e industriales.

A partir de este análisis se seleccionaron los sitios más representativos para tomar parámetros de calidad del agua y de organismos del río, en particular de las diatomeas.

Paralelamente se muestrearon los substratos geológicos mas característicos con el propósito de realizar láminas delgadas que permitieran interpretar la proveniencia de los principales iones de las aguas.

Con esta base de datos integrada se procedió a utilizar el programa estadístico JMP y análisis de correlación canónica, que asocia las relaciones de los componentes bióticos con los abióticos.

Los procedimientos para cada procesamiento se establecen a continuación:

3.2 Diatomeas

Para la obtención de las muestras de diatomeas se realizaron tres etapas como se muestra a continuación.

3.2.1 Trabajo de Campo:

Se ubicaron 12 localidades incluyendo 2 manantiales.

Una vez seleccionados los sitios del muestreo se visitó dicho punto para coleccionar la muestra.

Se realizó un bimuestreo (período de secas y poslluvias) en Junio y Diciembre del 2005, en las 12 localidades, previamente seleccionadas.

A continuación de muestran las localidades de muestreo y su posición geográfica de cada uno de ellos.

Sitios de muestreo	Latitud Gra Min Seg	Longitud Gra Min Seg	Ambiente
Manantial Zarcita	19° 49' 32" LN	101° 47' 87" LW	Manantial
Zacapu	19° 49' 45" LN	101° 46' 56" LW	Río
Tarejero	19° 50' 02" LN	101° 42' 70" LW	Río
Est 3	19° 54' 40" LN	101° 42' 55" LW	Río
Lienzo Charro	19° 55' 16" LN	101° 44' 58" LW	Río
El Ranchito	19° 55' 78" LN	101° 45' 20" LW	Río
Panindicuaro	19° 59' 11" LN	101° 44' 10" LW	Río
El Salto	20° 03' 48" LN	101° 43' 49" LW	Río
Presa El Rosario	20° 04' 07" LN	101° 44' 04" LW	Río
Manantial El Rosario	20° 04' 09" LN	101° 44' 11" LW	Manantial
Sn. Fco. Angamacutiro	20° 07' 48" LN	101° 41' 29" LW	Río
Santiago Conguripo	20° 11' 28" LN	101° 41' 94" LW	Río

Cuadro 2. Ubicación de las localidades de estudio.

La obtención de las muestras de diatomeas se llevó a cabo siguiendo el criterio de Rumeau & Coster, 1988 (In: Kelly et al., 1998) que consiste en la técnica efectuada en superficies duras in situ: ese método requiere: 1) seleccionar un clasto que reciba suficiente luz solar, que esté sometido a constante fricción con el agua y que mida mínimo 10 cm³; 2) ya seleccionada la roca, se procede a cepillar el clasto con un cepillo de diente en movimientos circulares; 3) el raspado se deposita en un frasco debidamente etiquetado para su traslado y procesamiento en el laboratorio de vía húmeda del Instituto de Investigaciones Metalúrgicas de la U.M.S.N.H.

Las muestras sin tratar así como las preparaciones permanentes forman parte de una colección icnográfica diatomológica requerida para el Proyecto de la Cuenca del Lerma y se pueden consultar en la colección del Cuerpo Académico Consolidado de Ciencias de la Tierra de la UMSNH (CDCT-UMSNH).

3.2.2 Trabajo de Laboratorio:

Para la limpieza del material colectado se siguió la técnica establecida por Kelly, 1998, la cual consta de los siguientes pasos:

- 1) Se etiquetan los vasos de precipitado con cada uno de los sitios muestreados.
- 2) Se vierte la muestra a los vasos de precipitado correspondientes.

- 3) Se les agrega 50 ml de Peróxido de Hidrógeno diluido al 30% para eliminar la materia orgánica de la muestra.
- 4) Se colocan, todas las muestras a calentar, a temperaturas menores a 100° C cuidando de que no hiervan, solo que se produzca la evaporación para tener valvas fracturas.
- 5) Agregar 50 ml de Acido Clorhídrico diluido al 30% para eliminar carbonatos en la muestra.
- 6) Calentar hasta evaporarse evitando que hierva la muestra.
- 7) Se vierte agua destilada a cada vaso hasta aforar a 300 ml.
- 8) Se desecha el agua y se afora nuevamente a 300 ml con agua destilada.
- 9) Este último paso se repite hasta que el agua adquiera un pH neutro.
- 10) Se montan las muestras en una resina con alto índice de refracción (nafrax).

3.3.3 Trabajo de Gabinete:

El conteo total por especie para determinar contando toda la laminilla, la abundancia específica de los organismos presentes en cada muestra, se produjo bajo un microscopio óptico Olympus Bx50 con el objetivo de 100x y se empleó una gota de inmersión. Para la identificación se tomó en cuenta, en el caso de las centrales: el diámetro, altura, número de estrías y espinas; en diatomeas pennales se tomo en cuenta: la forma de la valva, largo, ancho, densidad de estrías, número de fíbulas y rafe.

El conteo se realizó por medio del método de transectos y para la identificación se realizó bajo los criterios de: Krammer y Lange-Bertalot 1986, 1991, 1997; Prygiel, et. al., 2000 y Lange-Bertalot 2000.

Para la identificación de las especies se tomaron fotografías digitales en un microscopio óptico marca Olympus Bymax 50 con contraste Normanski con cámara digital integrada, con el lente de 100x que contiene una cámara fotográfica integrada marca Olympus DP-12 y en un microscopio de barrido, modelo JSM 6400, marca JEOL con un alcance de 300.000 magnificaciones y una resolución de 35 kv que fue necesario para conocer las morfologías más específicas de las frústulas.

3.3 Físico-química:

Para la determinación de los parámetros físico químicos in situ se tomaron con un analizador HORIBA con el cual se determinaron los datos de pH, conductividad, salinidad, oxígeno disuelto y sólidos totales disueltos, En cuanto a la determinación de metales pesados, alcalinidad y contenido de clorofila a en el río se analizaron en el laboratorio de físico química del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

3.4 Láminas delgadas

Las láminas delgadas se observaron a partir del pulido de un fragmento de roca y con ayuda del microscopio petrográfico Bmax 50 con un lente de 40x se analizaron dichas laminillas tanto en nicoles paralelos y cruzados, esto con la finalidad de determinar la composición mineralógica de la roca y asociarla con l

3.5 Estadística

a) Análisis estadístico de los datos

Se elaboró una tabla de los resultados físico químico de los muestreos en el río. Para poder conocer si existían diferencias estadísticamente significativas en los valores y las localidades. Esta información se capturó y se conformó una base de datos en el programa Excel (Microsoft Office XP, 1985-2001).

Considerando los datos del río, se elaboró una matriz con la cual se procedió a realizar un análisis estadístico (cluster) utilizando el programa estadístico JMP (versión: 3.2.2. 1989-1997. SAS Institute Inc.), esto con la finalidad de observar el comportamiento del conjunto de variables cuantificadas y así conocer si había diferencias estadísticas en cuanto a las localidades.

3.5.1 Indice de diversidad

Los índices de diversidad han sido ampliamente usados en Norte América, su postulado principal es que la diversidad de especies disminuye en un ecosistema si se encuentra estresado como pudiera ser un ecosistema contaminado. El índice más empleado es el índice de diversidad de Shannon (H) (Shannon & Weaver, 1949), el cual considera la abundancia relativa de cada taxón, cuyo modelo es:

$$H' = \sum Ni/N \log_2 Ni/N \quad (3.5.1)$$

Donde:

H' = diversidad, N = el total de todos los individuos, Ni = número de individuos de especies, H' tiende a un valor máximo de 4 a 5 en ecosistemas analizados.

Los índices de diversidad tienen una desventaja, el asumir que la diversidad disminuye conforme aumenta la contaminación no es del todo cierto, ya que existen ambientes no contaminados como manantiales o el punto de origen de un río donde los valores de H' son muy bajos, por lo que se sugiere la siguiente interpretación de H:

H' > 3	agua limpia
H' = 2-3	agua ligeramente contaminada

$H' = 1-2$ agua medianamente contaminada
 $H' < 1$ agua altamente contaminada

b) Análisis de componentes principales

Se utilizó el programa estadístico JMP para realizar el análisis de componentes principales para establecer las relaciones entre las localidades y las variables del muestreo.

c) Análisis de correspondencia canónica

Se utilizó el programa MVSP (Multi-Variate Statistical Package) versión 3.0 para conocer la relación que existe entre los parámetros físicos, químicos y biológicos de los sitios de muestreo a lo largo del río.

3.6 Sistemas de Información Geográfica

Para definir la cuenca del río Angulo se utilizó el software ILWIS (Integrated Land and Water Information System) versión 3.1 en las instalaciones de UNAM, Campus Morelia en el Instituto de Geografía. Se elaboraron los mapas correspondientes a la cuenca del río Angulo, mapa hidrológico, mapa de pendientes y mapa de altitudes.

CAPÍTULO IV

4.1 RESULTADOS

Se realizó una extensa consulta bibliográfica que nos permitió conocer la taxonomía detallada de los taxa y a su vez consultar sus preferencias ecológicas y su abundancia de las especies de diatomeas para así integrarlas en la evaluación de condiciones ambientales de cada sitio de muestreo.

4.1.1 Diatomeas

A continuación se mencionarán las especies más abundantes de diatomeas por sitio de muestreo y por época del año

Periodo de secas:

ESTACIÓN	ESPECIES ABUNDANTES
Manantial Zarcita	<i>Achnanthes minutissima</i> , <i>Amphora pediculus</i> y <i>Rhoicosphenia curvata</i>
Zacapu	<i>Synedra ulna</i> y <i>Nitzschia amphibia</i>
Tarejero	<i>Staurosira pinnata</i> y <i>Synedra ulna</i>
Est 3	<i>Stephanodiscus medius</i> , <i>Synedra ulna</i> y <i>Nitzschia amphibia</i>
Lienzo charro	<i>Luticola geoppertiana</i> y <i>Synedra ulna</i>
El Ranchito	<i>Nitzschia dissipata</i> , <i>Nitzschia amphibia</i> , <i>Synedra ulna</i> , <i>Pleurosira laevis</i> y <i>Melosira varians</i>
Panindicuaro	<i>Pleurosira laevis</i> y <i>Synedra ulna</i>
El Salto	<i>Luticola geoppertiana</i> y <i>Nitzschia dissipata</i>
Presa El Rosario	<i>Stephanodiscus medius</i> y <i>Cyclostephanos invisitatus</i>
Manantial El Rosario	<i>Cyclotella invisitatus</i> , <i>Synedra ulna</i> , <i>Staurosira pinnata</i> y <i>Cyclotella meneghiniana</i>
Santiago Conguripo	<i>Nitzschia dissipata</i> , <i>Nitzschia palea</i> y <i>Nitzschia amphibia</i>
Angamacutiro	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> , <i>Amphora veneta</i> y <i>Nitzschia pumilum</i>

Las especies más abundantes de diatomeas por sitio de muestreo en poslluvias fueron las siguientes:

ESTACIÓN	ESPECIES ABUNDANTES
Manantial Zarcita	<i>Staurosira pinnata</i> , <i>Achnanthes minutissima</i> , <i>Rhoicosphenia curvata</i> y <i>Mayamae atomus</i>
Zacapu	<i>Synedra ulna</i> y <i>Nitzschia amphibia</i>
Tarejero	<i>Synedra ulna</i> , <i>Luticola mutica</i> y <i>Achnanthes exigua</i>
Est 3	<i>Staurosira pinnata</i> , <i>Luticola goeppertiana</i> y <i>Nitzschia amphibia</i>
Lienzo Charro	<i>Synedra ulna</i> , <i>Eolimna exigua</i> , <i>Achnanthes exigua</i> y <i>Luticola goeppertiana</i>
El Ranchito	<i>Staurosira pinnata</i> y <i>Synedra ulna</i>
Panindicuaro	<i>Staurosira pinnata</i> y <i>Synedra ulna</i>
El Salto	<i>Pleurosira laevis</i> , <i>Synedra ulna</i> y <i>Nitzschia dissipata</i>
Presa el Rosario	<i>Nitzschia amphibia</i> , <i>Nitzschia palea</i> y <i>Amphora veneta</i>
Manantial el Rosario	<i>Amphora veneta</i> , <i>Nitzschia filiformis</i> y <i>Navicula cryptotenella</i>
Santiago Conguripo	<i>Nitzschia amphibia</i> y <i>Bacillaria paradoxa</i>
Angamacutiro	<i>Nitzschia palea</i> , <i>Pleurosira laevis</i> y <i>Synedra ulna</i>

4.2 UBICACIÓN TAXONÓMICA DE LAS DIATOMEAS:

La descripción taxonómica y las afinidades ambientales se analizaron en base a la bibliografía de Lange-Bertalot, 1986; Krammer & Lange-Bertalot Bacillariophyceae 1-4, 2000.

Para obtener las variaciones morfológicas de las diatomeas de cada sitio se midieron el eje apical, eje transapical y densidad de estrías.

En la siguiente ubicación taxonómica se encuentran las especies de diatomeas que fueron encontradas en el río Angulo, afluente del Lerma, México.

Mediante el análisis sistemático se identificaron 44 especies, incluidas en 20 géneros, de los cuales 5 especies se ubican dentro del orden centrales y 35 especies del orden pennales.

4.2.1 Diatomeas presentes en la cuenca del río Angulo, afluente del Lerma.

DIVISION CRYSOPHYTA

SUBDIVISION. CRYSOPHYTA

CLASE: BACILLARIOPHYCEAE

SUBCLASE: CENTROPHYCIDEAE

ORDEN: COSCINODISCALES

FAMILIA: Thalassiosiraceae

Género: *Stephanodiscus*

Stephanodiscus medius

Género: *Cyclotella*

Cyclotella meneghiniana Kützinger 1844

SUBORDEN BIDDULPHIINEAE

FAMILIA BIDDULPHIACEAE Kützinger 1844

SUBFAMILIA BIDDULPHIOIDEAE Schütt 1896

Género: *Pleurosira*

Pleurosira laevis (Ehrenberg) Compère 1982

FAMILIA MELOSIRACEAE Kützing 1844

Género: *Melosira*

Melosira varians

Género: *Aulacoseira*

Aulacoseira granulata var. *angustissima*

ORDEN PENNALES

SUBORDEN ARAPHIDINEAE

FAMILIA DIATOMACEAE Dumortier 1822

Género: *Fragilaria*

Fragilaria capucina

Fragilaria construens (Ehrenberg) Grunow 1862 var *construens*

Synedra goulardii Brébisson

Synedra ulna (Nitzsch) Ehrenberg 1832 var *ulna*

SUBORDEN RAPIDINEAE

FAMILIA EUNOTIACEAE Kützing 1844

Género: *Eunotia*

Eunotia minor (Kützing) Grunow in Van Heurck 1881

FAMILIA ACHNANTHECEAE Kützing 1844

Género: *Achnanthes*

Achnanthidium minutissima

Achnanthes minutissima var *exigua*

Género: *Cocconeis*

Cocconeis placentula var *placentula* Ehrenberg 1838

Cocconeis placentula var *euglypta* (Ehrenberg 1854) Grunow 1884

Cocconeis placentula var *lineata* (Ehrenberg 1843) Van Heuck 1880-1885

FAMILIA NAVICULACEAE Kützing 1844

Género: *Amphipleura*

Amphipleura pellucida (Kützing) var *pellucida* 1844

Género: *Amphora*

Amphora ovalis (Kützing) Kützing 1844

Amphora pediculus (Kützing) Grunow 1880

Género: *Calloneis*

Calloneis bacillum (Grunow) Cleve 1894

Género: *Cymbella*

Cymbella aspera

Cymbella tumida (Brébisson) Van Heurck 1880

Encyonema silesiaca

Género: *Diploneis*

Diploneis elliptica (Kützing) Cleve 1891

Diploneis ovalis (Hlthse) Cleve 1891

Diploneis subovalis Cleve 1894

Género: *Gomphonema*

Gomphonema affine Kützing 1844

Gomphonema gracile Ehrenberg 1838

Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing 1849

Género: *Gyrosigma*

Gyrosigma acuminatum (Kützing) Rabenhorst 1853

Género: *Navicula*

Navicula cryptocephala Kützing 1844

Navicula cryptotenella Lange-Bertalot 1985

Navicula radiosa Kützing 1844

Género: *Pinnularia*

Pinnularia gibba

Pinnularia minuta

FAMILIA EPITHEMIACEAE Grunow 1860

Género: *Epithemia*

Epithemia adnata (Kützing) Brébisson 1838

Epithemia turgida

Género: *Rhopalodia*

Rhopalodia gibba (Ehrenberg) O. Miller 1895

FAMILIA NITZSCHACEAE Grunow 1860

Género: *Nitzschia*

Nitzschia amphibia Grunow 1862

Nitzschia clausii Hantzsch 1860

Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow 1862 var *dissipata*

Nitzschia intermedia Hantzsch ex Cleve & Grunow 1880

Nitzschia linearis (Agardh) W. Smith 1853

Nitzschia palea (Kützing) W. Smith 1856

FAMILIA SURIRELLACEAE Kützing 1844

Género: *Surirella*

Surirella minuta

A continuación se define un listado los taxos encontrados a lo largo del río Angulo, en cual se mencionan tanto su morfología de las especies como su ecología de las mismas.

Cyclotella Kützing

Valva circular, raramente elíptica y de poca altura; solitarias o reunidas en colonias por medio de un gel (en tubo, en filamento o en paquete). Algunas veces cerdas de flotación, gelatinosas o silicosas. Ornamentación de las valvas consiste en una zona marginal con estriación radial y un campo medio liso u ornamentado. Con numerosos plastos discoidales.

***Cyclotella meneghiniana* Kützinger 1844**

Sinónimos: *Surirella melosiroides* Meneghini

Cyclotella melosiroides Meneghini

C. salina Marson

C. meneghiniana var. *vogesiaca* Grunow, Van Heurck

C. rectangula Brébisson

C. meneghiniana var. *rectangulata* Grunow, Van Heurck

C. meneghiniana var. *binotata* Grunow, Van Heurck

Morfología. Son células en forma de tambor, más ancha que alta, diámetro 7-14.15 µm, superficie valvar ligeramente ondulada, estrías muy marcadas, forman un anillo en la periferia de la valva; estrías 8-9/10 µm con márgenes lisos, las cuales limitan la zona central de la periferia, zona central con estrías radiales poco marcadas, dos nódulos visibles cercanos al centro de la célula, que corresponden a los procesos reforzados.

Ecología: Presenta un pH alcalifilo-alcalibióntico; se encuentra en ambientes eutrófico, oligotrófico; mesohalobio, oligohalobio, halofilo, polisaprobio, alfa mesosaprobico; esta presente en ríos, lagos, pozos, manantiales. Con un conductividad de 400-20,000 µs/cm; fosfatos totales 0.02-0.83 mg/Lt., planctónica y béntica, epifito, metafitica frecuentemente sobre las macrofitas en los depósitos litorales, soportan la contaminación de los ríos así como una salinidad -10 partes 100 de sal, considerándose netamente eurihalino, aguas semiduras, indiferente al calcio (Lowe, 1974).

***Stephanodiscus* Ehrenberg 1846**

Borde la valva con un círculo de cortas espinas, del que parten las series radiales de poros muy finos, que se pierden hacia la región central. Células solitarias o en grupos que forman cadenas cortas. Célula discoidal o cilíndrica.

Stephanodiscus medius

Morfología. Son valvas en forma circular con estrías bien marcadas con márgenes lisos.

Ecología. Presenta un pH alcalobióntico, por su forma de vida es una especie tico-planctónica, presenta una temperatura mesotérmica, y se encuentra en ambientes oligohalobios (Krammer & Lange-Bertalot, 1991).

Melosira C. Agardh 1824

Células cilíndricas más largas que anchas, forma filamentos uniseriados unidos por la superficie valvar. Espinas de sílice que unen a las células. En vista singular que observa una cintura lisa, el manto presenta poros. Vista valvar circular con poros dispuestos radialmente. Varios plastos discoidales.

Melosira varians

Morfología. Son células cilíndricas; superficie valvar con estrías radiales; dos procesos labiados, puntos en vista singular muy visibles.

Ecología. Es un taxa epífito, perifítico, con un rango de temperatura que va de los 21°C – 27°C, presenta un pH euplanctónico, por su forma de vida es oligohalobio, se presenta en ríos (Lowe, 1874).

***Aulacoseira granulata* var. *angustissima* (O. Müller) Simonsen 1979**

Sinónimo: *Melosira granulata* var. *angustissima* (O. Müller) 1899

Morfología. Presenta un rango de 3 a 8 µm de diámetro; una altura de 15 a 40 µm, y tiene de 5 a 18 estrías en 10 µm teniendo 15 poroides en 10 µm.

En la zona estudiada nuestros ejemplares registran un diámetro de 3 a 7 µm, una altura de la valva de 17 a 40 µm, con 6 a 12 estrías en 10 µm, y de 7 a 15 poroides en 10 µm, que coinciden y concuerdan con las figuras y medidas obtenidas por Krammer & Lange-Bertalot 1991 (Pág. 266; Fig. 18:13).

Ecología. Esta variedad planctónica aparece en óptimo crecimiento en lagos poco profundos, y tolera aguas con un alto porcentaje de turbidez. Sus condiciones óptimas de vida son las aguas con una conductividad media (500-1200 µScm-1) y un pH alrededor de 8 a 8.5, con una alcalinidad de 7 a 10 meq.l-1 y en aguas ricas en sodio. (Gasse, 1986).

Pleurosira (Meneghim) Trevisan 1848

Valvas con contornos elípticos, con cimas cónicas salientes, poros o areólas radiales, algunas veces con espinas. En vista singular se observan las cinturas intercalares; vista valvar convexa con polos salientes. Células solitarias, o agregadas en zigzag.

***Pleurosira laevis* (Ehrenberg) Compère 1982**

Sinónimo: *Biddulphia laevis* Ehrenberg

Smith, 1950; Bourrelly, 1968; Lowe, 1974; De Wolf, 1982; Maidana, 1985; Carmona; Krammer & Lange-Bertalot; Valadez 1992; Dam, Mertens & Sinkeldam, 1994.

Morfología. Su vista valvar, frústulo cilíndrico o subcilíndrico con dos ocelos evidentes en cada polo. Dos procesos labiados dispuestos simétricamente respecto al eje epital con un largo 74-87.12 μm , ancho 48.9-60 μm .

Ecología: Es una especie epifito, perifítico, temperatura de 25-25.5°C; con un pH alcalifilo, alcalibiontico, presenta una temperatura mesohalobio, oligohalobio, mesosaprobio, oligosaprobio, se encuentra en ríos estuarios, es una especie perifítica epilitica, epifita con una conductividad 400-20,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, fosfatos totales de 0.02-0.83 mg/l, presente en manantiales de agua dura, aguas salobres y forma grandes masas parduzcas (Lowe, 1974).

***Fragilaria* Lyngbye 1819**

Células isopolares, solitarias o agrupadas en colonias. Vista valvar fusiforme o naviculoide.

En la zona apical se observa estriación fina y un pseudo rafe. Existe en algunas especies desfazamiento de estrías en la región media, de uno o ambos lados de la valva.

***Staurosira capucina* Desmazières 1925**

Morfología. Posee valvas muy alargadas con la parte media abultada en forma rectangular. El área axial es estrecha y la central es longitudinalmente asimétrica. Sus estrías son paralelas y muy finas. Su largo va de 10 a 100 μm , su diámetro de 3.5 a 4.5 μm , y presenta de 12 a 17 estrías en 10 μm .

Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras obtenidas por Krammer & Lange-Bertalot, 1991.

Ecología. Es una especie cosmopolita, alcalífila, tolera pequeñas concentraciones de sal. Se le encuentra en aguas corrientes y estancadas (Lowe, 1974).

***Staurosira construens* (Ehrenberg) Grunow 1862**

Sinónimo. *Synedra construens* (Ehrenberg) Williams & Round
Patrick & Reimer, 1966; Lowe, 1974; Germain, 1981; De Wolf, 1982; Ortega,
1984; Krammer & Lange-Bertalot, 1991; Dam, Mertens & Sinkeldam, 1994.

Morfología. Posee valvas con simetría bipolar, apices redondeados, márgenes convexos en el centro; área central ausente; área axial amplia lineal lanceolada. Largo 19 µm, ancho 9 µm; estrías paralelas 17/10 µm.

Ecología: Es una especie perifítica, con un pH alcalifilo, es una especie de ambientes de tipo eutrófico mesotrófico, oligotrófico, oligohalobia mesosaprobia, oligosaprobia, se encuentra en lagos, pozos, manantiales, corrientes, es un taxa euplanctónico, ticoplanctónico, perifítico, béntico, epifito con rangos amplios de temperatura como mesotermal, oligotermal, euritermal, forma largas cadenas sobre las macrofitas de estanques, aguas lénticas, menos frecuente en aguas lólicas indicador de aguas oxigenadas (Krammer & Lange-Bertalot, 1991).

***Staurosirella construens* var. *venter* (Ehrenberg) Hustedt 1957**

Sin.: *Fragilaria venter* Ehrenberg 1854, *Fragilaria construens* var. *venter*
(Ehrenberg) Grunow 1881, *Fragilaria construens* var. *pumila* Grunow 1881

Morfología. La valva es más o menos ancha y lanceolada. Su longitud va de 4 a 35 µm, su diámetro de 2 a 12 µm; sus estrías son paralelas y van de 14 a 18 en 10 µm, posee angostos pseudorafes lanceolados, aparecen frústulas rectangulares conectadas cercanamente.

En la región de estudio nuestros ejemplares registran una longitud de 25 µm, un diámetro de 8 µm, posee 15 estrías en 10 µm. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras obtenidas por Krammer & Lange-Bertalot 1991. (Págs.: 488, 492, 494; Figs.: 129:21-27; 131:6; 132:9-16; 28).

Ecología. Se registra en lagos profundos, pantanos y forma cadenas coloniales. Su forma de vida es perifítica y ticoplanctónica. Además es una especie indicadora de eutrofización (Krammer & Lange-Bertalot, 1991).

***Staurosira pinnata* Ehrenberg**

Sin.: *Fragilaria striolata* Ehrenberg, *Odontidium pinnatum* Kützing, *O. striolatum* Kützing, *O. mutable* W. Smith, *Fragilaria minutissima* Grunow, *F. pinnata* var. *elliptica* Carlson, *F. pinnata* var. *parallela* y var. *inflata* A. Mayer (Krammer & Lange-Bertalot, 1988)

Morfología. Posee valvas linear-elípticas. Los extremos los presenta bien redondeados e isopolares. El área central forma una zona lanceolada. Su diámetro va de 2 a 8 μm ; su longitud mide de 3 a 35 μm . Las estrías son levemente radiales, y van de 6 a 12 en 10 μm . En los ejemplares grandes se pueden observar líneas finas que cruzan las estrías.

En la región estudiada nuestros ejemplares presentan una longitud de 16 μm , un diámetro de 6 μm , estrías de 7 μm en 10 μm . Nuestros ejemplares coinciden con la descripción y las figuras obtenidas por Krammer & Lange-Bertalot 1991 (Pág. 157; Fig. 19,21).

Ecología. Es una especie cosmopolita, aparece en aguas moderadamente distróficas hasta en pantanos ácidos. Principalmente se le ha observado en aguas continentales oligosaprobias, con un contenido mineral de mediano a alto, aunque se llega a mantener por debajo de los 100 $\mu\text{S/cm}$ y se llega a presentar hasta en un pH de 9.3 (Krammer & Lange-Bertalot 1991).

***Synedra* Ehrenberg**

Células solitarias, libres o fijas, se adhieren algunas veces por un polo, forman así las colonias, uniéndose al centro, y de forma radiada a todos los planos. Las células son isopolares rectilíneas. No contienen tabiques perforados, ni cresta interna saliente, ni cintura accesoria. La valva es finamente estriada, pero puede tener un área media lisa, regular o unilateral. Frecuentemente la valva es muy estrecha, alargada y cada valva está tapizada por un plasto con numerosos pirenoides.

***Synedra goulardii* Brébisson**

Sinónimo: *Fragilaria unla* var. *goulardii* (Brébisson) Lange-Bertalot 1991

Morfología. Posee valvas lanceoladas, constreñidas en el centro, los extremos son rostrados capitados; el área axial es lineal y angosta; el área central es cuadrangular; sus estrías son paralelas. Su longitud varía de 69 a 74 μm , su diámetro va de 9 a 12 μm , y posee de 9 a 11 estrías en 10 μm .

Ecología. Es una especie perifítica, se ha reportado en pozos y lagos registra una temperatura de 25.5 °C, con un pH de 7 y una conductividad de 1300 $\mu\text{S/cm}$. (Cantoral, 1997).

***Synedra ulna* Ehrenberg**

Sinónimo: *Fragilaria ulna* (Nitzsch.) Lange-Bertalot

Morfología. Registra una valva linear, larga, con extremos adelgazados y redondeados. El área axial es angosta y linear. El área central es cuadrada, formada por la ausencia de estrías. Su longitud va de 27 a 600 μm . Presenta de 7 a 15 estrías en 10 μm , ligeramente punteadas y gruesas, en algunas secciones de la valva se presentan en forma disimétrica. Su diámetro va de 2 a 9 μm .

Nuestros ejemplares coinciden con la descripción, medidas y figuras obtenidas por Krammer & Lange-Bertalot 1997. (Pág. 119-122, Fig.).

En la zona de estudio esta especie tiene una longitud de 80 μm , un diámetro de 6 μm , y posee 12 estrías en 10 μm , por lo cual coinciden con las medidas y figuras obtenidas por Krammer & Lange-Bertalot, 1997.

Ecología. Es una especie de amplia distribución, es epifítica, perifítica, epilítica. Se registra en manantiales con una velocidad de corriente de media a baja, con una temperatura de 20 a 27°C, un pH de 7 a 8, y con una conductividad de 300 a 1500 $\mu\text{S/cm}$.

Presenta un pH alcalífilo, es un taxa eutrófico, eurihalobia, oligohalobia, oligosaprobia, alfa-mesosaprobia. Esta especie se registra en ríos, manantiales, canales de riego, lagos, pozos.

Presenta una temperatura eutermal, euritermal, mesotermal, oligotermal. Posee una amplia distribución en agua dulce, es indiferente al calcio y no es un buen indicador ecológico (Cantoral, 1997).

***Eunotia* Ehrenberg 1837**

Células libres, fijas, o agrupadas en colonias en línea. Valvas isopolares, en vista valvar se observa el eje redondeado, margen ventral recto, cóncavo o raramente convexo; margen dorsal convexo, algunas veces ondulado; nódulos polares. En vista singular se observa el rafe. Superficie valvar finamente estriada, estrías punteadas perpendiculares al eje longitudinal recurvado. Las estrías son interrumpidas por una línea bialina concoida como pseudorafe.

***Eunotia minor* (Kützing) Grunow in Van Heurck 1881**

Sinónimos: *Humantidium minus* Kützing 1884

Eunotia pectinalis var. *minor* (Kützing) Rabenhorts 1864

Eunotia pectinalis var. *minor* (Kützing) Grunow in Van Heurck 1881

Morfología. Posee valvas con margen ventral ligeramente cóncavo y el dorsal convexo, extremos más angostos que el cuerpo principal, estrías curvadas concéntricamente en los extremos. Largo 53 μm , ancho 7 μm , estrías 9-10/10 μm .

Ecología: Se localiza en zona de deslizamiento entre pozos. Su pH es perifítico, acidófilo, se encuentra en ambientes oligotróficos, oligohalobios, oligosaprobios, es un taxa epilítico en aguas templadas (Lowe, 1974).

Achnanthes Bory de St Vincent 1822

Células fijas generalmente por un corto estilo gelatinoso, solitarias o coloniales. Valva con rafe, con nódulos, es cóncava angulosa, la valva sin rafe es convexa. El rafe es recto o torcido en forma de "S", la vista conectiva es angulosa, plegada en forma de ángulo obtuso. La vista valvar es isopolar, con un contorno estirado, alargado, fusiforme o naviculoide en lanceta, raramente redondeado. Con uno o dos plastos por célula o numerosos plastos pequeños. Ornamentación en general idéntica sobre las dos valvas, consiste en estrías muy finas, o en series de gruesos poros. Frecuentemente el área media hialina es alargada en forma de cruz o faseta, donde la gran rama sigue el rafe o al pseudorafe, y donde la pequeña rama, transapical, es perpendicular a la primera. El pseudorafe generalmente axial medio aunque algunas veces es excéntrico.

Ecología: Se encuentra en pozos, es un taxa perifítico, con un pH alcalifilo, oligotrófico, mesohalobio, oligohalobio, epifito, presenta una temperatura mesotermal, se encuentra en aguas cálcareas aguas con alta conductividad.

Achnanthidium minutissima Kützting 1833

Sinonimos: *Achnanthes minutissima* Kützting

Achnanthes minutissima var. *cryptocephala* Grunow

Achnanthes minutissima f. *curta* Grunow

Morfología: Posee valvas lanceoladas o lineal lanceoladas con extremos rostrados-capitados; rafe recto, área axial lineal angosto, área central asimétrica.

Ecología: Presenta un pH eutrófico, mesotrófico, se encuentra en ambientes oligohalobios, mesosaprobios, se encuentra en ríos, charcas, arroyos, manantiales, presas, es una especie perifítica, béntica, epifita, con temperaturas de tipo euritermal, mesotermal, es un taxa eutópico, aguas bastante mineralizadas buen indicador de altas concentraciones de oxígeno en aguas alcalinas, indiferente al calcio y hierro (Krammer & Lange-Bertalot, 1991).

Cocconeis Ehrenberg 1837

Células libres o epifitas sobre algas y plantas acuáticas. Fijas por la valva del rafe (hipoteca) liso, valva superior (epiteca) abombada con un pseudorafe axial. Frústulo con un contorno elíptico regular, polos largamente redondeados.

Valvas frecuentemente con ornamentación diferente, la valva sin rafe tiene una escultura más angosta que la valva con rafe. La ornamentación consiste de estrías punteadas o lineadas (puntos largos), perpendiculares al eje apical, algunas veces el margen es liso o con una ornamentación particular de poros o de puntos. No tienen tabiques ni cinturas secundarias, frecuentemente se observan sobre el borde de las valvas los engrosamientos internos formando las cámaras rudimentarias. Con un solo plasto con 1 o 2 pirenoides, tapizando la epiteca.

***Cocconeis placentula* var. *placentula* (Ehrenberg) 1838**

Sin.: *Cocconeis punctata* Schumann, *C. reichelti* A. Schmidt, *C. producta* A. Schmidt, *C. grovei* Ostrup, *C. placentula* var. *gemuna* A. Mayer, *C. ostrupii* Héribaude, *C. grosti* Héribaude, *C. concéntrica* Ehrenberg, *C. punctata* Ehrenberg, *C. elongata*, Ehrenberg

Morfología. Posee una valva elíptica con bandas intercalares con extensiones rudimentarias cortas dentro de la cavidad valvar; presenta un rafe valvar con un área axial estrecha; el área central es pequeña; su rafe es filiforme. Las estrías son curvadas radialmente, finamente punteadas, las cuales se interrumpen cerca del margen por un área hialina, con una segunda área hialina, aislando así un área submarginal estriada. Su longitud va de 7.5 a 98 μm , y diámetro de 8 a 40 μm ; contiene 20 a 23 estrías centrales en 10 μm , Hacia el margen valvar las estrías van de 18 a 22 en 10 μm . Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras obtenidas por Krammer & Lange- Bertalot (1991) (Pág. 51; Fig. 1-5).

Ecología. Es una especie de amplia distribución, se observa en manantiales, ríos, lagos, pozos, arroyos, canal de riego temporal, pantanos litorales de lagos, cenotes. Esta especie es perifítica, epifítica, epilítica, ticoplanctónica, euplanctónica, eutermal, mesotermal. Se registra comúnmente desde aguas neutras hasta alcalinas. Euritópica (tolerante a gradientes ambientales extremos) con una amplia distribución; epífita en plantas acuáticas; además de ser indiferente al calcio. (Cantoral, 1997).

***Cocconeis placentula* var. *euglypta* (Ehrenberg 1854) Grunow 1884**

Morfología. Estrías compuestas como máximo, por 5 porciones alargados. Largo de 15 a 18 μm , ancho 10-13 μm ; estrías 16-18/10 μm central; puntos 14/10 μm .

Ecología: Presenta un pH alcalifilo, se encuentra en ambientes de tipo eutrófico, mesotrófico, oligohalobio, halófilo, oligosaprobio, reófilo, presente en lagos, ríos, pozos, arroyos, cascadas, sedimentos de ríos, es una especie euplanctónica, perifítica, epífita, respecto a la temperatura se considera una especie que presenta espectros que van de mesotermiales a eutermiales,

presenta una conductividad de 400-20000 us/cm, fosfatos totales 0.02-0.83 mg/lit en arroyos (Cantoral, 1997).

***Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenberg 1843) Van Heurck 1880-1885**

Sinonimos: *Cocconeis lineata* Ehrenberg
C. lineata var. *pygmaea* Pantocsek
C. bonnieri Héribaud & Perigallo

Morfología: Presenta puntos distantes que forman de líneas longitudinales undulantes hialinas, largo 27-33 µm, ancho 13.95-16 µm, estrias 18-19 µm (central) y 16-17/10 µm (polos) estrias 19-20/10 µm cerca de los márgenes hacia los extremos.

Ecología: Posee un pH alcalifilo, esta presente en ambientes de tipo oligohalobio, oligosaprobio, reófilo, ríos, arroyos, es un taxa perifítico, epífito, presenta una temperatura eutermal, con una conductividad de 400-20000 us/cm, fosfatos totales 0.02-0.83 mg/lit comúnmente en aguas salobres, con amplia distribución en plantas acuáticas, soporta altas concentraciones de materia orgánica, y esta presente comúnmente en aguas semiduras (Cantoral, 1997).

***Amphipleura* Kützing 1844**

En vista valvar las células son alargadas, fusiformes, lanceoladas. La vista conectiva muestra algunas veces las cinturas intercalares, pero jamás los tabiques. La valva presenta en su eje medio un nódulo central muy estrecho, muy alargado, que ocupa una gran parte del eje y se desdobra en los extremos en dos costillas paralelas, que se reúnen a un nivel de nódulos polares. El rafe se extiende entre estas dos partes surcadas. La estriación de las valvas es frecuentemente muy fina e invisible. Las células tienen dos plastos en lámina, y a veces presentan pirenoides.

***Amphipleura pellucida* (Kützing) 1844**

Sinónimos: *Frustulia pellucida* Kützing
Amphipleura pellucida (Kützing) Kützing

Morfología. Posee una valva estrecha, de forma lineal-lanceolada con extremos redondeados y adelgazados, canal de sílice evidente, estrías paralelas a lo largo de la valva y líneas longitudinales muy finas, que al intersectarse dan la apariencia de un cuadrículado muy fino. Largo 69-140 µm, ancho 7-9 µm; estrías 37-40/10 µm; ramas del rafe cortas, 15-20 µm.

Ecología: Presenta en charcas, zona de baja velocidad de corriente e intensidad luminosa de media a alta. Forma parte de mechones filamentosos adheridos sobre lodo, cantos rodados, es un taxa perifítico. Presenta un pH, alcalifilo, su forma de vida es eutrófica, oligohalobia, halófila, eurihalobia, béntica, presenta una temperatura mesotermal, esta presente en aguas con alta conductividad, y es común en arroyos (Lowe, 1974).

Amphora Ehrenberg 1840

Vista valvar con contorno creciente en forma de media luna, rafe sencillo curvado en "C", vista singular con contorno elíptico, truncado en los dos polos, eje pervalvar curvo. Con un solo plasto aunque a veces presenta dos o cuatro.

***Amphora ovalis* (Kützinger) Kützinger 1844**

Sinonimos: *Navicula amphora* Ehrenberg

Frustulia ovalis Kützinger

Amphora gracilis Ehrenberg

Amphora ovalis var. *gracilis* Ehrenberg

Morfología. Posee valvas con margen dorsal liso y arqueado, margen ventral ligeramente concavo, extremos redondeados, área axial estrecha, lineal; rafe filiforme; estrias punteadas, radiales en el centro, paralelas y convergentes en los polos. Largo de 43.5-50 μm , ancho 21.6-31.5 μm , estrias 8-10/10 μm .

Ecología: Es una especie perifítica, en cantos rodados y rocas emergentes en los márgenes de los ríos, su pH es alcalifilo, alcalibióntico, su forma de vida es eutrófica, oligohalobia, mesosaprobia, oligosaprobia, reófila, esta presente en ríos pozos, pantanos, manantiales, presenta una temperatura eutermal, mesotermal, se encuentra en lugares con iones ricos en calcio, aguas estancadas en lagos y manantiales (Cantoral, 1997).

Amphora pediculus (Kützinger) Grunow 1880

Morfología. Posee una valva con margen dorsal arqueado y liso, ventral ligeramente cóncavo, extremos redondeados, área axial estrecha, rafe filiforme. Largo 12-27 μm , ancho 2-8 μm , estrias 18-21/10 μm . Estrias dorsales paralelas, delgadas y radiales.

Ecología. Crece entre algas, en los límites en aguas en las terrazas, es un taxa perifítico. Presenta un pH alcalifilo, alcalibióntico, por su forma de vida es una especie eutrófica, oligohalobia, eurihalobia, polisaprobia, mesosaprobia, reófila, se encuentra en ríos, manantiales, es una especie reófila, es un taxa común en habitats perifíticas, epifíticas (común sobre otras diatomeas como *Nitzschia sigmaidea*, es una especie béntica, y en cuanto a la temperatura se considera mesotermal.

Se le encuentra en aguas con alta conductividad, aguas duras a moderadamente duras; se encuentra también asociada a aguas ligeramente salobres (Cantoral, 1997).

Caloneis Cleve 1891

Células de forma variable, en lancetas con los polos punteados, redondeados o capitados; los márgenes presentan en gran número de especies una ondulación media saliente; siempre están acompañadas de líneas paralelas en el borde que ocupan las estrías de la valva pero sin interrumpirse. Su rafe presenta nódulos internos bien desarrollados. La superficie de las valvas, esta ornamentada con estrías finamente punteadas. Las estrías son transapicales y perpendiculares al rafe dentro de la región media, pero hacia los polos estas cambian frecuentemente de dirección y se observan radiales, formando un ángulo agudo con el rafe, convergentes formando un ángulo obtuso. Área central lisa, puede presentar varias formas; justo en los polos y encuadra al rafe, presentando una forma rómbica alargada, o al contrario, dibujar una zona perpendicular al eje y constituir así un verdadero stauró que alcanza los márgenes. Ciertas especies muestran de una y otra parte del nódulo central, un diseño en forma de media luna.

Caloneis bacillum (Grunow) Cleve 1894

Sinónimos: *Stauroneis bacillum* Grunow

Navicula fascista Largerst

Navicula lacunarum Grunow in Van Heurck

Navicula fontinalis Grunow in Van Heurck

Caloneis bacillum (Grunow) Cleve

Caloneis fascista (Largerst) Cleve

Morfología. Posee valvas lanceoladas con extremos cuneado-rostrados, área axial angosta; área central transversal; alvéolos radiales; rafe recto; estrías paralelas en la región media y convergente hacia los polos. Largo 25-31 μm , ancho 6-7 μm , estrías 14-20/10 μm .

Ecología: Presenta un pH alcalifilo, por su forma de vida es un taxa eutrófico, mesotrófico, oligohalobio, reófilo, presente en manantiales, corrientes, lagos, ríos, arroyos, pantanos, estanques, es una especie aerófila, perifítica, por su temperatura es mesotermal, se encuentra en aguas duras a ligeramente salobres, aguas estancadas, aguas suaves a duras (Cantoral, 1997).

Cymbella Agardh 1830

Células solitarias, libres o viviendo en colonias dentro de los tubos mucilaginosos, algunas veces están fijadas por un estilo gelatinoso. En vista valvar, tienen un aspecto de una Navicula recurvada en fascículo. El rafe es curvado en forma de "C" o rectilíneo, valva con dos segmentos desiguales, una más convexa (dorsal) que la otra. Valva con estrías punteadas radiales; algunas veces se observan dentro de la parte central estigmas. Vista conectiva idéntica a la de las Navicula. Células con un solo plasto.

***Cymbella aspera* (Ehr.)1840**

Sin.: *Cocconema asperum* Ehr. 1840, *Cymbella lanceolata* var. *aspera* (Ehr.) 1880

Morfología. Registra valvas moderadamente dorso-ventrales. El margen es arqueado y bastante liso; las extremidades son un poco estrechas, anchas y redondas. El área axial es lineal, un poco amplia a la mitad de la valva para formar una sombra en el área central. El rafe lateral va de estrecho a proximal y los poroides son distales, haciéndose un poco reverso-lateral. El rafe proximal tiene una terminación en punta distal, ventralmente desviado; la terminación distal está distintivamente bifurcada, la porción extendida (afuera) está curvada dorsalmente acerca de 60 a 75°. Las estrías son un poco radiales (especialmente a la mitad de la valva) a paralelas; punteadas.

El margen externo es distinto y más o menos ovoide. Posee de 7 a 10 estrías en 10 µm, haciéndose de 11 a 12 estrías en 10 µm cerca de las extremidades. Su longitud va de 70 a 265 µm. Su diámetro va de 20 a 48 µm. Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras obtenidas por Krammer & Lange-Bertalot 1991. (Pág. 130:7; 131:1, 1ª, 1b).

En la zona región de estudio nuestros ejemplares presentan un largo de 220 µm, un diámetro de 35 µm, y tiene 7 estrías en 10 µm.

Ecología. Esta especie no se encuentra en grandes cantidades. Se reporta en arroyos y lagos de aguas poco profundas. Es una especie oligohalobia, alcalífila (Patrick R. & Reimer C. 1975).

***Encyonema silesiaca* Bleisch in Rabenhorst 1864**

Sinónimos: *Cymbella veniricosa* Kützing 1844

Cymbella minuta var. *silesiaca* (Bleisch) Reimer 1975

Morfología. Posee valvas semilanceoladas, marcadamente dorsiventrales, con el margen dorsal convexo a fuertemente convexo y el ventral recto, a veces con una ligera protuberancia, extremos subrostrados a rostrados, angostos, curvados hacia el lado ventral; área axial muy angosta; área central indistinguible; rafe lateral, de posición ventral, fisuras externas distales

curvadas centralmente y las proximales curvadas hacia el lado dorsal, con poros centrales distinguibles, estrías dorsales suavemente radiales, la central con un estigmoide en el extremos, las ventrales paralelas. Largo 15-31 μm , ancho 5-9.5 μm ; estrías centrales en 10 μm 8-10 dorsales y 9-11 ventrales.

Ecología. Presente en un charco con sustrato pedregoso, formado por cantos rodados y lodo; forma parte de flóculos sueltos en las orillas del charco. Su pH es alcalifilo, se encuentra en ambientes de tipo oligotrófico, eutrófico, oligohalobio, mesosaprobio, es un taxa reófilo, presente en manantiales, pozos, rios, arroyos es un taxa perifítico y epilítico, resiste cambios bruscos en los gradientes ambientales (euritópico), oligohalobios, indiferentes al pH en, aguas de baja a media conductividad (Patrick R. & Reimer C. 1975).

***Cymbella tumida* (Brébisson) Van Heurck 1880**

Sinónimos: *Cocconema tumidum* Brébisson y Kützing
Cymbella stomatophora Grunow

Morfología. Posee una valva dorsiventral, margen dorsal liso o ligeramente sinuoso, margen dorsal ventral recto u ondulado, extremos rostrados, redondeados; área axial angosta, curvada, área central orbicular, asimétrica; rafe lateral con extremos distales curvados hacia el lado dorsal, proximales bulbosos hacia el ventral, estrías lineadas, radiales. Largo 65-70 μm , ancho 17-19 μm ; estrías 9-10/10 μm ; 10-10/10 μm extremos; puntos 16-20/10 μm .

Ecología: Es una especie perifítica, se encuentra en manantiales, zona de cantos rodados, velocidad de corriente baja, intensidad luminosa alta.

Presenta un pH alcalifilo, alcalibintico, esta presente en habitats de tipo eutrófico, mesotrófico, oligohalobio, halófilo, mesosaprobio, oligosaprobio, se encuentra en rios, arroyos, lagos, corrientes, manantiales, pozos, es una especie aerófila, edáfica, perifítica, epilítica, epífita, por su temperatura es una especie mesotermal, eutermal, conductividad 400-20,000 $\mu\text{m}/\text{cm}$, fosfatos totales 0.02-0.29 mg/lit, ambientes alcalófilos, creciendo sobre plantas en descomposición; no crece en gran número en aguas con contaminación orgánica (Patrick R. & Reimer C. 1975).

***Diploneis* Ehrenberg 1844**

Valvas lineales elípticas, elíptica o ligeramente constreñidas en la región media. Valvas caracterizadas por paredes silíceas que se engrosan en el nódulo central. Una hilera silícea más o menos ancha en el eje apical, que se bifurca por las ramas del rafe y se funciona junto con el nódulo central formando una estructura en forma de H, del otro lado de esta, existe un canal longitudinal de ancho variable en cada lado de la valva, el cual puede estar cruzado por las costillas, después tienen poros arreglados en varios patrones.

Las costillas transversales están presentes a través de la valva en el lado marginal del canal longitudinal, este puede ser paralelo a radial. Entre las costillas están los alvéolos o hileras sencillas o dobles de poros. La costilla puede estar cruzada por hileras longitudinales. Los alvéolos pueden estar arreglados formando líneas longitudinales.

***Diploneis elliptica* (Kützinger) Cleve 1891**

Sinónimos: *Navicula elliptica* Kützinger
Diploneis elliptica var. *grandis* (Grunow) Cleve

Morfología. Posee una valva elíptica con extremos redondeados; área axial amplia, con extensiones estrechándose hacia los extremos de la valva, su área central es elíptica; canales longitudinales estrechos; presenta una hilera sencilla de poros en la superficie de cada canal longitudinal; costillas radiales en toda la valva. Largo 33-35 μm , ancho 15-19 μm ; costillas 9-11/10 μm , con una hilera sencilla de alvéolos entre las costillas.

Ecología: Presente principalmente en pozos, plataformas con corrientes fuertes, y rápidos. Forma parte de costras adheridas al sustrato, colonias hemisféricas sobre todo se observa en lodo, mechones de filamentos y tapetes. Es un taxa perifítico, epifito, epipélico. Presenta un pH alcalifilo, por su forma de vida es un taxa mesotrófita, oligohalobio, oligosaprobio, limnófilo, esta presente en lagos, ríos, arroyos, manantiales, pozos, ciénegas, es un taxa aerófilo, euplanctónico, perifítico, béntico, por su temperatura es metatermal, oligotermal, mesotermal. Conductividad 400-20000 $\mu\text{m}/\text{cm}$. Fosfatos totales 0.02-0.57 mg/l.

Presente en aguas dulces hasta ligeramente salobres, en ciénegas, lagos y manantiales, tolera niveles bajos de materia orgánica (Krammer & Lange-Bertalot, 1991).

***Diploneis ovalis* (Hilse) Cleve 1891**

Sinónimo: *Pinnularia ovalis* Hilse in Rabenhorst

Morfología. Posee una valva elíptica, extremos redondeados, área central lineal, costillas ligeramente paralelas en el centro, convergentes hacia los extremos. Largo 14-22 μm , ancho 9-11 μm , costillas 9-10/10 μm central, 10-11/10 μm polos.

Ecología. Es una especie perifítica, con un pH alcalifilo, por su forma de vida es mesohalobio, oligohalobio, oligosaprobio, común en ríos, aunque también es común en habitats aerófilos, se observa en manantiales y turberas. Es una especie epipélica, epilítica, perifítica, en cuanto a la temperatura va de eutermal, a mesotermal, conductividad 3001-5000 $\mu\text{m}/\text{cm}$. Fosfatos totales 0.30-0.57 mg/l. Típicamente aerófila.

Es muy distintiva en aguas salobres y aguas con alta conductividad. Está ampliamente representada en aguas tropicales (Krammer & Lange-Bertalot, 1991).

***Diploneis subovalis* Cleve 1894**

Morfología. Posee una valva elíptica, extremos redondeados; área central lineal elíptica. Largo 29-32 μm , ancho 16-18 μm , costillas 9/10 μm , aerolas 16/10 μm . Ecología: Presente en paredes inclinadas en pozos, con ligera corriente, es un taxa perifítico, su pH es alcalifilo, oligohalobio, se encuentra en cascadas, por su forma de vida es un taxa aerófilo, oligotermal. Tropical. Escasa en aguas con conductividad media; es una especie con amplia distribución mundial (Krammer & Lange-Bertalot, 1991).

***Gomphonema* Ehrenberg (Agardh) 1832**

Células heteropolares, libres o fijas al sustrato mediante un pie mucilaginoso simple o ramificado. La vista conectiva es siempre cuneiforme. Valva con un rafe mediano rectilíneo que coincide con el eje de simetría. La valva en la base de fijación es estrecha, mientras que el ápice es ancho. De ésta forma, el contorno es siempre más o menos de forma piriforme. Frecuentemente, los polos son capitados. La valva está ornamentada por estrías finas, punteadas, el área axial es estrecha, el área central es algunas veces ligeramente asimétrica y presenta frecuentemente uno o varios poros aislados o estigmas. En la base de la valva se observan dos campos porosos lisos en el nacimiento. El rafe es rectilíneo. En general, presentan un solo plasto por célula.

***Gomphonema affine* Kützing 1844**

Sinónimo: *Gomphonema affine* f. *major* Grunow in Van Heurck

Morfología. Su valva es cuneiforme con extremos redondeados u obtusos, angostos; el área axial es lineal y angosta; con área central transversal; posee estrías radiales a todo lo largo de la valva. Su longitud va de 30 a 100 μm ; con diámetros de 7 hasta 2 μm ; presenta de 9 a 13 estrías en 10 μm .

En la región estudiada nuestros ejemplares presentan una longitud de 46 μm , un diámetro de 11 μm , posee 11 estrías en 10 μm . Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras obtenidas por Krammer & Lange-Bertalot 1986 (Pág. 764; Fig. 1-3).

Ecología. Es una especie perifítica, alcalífila, mesotrófia, oligohalobia, B-mesosaprobia, se registra en arroyos, es tolerante a aguas con alta conductividad. Además, se le localiza en regiones tropicales y subtropicales (Cantoral, 1997).

***Gomphonema gracile* Ehrenberg 1838**

Sinonimos: *Gomphonema lanceolatum* Ehrenberg
Gomphonema grunown Patrick

Morfología. Valva romboidal con extremos simétricos, rafe recto, área central estrecha con un estigma, estrías punteadas, nódulo central cargado hacia un lado. Largo 48-60 μm , ancho 8-10 μm , estrías 10-11/10 μm (central) 1 estigma. Ecología: Es un taxa perifítico, epifito, presenta velocidad de corriente alta, iluminación baja, conductividad 0.03-0.08 $\mu\text{m}/\text{cm}$. Presenta un pH alcalifilo, acidofilo, por su forma de vida es un taxa mesotrófico, oligotrófico, oligohalobio, halófilo, mesosaprobio, oligosaprobio, limnobiontico, limnofilo, reófilo, se encuentra en ríos, arroyos, lagunas, cascadas, cenotes, es una especie aerófila, euplanctónica, perifítica, epifítica, epipélica, por su temperatura es eutermal, mesotermal. Conductividad 400-20 000 $\mu\text{m}/\text{cm}$ fosfatos totales 0.02-0.57 mg/lit. Presente en aguas ácidas, en sedimentos de ríos, lagunas, corrientes y cascadas, entre musgos, aguas con baja conductividad, se considera un taxa cosmopolita, común en zonas tropicales, además de ser indiferente al calcio (Cantoral, 1997).

***Gomphonema parvulum* (Kützing) Kützing 1849**

Sin.: *Sphenella parvula* Kützing 1844, *Gomphonema lagemula* Kützing, *G. micropus* Kützing (Krammer & Lange-Bertalot, 1986)

Morfología. Se observaron valvas linear-lanceoladas, con ápices adelgazados. El área axial es estrecha, el área central está longitudinalmente asimétrica en tamaño, debido a que un lado de la valva posee un estigma aislado encima de la estría central, mientras que en el lado contrario la estría central es más corta. El rafe es ligeramente curvo y lateral hacia el lado del estigma, sin extremos terminales conspicuos. Su longitud va de 10 a 36 μm , su diámetro va de 4 a 8 μm , las estrías van de 7 a 20 en 10 μm , estas son poco radiales en el centro, y se observan más radiales en los extremos, además de ser gruesas.

En la zona estudiada nuestros ejemplares presentan 41 μm de longitud, un diámetro de 12 μm y 22 estrías en 10 μm , además no presenta estigma, por lo cual nuestra especie se presenta como una valva atípica de acuerdo a Krammer & Lange-Bertalot (1986, Pág. 358-359; Figs. 7,11,12) para *Gomphonema parvulum*.

Ecología. Esta especie se desarrolla mejor en aguas ricas en nutrientes, particularmente con desechos sanitarios o de granja (Patrick & Reimer 1966). Sládecek et al. (1981), la reporta como una especie distribuida en un amplio intervalo saprobio, desde aguas xeno- y oligosaprobias (rara) hasta aguas beta y alfa-mesosaprobias (más abundantes); donde no se ha reportado es en

aguas muy contaminadas (sin oxígeno, polisaprobias, Sládecková & Sládeček 1994). Los datos anteriores señalan a esta especie como tolerante a diferentes condiciones ambientales y, por ello, con un bajo valor indicador. Es una especie cosmopolita. Tiene un buen desarrollo en aguas con un pH, alrededor de 7 (su intervalo va de 4.2 a 9), y su pH óptimo va de 7.0 a 8.2.

Tolera pequeñas concentraciones de sal. Es una especie mesosaprobia, perifítica, por su temperatura es mesotermal y estenotermal. Su gran adaptabilidad explica el porque de su gran variabilidad morfológica (Lowe 1974).

Navicula Bory de St. Vincent 1824

Valvas lanceoladas, regulares, raramente elípticas o con márgen ondulado, el ápice es redondeado, puntiagudo o capitado. Rafe mediano, con los nódulos bien marcados, polares y centrales, valva ornamentada por estrías finamente punteadas o lineadas. Áreas centrales y axiales muy reducidas. Algunas veces ésta es doble por un área lateral lisa, al unirse da un aspecto en forma de "H". La mayoría de las veces las células tienen dos cloroplastos, raramente uno.

Navicula cryptocephala Kützinger 1844

Sinonimo: *Navicula exilis* Kützinger

Morfología. Posee una valva lanceolada con terminaciones globosas-capitados, área axial estrecha, ligeramente ancha en la región central de la valva, formando un área central transversal, estrías radiales en la mayor parte de la valva, ligeramente (paralelas) o convergentes en los extremos, estrías 15-16/10 μm ; largo 20-42 μm , ancho 5-7 μm .

Se encuentra dentro de los intervalos registrados por Patrick & Reimer (1966), sólo presentan un intervalo mayor del número de estrías en 10 μm (16-18),

Ecología. Presenta en charcos de sustrato pedregoso (cantos rodados y lodo), zona de deslizamiento. Forma parte de fóculos filamentosos, presenta en pH alcalifilo, por su forma de vida es un taxa mesosaprobio, esta presente en lagos, rios, arroyos cienegas, es un taxa perifítico, béntico, con rangos de temperaturas variados como mesotermal, oligotermiales, a euritermales. Ampliamente distribuida en lagos, ciénegas, arroyos desde aguas dulces hasta ligeramente salobres, aguas con baja energía de corriente (Cantoral, 1997).

Navicula cryptotenella Lange-Bertalot 1985

Sinónimos: *Navicula tenella* Brébisson ex Kützing sensu Grunow, *Navicula radiosa* var. *tenella* (Brébisson ex Kützing) Van Heurck

Morfología. Esta especie se caracteriza por poseer una valva lanceolada, los extremos son ligeramente redondeados y agudos; el área axial es angosta, su área central es pequeña; el rafe es filiforme; las estrías son radiales en el centro, y ligeramente convergentes en los extremos. Su longitud varía de 14 a 40 μm , su diámetro va de 5 a 7 μm y presenta de 14 a 16 estrías en 10 μm .

Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras obtenidas por Krammer & Lange-Bertalot 1986.

Ecología. Se registra en poblaciones moderadas en ríos y estanques, en aguas con alta conductividad, es una especie perifítica, epifítica, alcalífila, por su forma de vida es una especie eutrófica, oligotrófica, oligohalobia, alfa y beta – mesosaprobia (Krammer & Lange-Bertalot, 1991).

Luticola geoppertiana (Bleisch) H.I., Smith 1874-1879

Sinónimos: *Navicula terminate* Hustedt

Navicula mutica var. *tropica* Hustedt

Morfología. Posee una valva lanceolada, ancha, extremos redondeados, área axial lineal, angosta; área central transversal, rafe filiforme, estrías pequeñas en la región central, punteadas, radiales. Largo 10-65 μm , ancho 6-15 μm , estrías 18-24/10 μm .

Ecología: Presenta un pH alcalifilo, por su forma de vida es un taxa eutrófilo, oligohalobio, polisaprobio, alfa mesosaprobio, presente en arroyos, corrientes, común en lagos, y manantiales con baja conductividad (Cantoral, 1997).

Navicula radiosa Kützing 1844

Sinónimos: *Pinnularia radiosa* (Kützing) Rabenhorst

Navicula radiosa var. *radiosa* (W. Smith) Grunow

Morfología. Posee una valva lineal lanceolada, ápices agudos redondeados, área axial estrecha, estrías gruesas, radiales al centro de la valva, convergentes hacia los extremos. Largo 42-75 μm , ancho 10-12 μm , estrías 9-12/10 μm (central), 11/10 μm (polos).

Ecología: Presente en pozos sin corriente, zonas de deslizamiento, rápidos y manantiales. Forma parte de crecimientos hemisféricos sobre sustrato lodoso, mechones de filamentos, tapetes, es un taxa perifítico en lagos.

Presenta un ph alcalifilo, alcalibióntico, por su forma de vida es un taxa eutrófico, mesotrófico, mesohalobio, oligosaprobio, oligosaprobio, presente en arroyos, rios, lagos, pozos, manantiales, es una especie aerófila, euplanctónica, perifítica común en habitats, es un taxa epilítico presente en todos los rangos de temperatura.. Aguas dulces neutras, soportando cierto contenido de sales; aguas no contaminadas, es indiferente al calcio (Krammer & Lange-Bertalot, 1991).

Pinnularia Ehrenberg 1843

Células solitarias o raramente en colonias en cinta, contorno elíptico alargado o lanceolado. Polos redondeados o capitados, márgenes laterales convexos, ondulados o rectos y paralelos. Rafe mediano y presenta algunas veces una estructura compleja, que da un aspecto un poco sinuoso. Superficie de la valva con área axial frecuentemente extendida. El resto de la superficie valvar está ornamentada por fuertes costillas, lisas, radiales.

***Pinnularia viridis* (Nitzsch.) Ehrenberg 1843**

Sinónimo: *Bacillaria viridis* Nitzsch. (Krammer & Lange-Bertalot 1986)

Morfología. Se observaron valvas lineares con un borde irregular, ligeramente abultado en los extremos y en el centro. Los extremos son redondeados. El área axial es amplia, el área central es ligeramente redondeada. El rafe es sinuoso, con las fisuras proximales conspicuas, las fisuras distales están divididas en dos secciones, una recta y la segunda enrollada formando una "lengua".

El nódulo central está reforzado. Las estrías se observan aparentemente gruesas, debido a la presencia de cámaras internas. Su longitud va de 50 a 170 µm, con diámetro que varía de 10 a 30 µm y de 6 a 12 estrías en 10 µm.

En la región estudiada nuestros ejemplares poseen 66 µm de longitud, 12 µm de diámetro y 12 estrías en 10 µm, que concuerdan con las medidas y figuras obtenidas por Krammer & Lange-Bertalot 1986 (Pág. 194:1-4; 195:1-5).

Ecología. Esta especie se encuentra frecuentemente sobre las rocas. Tolerancia bien la desecación del medio, un bajo grado de contaminación, al igual que un bajo contenido de sal (Krammer & Lange-Bertalot 1986).

Epithemia De Brébisson 1838

Vista valvar, células recurvadas con polos redondeados o capitados, margen dorsal convexo y ventral concavo (raramente recto). Canal ratidiano con dos ramas recurvadas que forma un ángulo más o menos abierto, frecuentememnte obtuso. Superficie valvar disectada por costillas transversales fuertes, perpendiculares, el márgen dorsal convexo, entre costillas se observan estrias finas y delgadas, con areolación visible que forma un cuadrículado irregular. Vista singular rectangular. Células solitarias, epifitas sobre algas, se fijan por el lado concavo. Un solo plasto por celula.

***Epithemia adnata* (Kützing) Brébisson 1838**

Sin.: *Frustulia adnata* Kützing, *Navicula zebra* Ehrenberg, *Eunotia zebra* (Ehrenberg) Ehrenberg, *Epithemia zebra* (Ehrenberg) Kützing, *Cystopleura zebra* (Ehrenberg) Kuntze.

Morfología. Se detectaron valvas asimétricas dorso-ventralmente, curvas con extremos más o menos rostrados. El ángulo del rafe se inserta en el interior de la superficie valvar, en el borde ventral, formando una V invertida. Las fíbulas forman gruesas costillas, radiales, con estrías en forma de areolas. Su longitud va de 15 a 150 μm , posee un diámetro que va de 7 a 14 μm , tiene de 12 a 15 areolas en 10 μm , sus fíbulas van de 2 a 4 en 10 μm .

En la región estudiada esta especie tiene 55 μm de largo, presenta 10 μm de diámetro y tiene 3 fíbulas en 10 μm , Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras dadas por Krammer & Lange-Betalot, 1997. (Pág. 107; Fig. 1-11).

Ecología. Habita en aguas con pH de 7, aunque tiene un buen desarrollo en aguas con pH por debajo de 7 hasta alcalinas (intervalo de 4.7 a 9.0), su pH óptimo es de 8.2 a 8.5. Tolera pequeñas concentraciones de sal. Esta especie es característica de aguas limpias, aunque también se ha observado en zonas con contaminación o β -mesosaprobias.

Se registra en aguas corrientes y estancadas. Es una especie perifítica, euritermal, mesotermal o eutermal (Lowe, 1974).

***Epithemia turgida* (Ehr.) Kütz. 1844**

Sin.: *Navicula turgida* Ehr., *Frustulia picta* Kütz., *Eunotia turgida* Ehr., *Epithemia pictum* (Kütz.) Brébisson, *E. irregularis* Andrews, *E. emarginata* Andrews, *E. andrewsii* Stoermer & Yang. (Krammer & Lange-Bertalot 1988).

Morfología. Se observaron valvas asimétricas dorso-ventralmente. Tiene un márgen ventral ligeramente cóncavo con extremos redondeados. El canal del rafe lateral está pegado al márgen valvar, hacia el centro presenta una forma de V invertida. Medidas obtenidas: Su longitud va de 45 a 200 μm , las estrías

radiales, punteadas que va de 7 a 9 en 10 μm . Las fíbulas forman fuertes costillas que van de 3.5 a 5 en 10 μm . Su diámetro va de 13 a 35 μm .

En la zona estudiada nuestros ejemplares presentan 170 μm de longitud, un diámetro de 22 μm , 7 estrías en 10 μm y presenta 4 costillas en 10 μm , que concuerdan con las ya establecidas por Krammer & Lange-Bertalot, 1997 (Pág. 109; Fig. 4-7).

Ecología. Habita en aguas dulces y salobres en forma litoral bentónica, especialmente en aguas estancadas, es una especie alcalífila (Lowe, 1974).

Rhopalodia O. Müller 1897

Células en vista valvar muy estrecha, en vista conectiva es fuertemente ancha, la sección transversal sigue el plano transapical dando forma de un trapecio, donde las bases están formadas en gran parte por las cinturas; en vista valvar la célula es más o menos recurvada con un margen convexo y el otro concavo. El costado convexo es frecuentemente escotado en su centro, este es recorrido por el canal rafidiano, está localizado dentro de una cresta saliente. La valva está ornamentada por costillas perpendiculares al borde convexo, entre estas se observa como en *Epithemia*, las estrías más finas con una redequilla cuadrículada de aerolas muy delicadas. Con un plasto único en forma de lámina por célula.

***Rhopalodia gibba* (Ehrenberg) O Müller 1895**

Sin. *Navicula gibba* Ehrenberg, *Epithemia gibba* (Ehrenberg) Kützing, *Cystopleura gibba* (Ehrenberg) De Toni

Morfología. Se detectó una frústula lineal con la valva ligeramente curvada en la parte ventral, presenta un vértice hacia el centro, tiene ápices ligeramente curvados; el rafe se manifiesta sin nódulos visibles, con curvaturas en la mitad, esto debido a la forma de la valva. Su longitud va de 22 a 300 μm , con un diámetro que varía de 7 a 13 μm y tiene de 12 a 17 costillas en 10 μm .

En la zona de estudio nuestros ejemplares presentan una longitud de 33 μm , un diámetro de 7 μm , y 12 costillas en 10 μm , nuestros ejemplares con la descripción y las figuras obtenidas por Krammer & Lange-Bertalot 1997. (Pág. 110: Fig. 1; 111: 1-13).

Ecología. Se reporta en pozos estancados, charcos, zonas de deslizamiento con velocidad en corrientes lentas, ríos, manantiales, lagos, sedimentos fósiles, paredones, corrientes, presas, pozos, cenotes de agua termal; es una especie perifítica, epífita, epipélica, ticopláctónica, sus rangos de pH van de alcalífilos a alcalibionticos, es indistinta que va de aguas de eutróficas, a oligohalobias, mesosaprobias, alfa y β -mesosaprobias, oligosaprobias. Es una especie mesotermal, eutermal, con conductividades de 400 a 20 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Fosfatos totales de 0.02 a 0.83 mg/H.

Se reporta como frecuentemente epífita, y en aguas de moderada hasta ligeramente alta conductividad; en ríos, corrientes, presas, sedimentos de manantiales, entre musgos, corrientes suaves; zonas litorales (Lowe, 1974).

***Rhoicosphenia curvata* (Kützing) Grunow 1864**

Sin: *Gomphonema abbreviatum* C.Agardh 1831, *Gomphonema curvatum* Kützing 1833, *Rhoicosphenia abbreviata* (C.Agardh) Lange-Bertalot 1980

Morfología. Su longitud va de 10 a 75 μm , un diámetro de 3 a 8 μm y posee de 15 a 20 estrías en 10 μm .

En la región estudiada nuestros ejemplares presentan una longitud de 36 μm , un diámetro de 6 μm y posee 15 estrías en 10 μm , por lo tanto coinciden con las medidas y figuras obtenidas por Krammer & Lange-Bertalot 1986. (Pág. 622; Fig. 91:20-28).

Ecología. Esta especie vive como epífita en macrófitas o como una forma epipélica. La especie es considerada como oligohalobia, o halófila, alcalífila, se ha registrado en lagos poco profundos (Gasse, 1986).

***Nitzschia* Hassall 1845**

Células solitarias o en colonias. Forma de las valvas muy variable, lineales, elípticas, rectas o sigmoides; constreñidas o hinchadas en la parte media, con los polos redondeados o capitados, algunas veces muy alargados. Canal rafidiano profundo dentro de una carena saliente, algunas veces central pero frecuentemente lateral o marginal. Fíbulas en canales visibles, algunas veces alargados. Poro central corresponde al nódulo medio, esta presente o ausente. Valva ornamentada en los lados, estrías transversales lisas o punteadas.

***Nitzschia amphibia* Grunow 1862**

Morfología. Posee una valva lanceolada con extremos agudos, carena marginal; estrías con poroides visibles. Largo de 6-50 μm , ancho 4-6 μm , con fíbulas fuertemente punteadas 7-9/10 μm , estrías 13-18/10 μm .

Ecología: Esta especie es muy cosmopolita se encuentra desde charcas estancadas, pozos con flujo suave, y habitats reófilos de distinta energía.

Forma parte de crecimientos porosos, son especies epilíticas, perifíticas, presenta un pH de alcalifilo a alcalibionticos, son muy comunes en ambientes eutróficos hipertróficos en México son oligohalobias α -mesosaprobio. Son taxa perifíticos, epifíticos, con distintas tolerancias a condiciones de temperatura. Común sobre macrófitas dentro de estanques y cuerpos de agua permanentes de distintos grados de contaminación, en ambientes de alta conductividad.

Presente en un amplio intervalo de condiciones ambientales, especialmente en zonas donde varía el nivel del agua, aguas muy duras (más de 537 ppm de CaCO_3) (Krammer & Lange-Bertalot, 1991).

***Nitzschia clausii* Hantzsch 1860**

Sinonimos: *Nitzschia sigma* var. *curvula* (Ehrenberg) Brun
Nitzschia sigma var. *clausii* (Hantzsch) Grunow

Morfología. Posee una valva lanceolada sigmoide; extremos ligeramente rostrado capitados, carina visible, estrias muy finas. Largo 20-55 μm , ancho 3-5 μm , fibulas 10-13/10 μm -

Ecología: Es una especie perifítica, muy común en ríos. Presenta un pH alcalifilo, por su forma de vida es un taxa eutrófico, mesohalobio, oligohalobio, saproxeno, α -mesosaprobio, es un taxa reófilo, epilítico, béntico, perifítico, presente en ríos. Por su presencia junto con *Navicula geoppertiana* y *Nitzschia intermedia*, se consideran como indicadores de contaminación (Germain, 1981); presente en aguas con alta conductividad, aguas duras (322.2 ppm de CaCO_3), aguas con altas concentraciones de oxígeno disuelto (Krammer & Lange-Bertalot, 1991).

***Nitzschia dissipata* (Kützing) Grunow 1862**

Sinonimos: *Synedra dissipata* Kützing
Nitzschia minutissima W. Smith

Morfología. Posee una valva lanceolada, extremos ligeramente rostrados; estrias muy finas.

Largo 12.5-85 μm , ancho 3-8 μm , costillas 5-11/10 μm .

Ecología: Es un taxa perifítico, presenta un pH alcalifilo, alcalibióntico, por su forma de vida es un taxa perifítico, epifito, epilítico, béntico eutrófico, mesotrófico, oligohalobio, β -mesosaprobio, reófilo, presente en lagos, pozos, estanques, mesotermal, oligotermal, euritermal. Algunas veces forma tubos mucosos (Germain, 1981), aguas de media a alta conductividad (Krammer & Lange-Bertalot, 1991).

***Nitzschia intermedia* Hantzsch ex Cleve & Grunow 1880**

Morfología. Posee una valva lineal lanceolada, con una ligera depresión en la región media, carina marginal, estrias finas paralelas. Largo 53-58 μm , ancho 5-7 μm , fibulas 9/10 μm , estrias 22/10 μm .

Ecología. Es un taxa perifítico, epilítico, presenta un pH eutrófico, euplanctónico por su forma de vida es un taxa oligohalobio, β -mesosaprobio, presente en ríos. Común en ambientes litorales en lagos, raramente planctónica, presente comúnmente en aguas con alta conductividad (Krammer & Lange-Bertalot, 1991).

***Nitzschia palea* (Kützing) W. Smith**

Sinónimos: *Synedra palea* Kützing; *Nitzschia accommodata* Hustedt (Krammer & Lange-Bertalot 1988).

Morfología. Posee valvas lineares y adelgazadas hacia los extremos en forma de cuña. Su longitud va de 15 a 70 μm , con diámetros de 2.5 a 5 μm , posee de 9 a 17 fíbulas en 10 μm , se detecta un gran número de estrías, estas van de 28 a 40 en 10 μm .

En la zona estudiada esta especie presenta una longitud de 28 μm , un diámetro de 4 μm y posee 17 fíbulas en 10 μm , Nuestros ejemplares coinciden con las medidas y figuras de Krammer & Lange-Bertalot 1997 (Pág. 59:1-24; 60:1-7).

Ecología. Es una especie epipélica, epilítica, se encuentra en aguas alcalinas, con un amplio rango de conductividad, se le ha observado en lugares ricos en oxígeno, su pH óptimo es de 8.4, es una especie indicadora de eutroficación. (Gasse 1986).

***Cymatopleura elliptica* (Brébisson) W. Smith 1851**

Sinonimos: *Surirella elliptica* Brébisson ex specium in Kützing

Morfología. Posee valvas elípticas con extremos redondeados, ondulaciones en la valva. Borde de la valva con canal rafidiano. Largo 97-99 μm , ancho 51-56 μm , estrías 25/10 μm , costillas 20/10 μm .

Ecología: Es un taxa perifítico, presenta un pH alcalifilo, presente en aguas eutróficas, mesotrófico, β -mesohalobio, oligohalobio, β -mesosaprobio, es un taxa euplanctónico, béntico, por su temperatura es mesotermal. Es muy distintiva en sedimentos de ríos, pelágica en lagos; es distintiva en aguas con alta conductividad (Lowe, 1974).

***Surirella* Turppin 1828**

Valvas de formas variables, con contorno elíptico, lanceoladas, lineales, algunas estrechas en la región media o torcidas en hélice; hetero e isopolares. Vista singular rectangular o cuneada. Vista valvar, se hace aparente el canal rafidiano en todo el contorno valvar. Superficie valvar con costillas radiales. Formas heteropolares en vista singular son cuneiformes. Un plasto con dos lóbulos.

***Surirella minuta* Brèbisson in Kützing 1849**

Morfología. Posee valvas con formas variadas. Largo 9-47 μm , ancho 9-11 μm , estrías 21-29/10 μm , fíbulas 60-80/10 μm .

Ecología. Es una especie cosmopolita, presente en aguas con electrolitos frecuentes y con una eutrofización muy elevada, presente en ríos y arroyos, en zonas con latas corrientes. Presente en zonas de alta conductividad eléctrica (106.8-489 $\mu\text{s/cm}$), sólidos totales disueltos de 50.6 a 274 mg/l, con un pH neutro (Cantoral, 1997).

Con el propósito de correlacionar las asociaciones de diatomeas con los parámetros físico-químicos que resultaran en la conformación de un esquema de tendencias de calidad del agua en el río Angulo se tomaron en cuenta los parámetros medidos en campo con la distribución puntual de diatomeas (Tabla No.1).

Tabla 1. VARIABLES AMBIENTALES REUNIDAS POR LOWE 1974, EN CANTORAL-URIZA, 1997.

Espectro de pH	Acidobiótico Acidófilo Neutral Alcalófilo alcalibiótico	Menos de 5.5 Menor de 7 Alrededor de 7 Sobre 7 Aguas alcalinas
Espectro de nutrientes	Eutrófico Mesotrófico Oligotrófico Distrófico	Alto Moderado Bajo Rico en materia orgánica
Espectro de salinidad (concentración de sales, mg/l)	Polihalobio Euhalobio Mesohalobio Rango alfa Rango beta Oligohalobio Halófilo Indiferente Halófilo Eurihalobio	Sobre 40,000 Formas marinas 30,000 a 40,000 Formas de aguas salobres 500 a 30,000 10,000 a 30,000 500 a 10,00 Formas de aguas dulces menores de 5,000 Estimulado por pequeñas concentraciones Tolerantes a pequeñas concentraciones No tolerante a pequeñas concentraciones Amplio rango
Espectro saprobio (nitrógeno heterotrófico)	Polisaprobio Mesosaprobio Rango alfa Rango beta Oligosaprobio Saprobio Saproxeno Saprobio	Zona de degradación, putrefacción, oxígeno ausente Zona donde ocurre oxidación de desechos orgánicos Contaminación fuerte en forma de aminoácidos Contaminación en forma de compuestos de amino Zona de biodegradación de compuestos completa Aguas contaminadas y hábitat con aguas limpias Hábitat con aguas limpias y con contaminación Aguas que no están expuestas a contaminantes

Espectro de corriente	Limnobiótico Limnófilo Indiferente Reófilo Reobiótico	Solo aguas estancadas Aguas estancadas, pueden estar en aguas corrientes Común en aguas con flujo y estancadas Aguas corrientes, pueden estar en aguas estancadas Solo en aguas corrientes
Hábitat general	Marino Estuario Lago Posa Río Manantial y corriente Aerobio Otros	Océanos y mares Estuarios y hábitat de aguas salobres Cuerpos continentales de aguas estancadas Pequeños cuerpos de agua estancadas Grandes corrientes Pequeñas corrientes Hábitat no sumergidos Varios
Forma de vida	Euolantónico Ticoplanctónico Perifítico Epipélico Epilítico Epidéndrico Epifítico Epizóico Béntico Libre	Suspendido en el agua Asociado con perifiton o habitats terrestres Sobre sustrato y sumergido sobre objetos Sobre lodo Sobre rocas Sobre madera Sobre plantas Sobre animales Normalmente sésil en el fondo Motil
Espectro de temperatura (T°C)	Eutermal Mesotermal Oligotermal Estenotermal Metatermal Euritermal	Aguas calientes, 30° Aguas templadas, 15 a 30° Aguas frías, 0 a 15° Angosto rango de variación en temperatura 5 a 15° Amplio rango de variación en temperatura

4.3 Físicoquímicos

En los muestreos del río Angulo (secas/pos lluvias) se analizaron los parámetros correspondientes a la calidad del agua tales como: conductividad, pH, temperatura, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, turbidez, sólidos disueltos totales, alcalinidad, nitritos, nitratos, fosfatos, amonio, clorofilas y alcalinidad. Estos datos fueron comparados con la norma de calidad del agua para ríos: NOM-001-ECOL-1996.

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA CONTAMINANTES BASICOS

PARAMETROS (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	RIOS					
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)	
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25
Materia Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	75	125	40	60
Demanda Bioquímica de Oxígeno	150	200	75	150	30	60
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25
Fósforo Total	20	30	20	30	5	10

Tabla 2. Norma Ecológica para ríos, 1996.

En la siguiente tabla 3 se describen los parámetros que se tomaron en cuenta para la toma de datos físicoquímicos:

Parámetros	Unidad de medida
Temperatura	°C
pH	Adimensional
Oxígeno Disuelto	mg/l
Demanda Química de Oxígeno	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l
Turbidez	NTU
Sólidos Disueltos Totales	mg/l
Conductividad	µs/cm

Tabla 3. Medidas para los datos fisicoquímicos.

La época de secas esta representada por la tabla No.4 y la época de poslluvias esta representada por la tabla No. 5. Para los datos de elementos mayores en el río Angulo se muestran en la tabla No. 6.

Localidad	pH	Temperatura	Conductividad	OD	SDT
Manantial Zarcita	7.0	17.5	0.45	7.28	0.33
Zacapu	8.0	18	1.22	6.69	1.2
Tarejero	6.7	19.5	0.548	2.68	0.45
Est 3	6.8	19.6	0.699	2.51	0.5
Lienzo Charro	6.9	19.3	0.725	2.16	0.52
El Ranchito	7.0	17.7	0.51	8.6	0.45
Panindicuaro	6.9	17.3	0.636	4.2	0.45
El Salto	7.0	16.9	0.681	8.73	0.52
Presa El Rosario	7.6	19	0.637	10.72	0.46
Manantial El Rosario	7.4	19.2	0.669	11.79	0.48
Angamacutiro	6.2	15	0.871	7.24	0.6
Santiago Conguripo	6.3	15.7	1.01	4.1	0.7

Tabla 4. Matriz de físico-químicos temporada de secas del río Angulo (2005).

Localidad	pH	Temperatura	Conductividad	OD	SDT
Manantial Zarcita	7.36	17	154	7.0	86
Zacapu	7.3	21	440	7.8	228
Tarejero	7.4	21	243	1.6	122.7
Est 3	7.4	20	217	2.54	115
Lienzo Charro	7.2	21	237	1.4	129.9
El Ranchito	7.6	21	237	8.72	126.6
Panindicuaro	7.4	20	234	4.27	125.7
El Salto	7.6	18	249	8.3	137
Presa El Rosario	8.8	20	137.2	9.24	137.2
Manantial El Rosario	6.8	22	566	1.58	298
Angamacutiro	7.2	17	351	5.54	199.2
Santiago Conguripo	8.0	19	436	5.82	234

Tabla 5. Matriz de físico-químicos temporada de pos lluvias del río Angulo (2005).

Localidad	Tipo de muestra	Elementos mayores	Elementos mayores	Elementos mayores	Elementos mayores	Elementos mayores	Elementos mayores	Elementos mayores
		Na (ppm)	Mg (ppm)	Al (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)
Río Angulo (Zacapu)	Agua	21.004	14.15	0.215	6.494	20.47	0.224	0.00618
Río Angulo (Presa el Rosario)	Sedimento	100.09	1252.05	817.5	124.115	2391.27	207.505	0.6247

Tabla 6. Matriz de elementos mayores en el río Angulo.

4.3.1 Análisis fisicoquímicos para el periodo de secas:

A partir de los resultados mostrados en las tablas 2 y 3 se observa que las localidades de Manantial Zarcita, Zacapu, Tarejero, Lienzo Charro, El Ranchito, El Salto, Panindicuaro, Presa El Rosario muestran valores que caen dentro de la norma como no contaminados. En cambio, para las localidades de Est 3, Manantial El Rosario, Angamacutiro y Santiago Conguripo si presentan contaminación.

El Manantial El Rosario registró abundante carga de materia orgánica e inorgánica además de aguas que tienen rangos de dureza muy amplios

4.3.2 Análisis fisicoquímicos para el periodo de pos lluvias:

Para las localidades de El Ranchito, El Salto y Presa El Rosario no están contaminados, en cambio las localidades de Manantial Zarcita, Zacapu, Tarejero, Est 3, Lienzo Charro, Panindicuaro, Manantial El Rosario, Angamacutiro y Santiago Conguripo si registran valores altos de contaminación que sobrepasan la Norma (NOM-001-ECOL-1996) y se asocian a abundante carga de materia orgánica.

4.4 ESTADÍSTICA

Se analizaron las bases de datos tanto para secas como para pos lluvias que fueron integrados para someterlos a análisis de correspondencia, de componentes principales y de correspondencia canónica, como se muestra a continuación.

De las matrices de datos se eliminaron los parámetros correspondientes a turbidez, nitratos, nitritos, fosfatos, amonio, clorofilas y alcalinidad, debido a que eran valores muy bajos, y por ende, poco significativos, lo que no mostraban diferencia estadísticamente.

a) Análisis de correspondencia (Cluster)

El análisis de correspondencia permitió determinar como se agrupan las localidades de acuerdo a sus condiciones físicas. Primeramente se describe la época de secas y posteriormente la época de pos lluvias.

En la figura 6 aplicando el método de Ward que arroja un grado de confiabilidad del 95% ($p=0.05$). Se observa que se forman dos grupos para la época de secas

En las localidades de Manantial Zarcita, Zacapu, el Ranchito, el Salto, Presa el Rosario, Angamacutiro y Santiago Conguripo se agrupan en el grupo 1 (rojo); y para Tarejero, Est 3, Lienzo Charro, Panindicuaro y Manantial el Rosario se agrupan en el grupo 2 (verde). Es decir, que los valores de los parámetros fisicoquímicos son muy semejantes entre sí, tanto para el grupo 1 y el grupo 2.

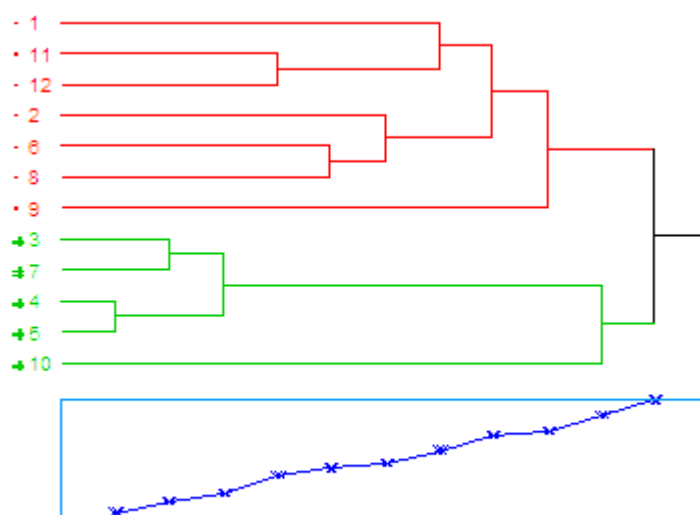


Figura No. 6. Análisis aglomerativo de datos para temporada de secas del río Angulo (2005). (Método de Ward). 1. Manantial Zarcita, 2. Zacapu, 3. Tarejero, 4. Est 3, 5. Lienzo Charro, 6. El Ranchito, 7. Panindicuaro, 8. El

Salto, 9. Presa El Rosario, 10. Manantial El Rosario, 11. Angamacutiro, 12. Santiago Conguripo.

En el muestreo de pos lluvias se integran cuatro grupos (Fig. No. 7), en los cuales las localidades de Manantial Zarcita, Tarejero, Est 3, Lienzo Charro, Presa el Rosario y Manantial el Rosario se agrupan en el grupo 1 (rojo); para el Ranchito, Panindicuro y el Salto se agrupan en el grupo 2 (naranja); Zacapu esta agrupado en el grupo 3 (verde) y Angamacutiro y Santiago Conguripo están en el grupo 4 (azul). Es decir, que los valores de los parámetros fisicoquímicos son muy semejantes entre sí, tanto para el grupo 1, el grupo 2, el grupo 4 mientras que el grupo 3 es diferente a los otros.

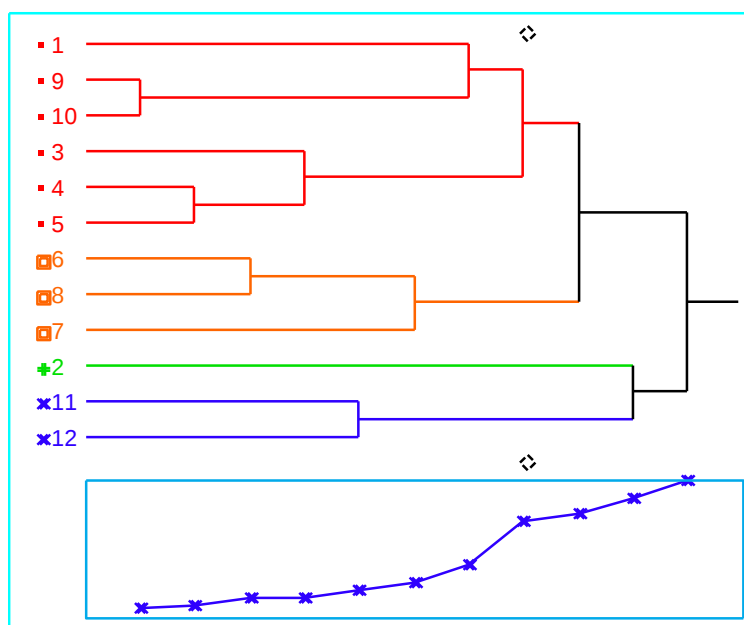


Figura 7. Análisis aglomerativo de datos para el periodo de pos lluvias del río Angulo (2005). (Método de Ward). 1. Manantial Zarcita, 2. Zacapu, 3. Tarejero, 4. Est 3, 5. Lienzo Charro, 6. El Ranchito, 7. Panindicuaro, 8. El Salto, 9. Presa El Rosario, 10. Manantial El Rosario, 11. Angamacutiro, 12. Santiago Conguripo.

b) Análisis de componentes principales (ACP)

El objetivo de realizar este análisis es conocer si existía una relación entre los parámetros físico químico y las localidades.

Mediante un ACP por medio del programa JMP. Los parámetros físicos y químicos que no mostraban diferencias entre las localidades se muestran en la fig.8.

En este caso el eje de las "X" representa el Componentes Principal 1; el eje "Y" el Componente Principal 2 y el eje "Z" el Componente Principal 3.

Se observa en la figura que el grupo 1 (rojo) tiene más afinidad por valores de pH, conductividad, sólidos totales disueltos y oxígeno disuelto, en cambio, para el grupo 2 (verde) tienen más afinidad por la velocidad de la corriente y la temperatura.

El eje 1 mostró un 43% de relación entre las variables; 68% para el eje 2, y para el eje 3 un 85% con una probabilidad del 95% ($p=0.05$).

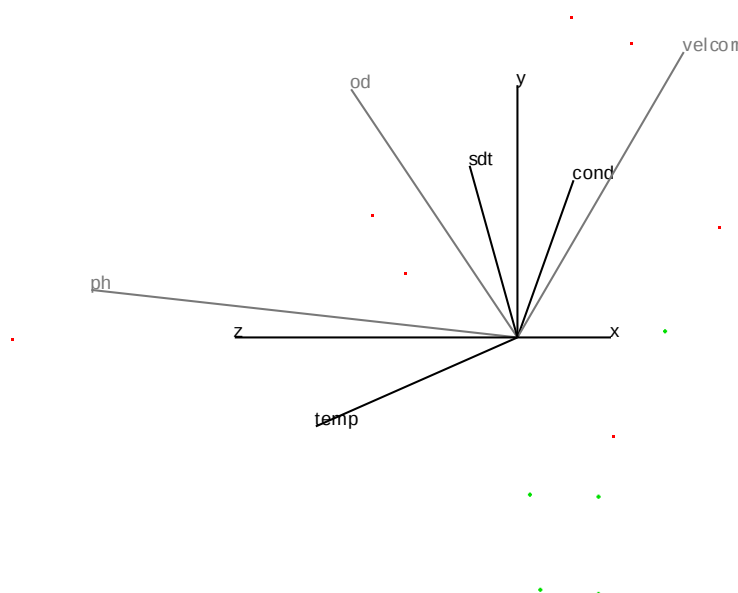
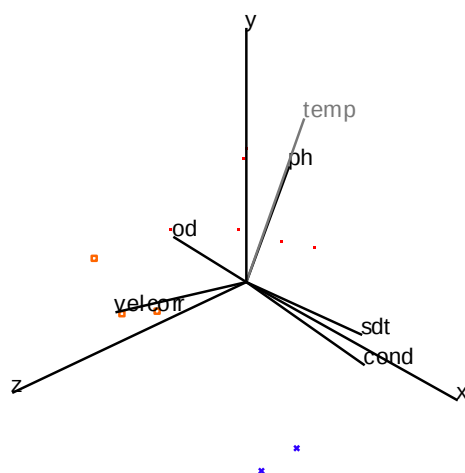


Figura 8. Análisis de Componentes Principales para la época de secas del río Angulo. 1. Manantial Zarcita, 2. Zacapu, 3. Tarejero, 4. Est 3, 5. Lienzo Charro, 6. El Ranchito, 7. Panindicuaro, 8. El Salto, 9. Presa El Rosario, 10. Manantial El Rosario, 11. Angamacutiro, 12. Santiago Conguripo.

En este caso el eje de las "X" representa el Componentes Principal 1; el eje "Y" el Componente Principal 2 y el eje "Z" el Componente Principal 3.

En la siguiente figura 9 se observa que el grupo 1(rojo) tiene más afinidad por los valores de pH y temperatura; para el grupo 2 (naranja) se caracterizan por su afinidad por los rangos de oxígeno disuelto y la velocidad de la corriente; en

El eje 1 mostró un 35% de relación entre las variables; 63% para el eje 2, y para el eje 3 un 83% con una probabilidad del 95% ($p=0.05$).



El objetivo de realizar este análisis es conocer si existía una relación entre los datos físico químicos y elementos mayores (Fig.10). En este caso el eje de las “X” representa el Componentes Principal 1; el eje “Y” el Componente Principal 2 y el eje “Z” el Componente Principal 3. Se observa en la figura 17 que los iones de Na y Ca sobresalen en la gráfica a diferencia de los demás elementos en la muestra de agua. El eje 1 mostró un 58% de relación entre las variables; 75% para el eje 2, y para el eje 3 un 85% con una probabilidad del 95% ($p=0.05$).

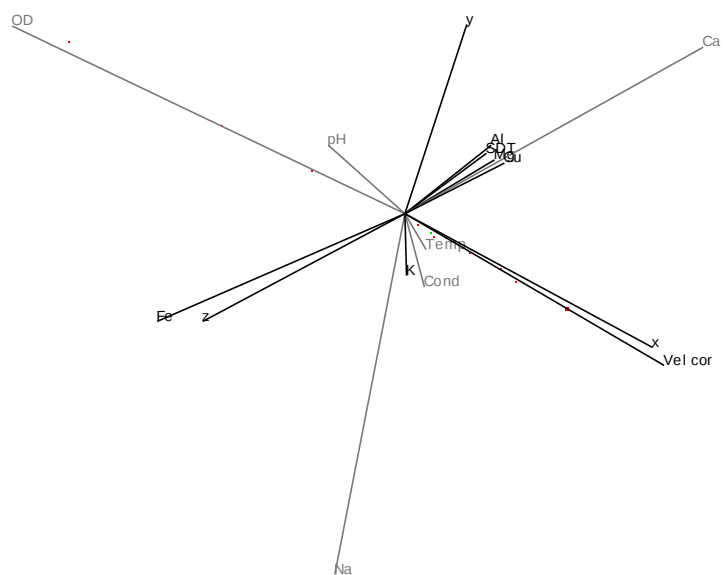


Figura 10. Análisis de Componentes Principales para el análisis de iones en el agua del río Angulo.

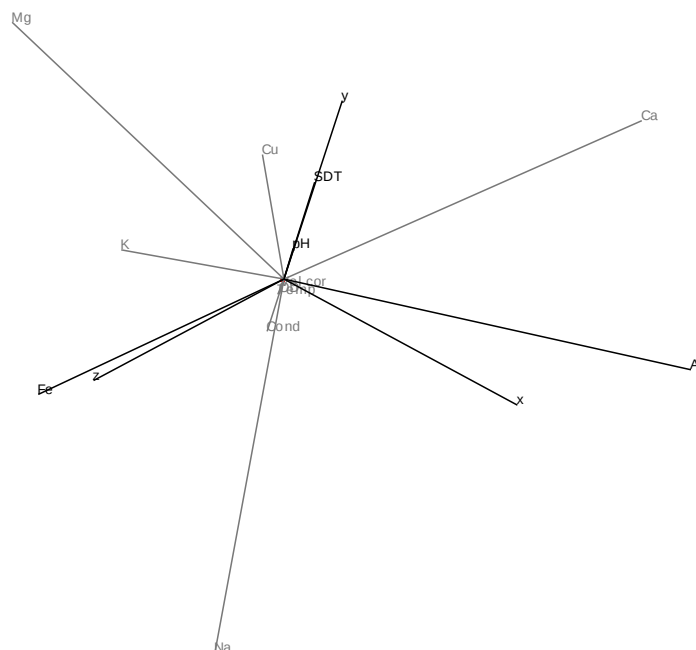


Figura 11. Análisis de Componentes Principales para el análisis de sedimentos en el río Angulo.

En este caso el eje de las “X” representa el Componentes Principal 1; el eje “Y” el Componente Principal 2 y el eje “Z” el Componente Principal 3.

Se observa en la figura 11 que los iones de Mg, Na y Ca sobresalen en la gráfica a diferencia de los demás elementos en la muestra de sedimento. El eje 1 mostró un 56% de relación entre las variables; 86% para el eje 2, y para el eje 3 un 95% con una probabilidad del 95% ($p=0.05$).

Los elementos que se distinguen en los sedimentos están directamente asociados a los materiales volcánicos que conforma la cuenca dominando los iones de Na y Ca que están relacionados ya sea a las rocas volcánicas del substrato, (plagioclasas) que se observan en las láminas delgadas así como a los aportes antrópicos agrícolas e industriales.

c) Análisis de Correspondencia Canónica (ACC)

Se utilizó el programa MVSP (Multi-Variate Statistical Package) versión 3.0 para conocer la relación existente entre los valores físicos y químicos con la abundancia de las especies de diatomeas.

Respecto al análisis de correspondencia canónica los resultados de la época de secas reportan un porcentaje de 54% para el eje 1 “X” de relación entre las variables, para el eje 2 “Y” se reporta un 86%, y para el eje 3 “Z” se registra un

95%, lo cual nos proporciona un porcentaje de correlación mayor al 50%, por lo tanto muy confiable (Fig. No. 12).

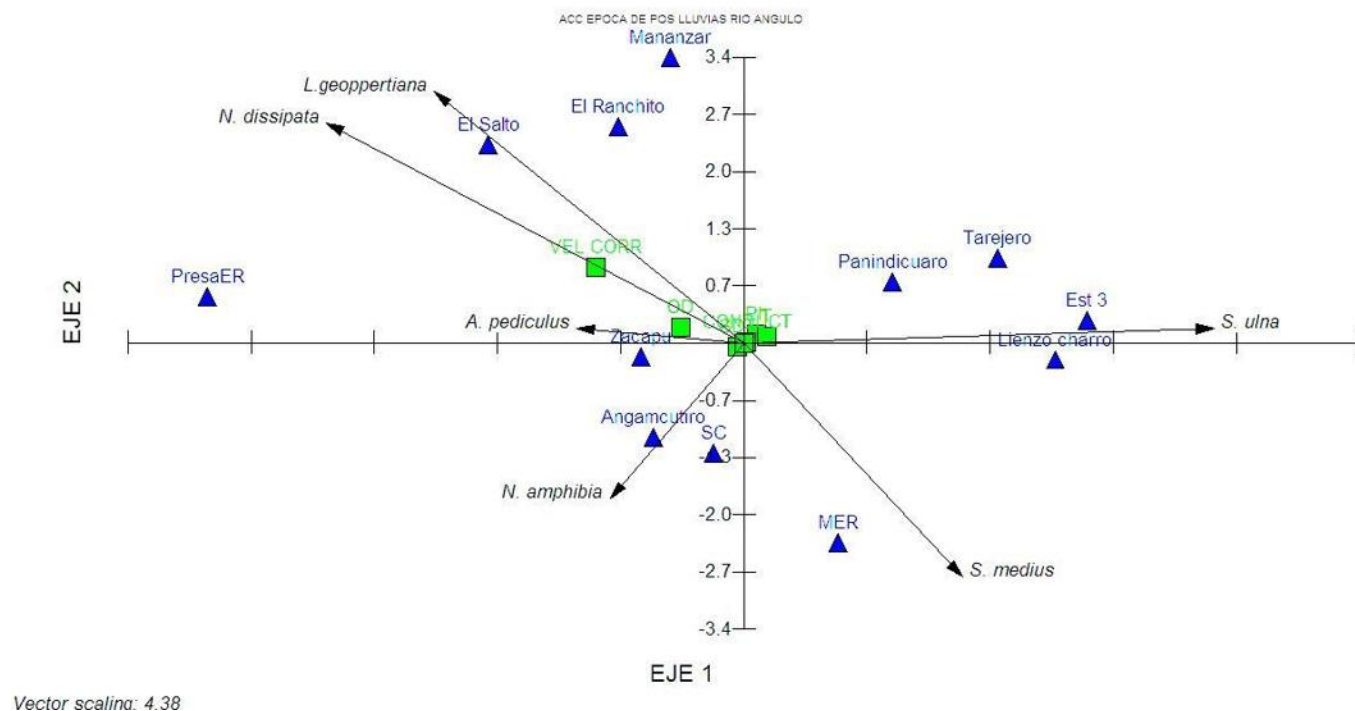


Figura 12. Análisis de Correspondencia Canónica correspondiente a la época de secas del río Angulo.

En la figura anterior se observa que *Stephanodiscus medius* se encuentra en la localidad de Manantial El Rosario, en cambio *Synedra ulna* se localiza en Tarejero, Est 3, Lienzo Charro y Panindicuaro, *Luticola geoppertiana* y *Nitzschia dissipata* se les observa en Manantial Zarcita, El Ranchito y El Salto; *Amphora pediculus* se localiza en Presa el Rosario y Zacapu, y finalmente *Nitzschia amphibia* se registra en Angamacutiro y Santiago Conguripo.

En cuanto a las afinidades fisicoquímicas tenemos que las localidades de El Salto y El Ranchito registran el valor más alto en cuanto a la velocidad de la corriente; Zacapu registra el valor mas alto de oxígeno disuelto; las demás localidades comparten los valores bajos de conductividad, temperatura, pH y sólidos totales disueltos.

De acuerdo a la descripción anterior podemos intuir que las preferencias de los taxas de esta época dependiendo con las condiciones ambientales se registra que *Luticola geoppertiana* y *Nitzschia dissipata* prefieren lugares donde es fuerte la velocidad de la corriente además de preferir luminosidad y oxigenación abundante.

En el caso de *Amphora pediculus* este taxa prefiere lugares con niveles altos de oxígeno disuelto. En cambio, *Nitzschia amphibia* y *Synedra ulna* prefieren en la región habitats con mayor cantidad de nutrientes o altas concentraciones de materia orgánica.

En la figura 13 en la cual se observa el análisis de correspondencia canónica correspondiente a la época de pos lluvias del río Angulo.

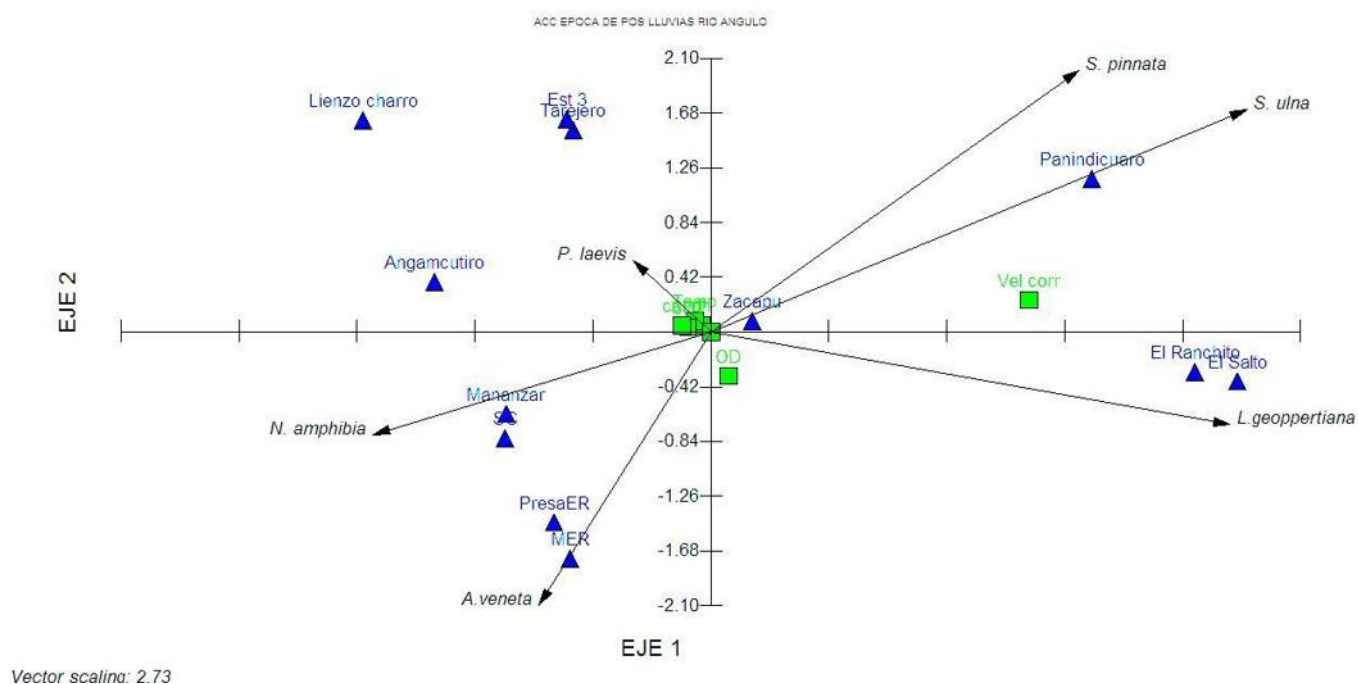


Figura 13. Análisis de Correspondencia Canónica correspondiente a la época de pos lluvias.

Durante la época de pos lluvias se registra un 63% para el eje 1 “X”, para el eje 2 “Y” se tiene un 86% y para el eje 3 “Z” se obtiene un 93% de correlación. En base a los resultados anteriores se registra un porcentaje de correlación mayor del 50%, lo cual nos dice que es un resultado confiable.

Observando la figura 20 se deduce que la especie *Luticola geoppertiana* se encuentra mayormente en las localidades de El Ranchito y El Salto; *Synedra ulna* y *Staurosira pinnata* se registran en Zacapu y Panindicuaro; *Pleurosira laevis* se localiza en Angamacutiro, y finalmente *Nitzschia amphibia* se le localiza en Manantial Zarcita y Santiago Conguripo; *Amphora veneta* se registra en Presa El Rosario y Manantial El Rosario.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos se presentan valores altos de la velocidad de la corriente en El Ranchito y El Salto, el valor más alto de oxígeno disuelto se registra en las localidades de Presa El Rosario y Manantial El Rosario, y los parámetros de pH, temperatura, conductividad y sólidos disueltos totales son valores muy bajos, lo cual se registran en las demás localidades.

De acuerdo a la descripción anterior deducimos que *Luticola geoppertiana*, *Synedra ulna* y *Staurosira pinnata* prefieren aguas con alta velocidad de corriente; en cambio, *Nitzschia amphibia* y *Amphora veneta* prefieren aguas con altos rangos de oxígeno disuelto mientras que *Pleurosira laevis* es común en sitios con altas concentraciones materia orgánica.

4.5 LÁMINAS DELGADAS

Para el estudio de las láminas delgadas se realizaron cortes de roca de los distintos aparatos volcánicos más representativos que drena el río Angulo, en las localidades del Ranchito, Lienzo Charro y Presa el Rosario. Una vez que se obtuvieron las láminas delgadas de dichas rocas se observaron en nicoles paralelos y nicoles cruzados. a través de un microscopio petrográfico con un aumento de 10x.

Los minerales característicos contenidos en los basaltos fueron las plagioclasas cálcicas. El basalto al microscopio presentan textura microlítica y cristales finos que están compuestos esencialmente de labradorita, siendo escasos pero están presentes los piroxenos, junto con cantidades menores de óxidos de hierro y titanio.

La labradorita que corresponde especialmente a la plagioclasa cálcica es un mineral muy frecuente en los basaltos.

Esta roca en muestra de mano presenta una textura porfídica, sus fenocristales son principalmente plagioclasas que al microscopio registran una zonificación probablemente por alteración.

El Ranchito.- Se trata de un basalto que bajo el microscopio representa una textura fina en donde se observan plagioclasas, (Fig. No. 14); y en nicoles cruzados se determinó oligoclasa que presenta un ángulo de extinción de 30° , (Fig. No. 15).



Figura 14. Lámina delgada de la localidad El Ranchito en nicoles paralelos.

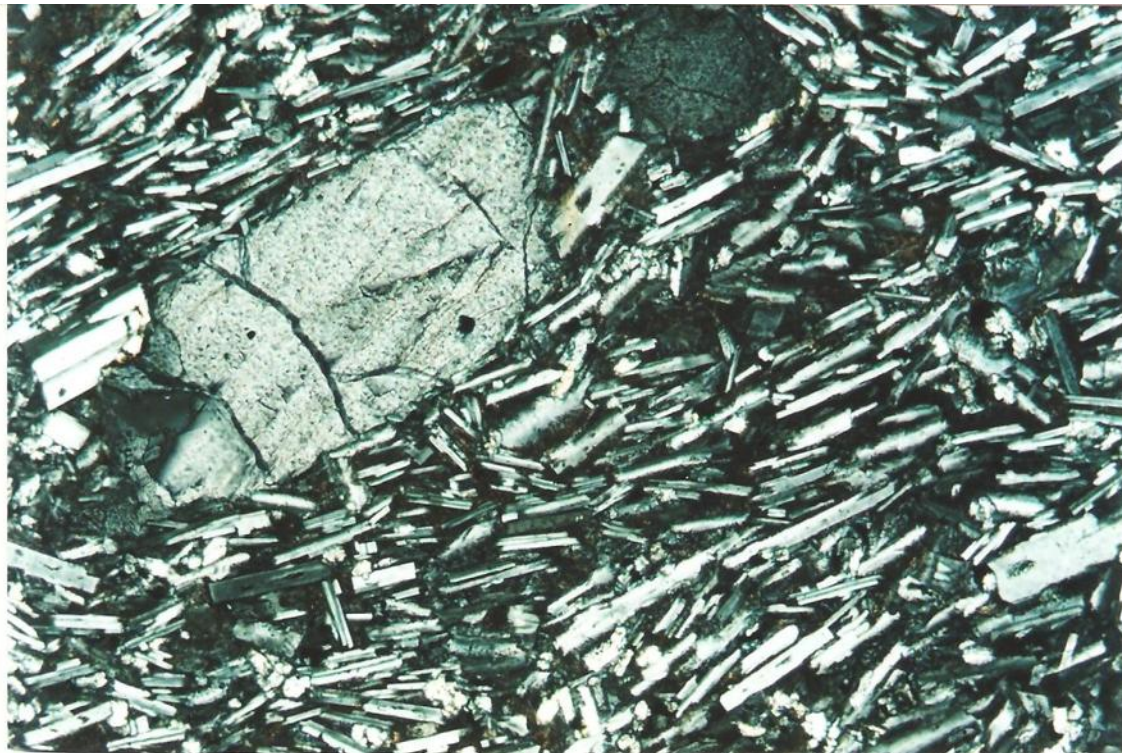


Figura 15. Lámina delgada de la localidad El Ranchito vista en nicoles cruzados.

Oligoclase

Grupo de los feldspatos: subgrupo de la plagioclase

Formula: $(\text{Na}, \text{Ca}) \text{Al} (\text{Si}, \text{Al}) \text{Si}_2\text{O}_8$

Análisis: Na, Ca, K, Sr, Al, Si

Sistema cristalino: triclínico

Relieve: bajo (-) / (+)

Yacimiento: esencial en rocas ígneas ácidas a intermedias.

Lienzo Charro.- Esta roca en lámina delgada muestra abundantes plagioclases con una textura fina (Fig. No. 16); en nicoles cruzados se determinó oligoclase con un ángulo de extinción de 25° (Fig. No. 17). La roca se clasificó como un basalto.

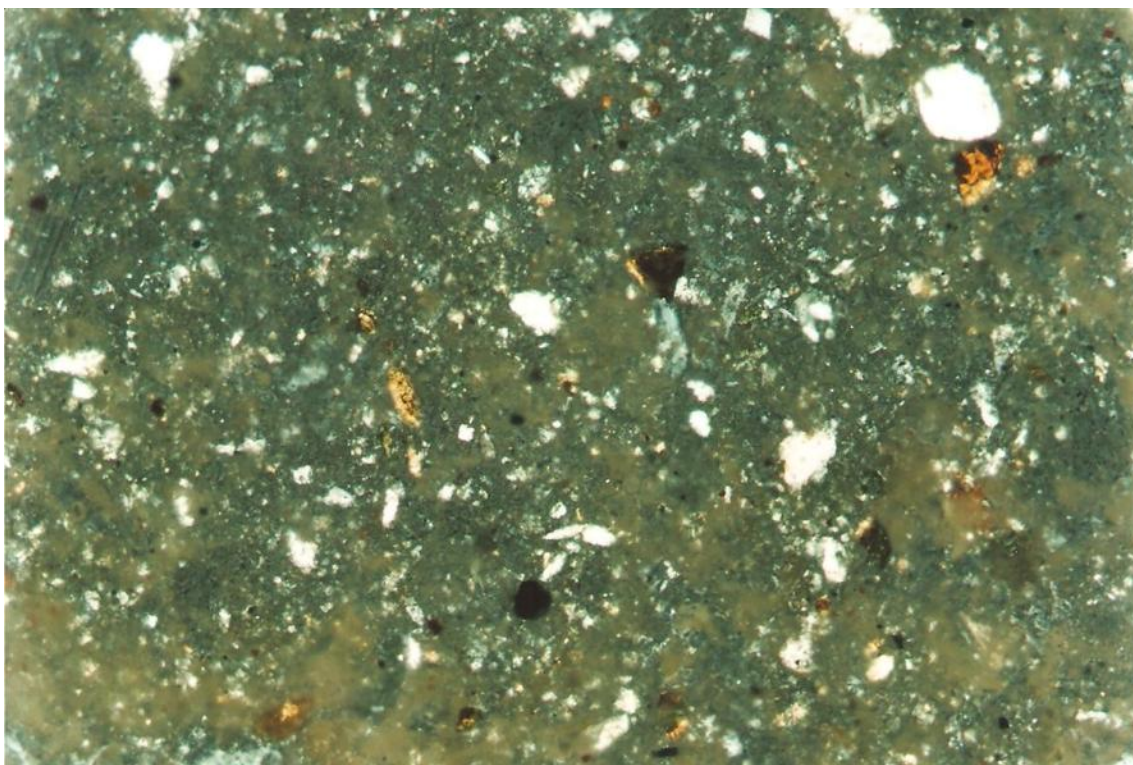


Figura 16. Lámina delgada de la localidad Lienzo Charro vista en nicoles cruzados.



Figura 17. Lámina delgada de la localidad Lienzo Charro vista en nicoles paralelos.

Presa el Rosario.-En nicoles paralelos se observa cuarzo en abundancia, con una textura microlítica, (Fig. No. 18); en nicoles cruzados se observó andesina ya que se presenta un ángulo de extinción de 35° (Fig. No. 19).

Andesina

Grupo de los feldespatos, subgrupo de la plagioclasa

Fórmula: $Ab_{70}-An_{30}$ a $Ab_{50}-An_{50}$ (Na, Ca) Al (Si, Al) Si_2O_8

Análisis: Na, Ca, Sr, K, Al, Si

Sistema cristalino: triclinico

Relieve: bajo (+)

Yacimiento: los propios de rocas ígneas de contenido medio en sílice (dioritas, andesitas).

Los resultados petrográficos son consistentes con el contenido iónico de las aguas del Río Angulo en donde el calcio y sodio son los iones dominantes indicando una contribución importante del substrato.

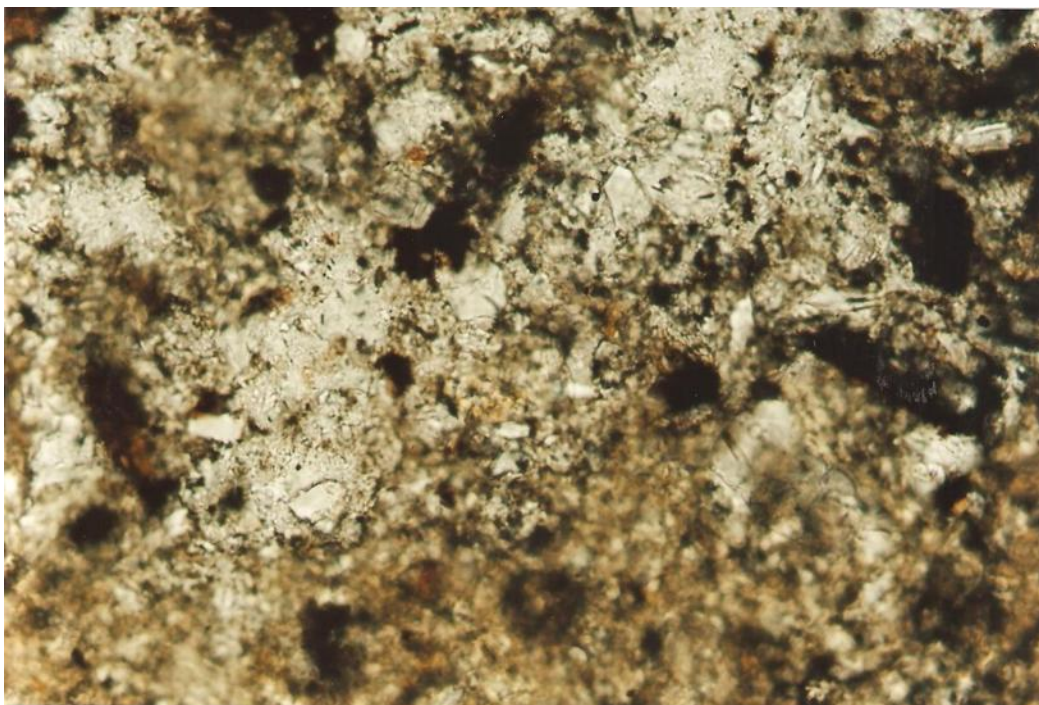


Figura 18. Lámina delgada de la localidad Presa El Rosario vista en nicoles paralelos.



Figura 19. Lámina delgada de la localidad de Presa El Rosario vista en nicoles cruzados.

4.6 SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

Para la generación y manipulación de la información espacial se utilizó el sistema ILWIS (Integrated Land and Water Information System) versión 3.1.

Con la ayuda de esta herramienta se obtuvieron la cuenca digitalizada del río Angulo, así como el mapa de pendientes, de altitudes e hidrológico. También se utilizaron las cartas topográficas, edafológicas y uso de suelo para observar a detalle los rasgos geomorfológicos de las diferentes localidades.

A continuación se describen los sitios de muestreos con sus rasgos geomorfológicos.

Manantial Zarcita; a pesar de estar en las inmediaciones de la zona urbana no se encuentra impactado, se le observó en buen estado, y se encuentra protegido por una cerca.

Zacapu; se muestreo abajo del puente de la carretera y la industria Celanese S.A. de C.V., el río en este sector presenta un olor fétido que se incrementa aguas abajo cuando se une al canal de descargas industriales.

Tarejero Est 3 y Lienzo Charro, integran canales de origen antrópico teniendo aproximadamente 15 metros de ancho y diseñado para el riego en las zonas aledañas del sitio, observándose terrazas, canales y bordos en el río. Así mismo se observa para el sitio de. En cambio, para El Ranchito, Panindicuaro y El Salto se aprecia como el río regresa a su cauce natural destacando en el sitio la presencia de grandes bloques de basalto,

En la Presa El Rosario se observa que existe una gran acumulación de sedimentos y además de apreciar que la zona ha sido un sitio fangoso por efecto del arrastre de material rocoso, producto de la erosión.

En Angamacutiro y Santiago Conguripo se observa una zona de terrazas y planicies, resaltando pequeños cantos retrabajados.

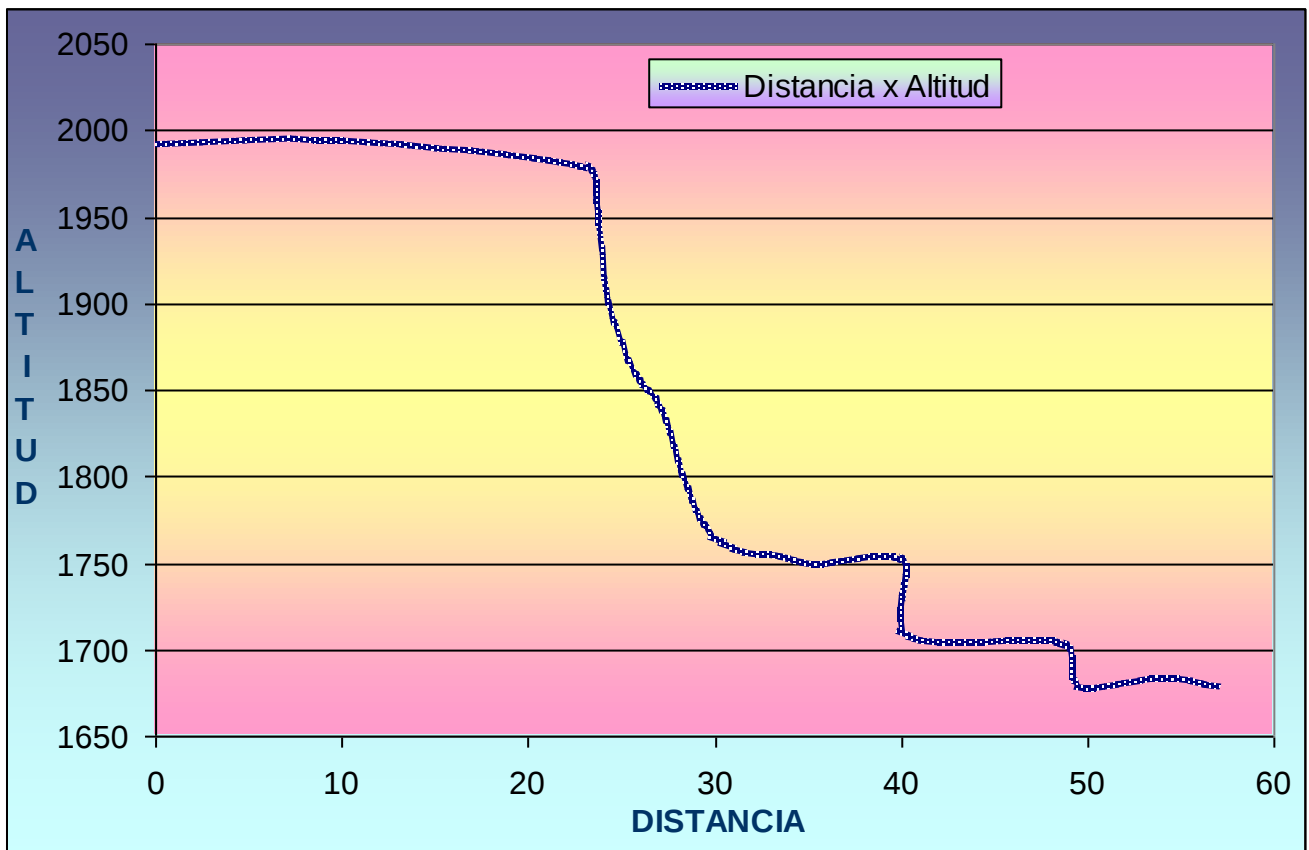


Figura 20. Perfil del río Angulo.

CAPÍTULO V

5. DISCUSION

5.1 Análisis de muestreo de las diatomeas:

En los países europeos se toman diferentes parámetros para el muestreo de diatomeas para que este sea significativo. Donde el número de muestras varían dependiendo de la longitud que tenga en el río, de los distintos gradientes geomorfológicos, de los habitats, de las distintas zonas urbanas y de los aportes antrópicos de origen agrícola e industrial,

Para el conteo de las valvas, varia considerablemente entre los países europeos, hay quienes cuentan 200, 300, 400 y 600 valvas. Para dicho estudio se consideró importante contar 400 valvas por sitio.

Cabe mencionar que en los dos periodos de muestreo (secas/pos lluvias) se registraron especies tanto de aguas limpias como de aguas contaminadas, algunas que la literatura registra como tolerantes o intolerantes a rangos altos de contaminación o concentraciones altas de materia orgánica.

Se observó una diferencia en la distribución de las diatomeas en los dos periodos muestreados.

5.1.2 Para la época de secas:

Para Manantial Zarcita dominan las especies de *Amphora pediculus* es mas sensible a la eutroficación y *Achnanthes minutissima* que es más sensible a la contaminación.

En Zacapu abunda *Synedra ulna* es una especie indicadora de altos rangos de contaminación y *Nitzschia amphibia* es ampliamente tolerante a la contaminación.

Para Tarejero las especies más abundantes son *Synedra ulna* y *Stauroneis pinnata* indicadoras de altos rangos de contaminación debido a la concentración de nutrientes.

En Est 3 se registra *Stephanodiscus medius*, que pertenece a los ambientes plesitocenicos del antiguo Lago de Zacapu, esta especie se infiere que ha sido acarreada dentro del río ya que no se observaron organismos vivos; *Synedra ulna* es indicadora de altos niveles de contaminación y *Nitzschia amphibia* es poco tolerante a la contaminación.

En la localidad de Lienzo Charro domina *Luticola geoppertiana*, la cual resiste un alto grado de contaminación orgánica, al igual que *Synedra ulna*.

En El Ranchito se registra *Nitzschia amphibia* que es poco tolerante a la contaminación, además se registra *Melosira varians* y *Pleurosira laevis* que solo aquí aparecen debido al enriquecimiento de nutrientes.

En Panindicuaro dominan *Synedra ulna* que es consistente con la presencia de contaminación orgánica y *Pleurosira laevis* que es una especie que prefiere ambientes altos en concentración ionica.

En El Salto se registra *Luticola geoppertiana* por ser tolerante y resistente a la contaminación, al igual que *Nitzschia dissipata*.

Para Presa El Rosario dominan *Stephanodiscus medius* que como se mencionó previamente es un taxa acarreado de Est 3 y para *Cyclotella invisitatus* que soportar altas concentraciones de materia orgánica.

En el Manantial El Rosario se registran *Cyclotella invisitatus* por el acarreo de la estación anterior, *Staurosira pinnata* que soporta altos rangos de contaminación, al igual que *Cyclotella menenghiniana* y *Synedra ulna*.

En Angamacutiro dominan *Nitzschia pumilum*, *Aulacoseira granulata* var. *angustissima* y *Amphora veneta* por ser tolerantes a la contaminación y altos rangos de materia orgánica.

Finalmente en Santiago Conguripo se registra *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia dissipata* y *Nitzschia palea*, por preferir sitios muy ricos en nutrientes y ser tolerantes a la contaminación de materia orgánica.

5.1.3 Para la época de poslluvias:

En el Manantial Zarcita domina *Stauroneis pinnata* y *Mayameae atomus* indicadoras de altos niveles de contaminación debido a la concentración de nutrientes.

Para Zacapu se registra *Synedra ulna* y *Nitzschia amphibia* por tolerar un alto contenido de nutrientes y contaminación.

En Tarejero dominan *Synedra ulna*, *Luticola mutica* y *Achnanthes exigua* se caracterizan por soportar altos rangos de contaminación

Para Est 3 se registran *Staurosira pinnata*, *Luticola geoppertiana* y *Nitzschia amphibia* por ser especies tolerantes a las altas concentraciones de materia orgánica y nutrientes.

En Lienzo Charro domina *Synedra ulna*, *Achnanthes exigua*, *Luticola geoppertiana* son taxas tolerantes a altos niveles de contaminación, además de ser especies acarreadas del sitio anterior, y es importante resaltar que solo en este sitio aparece *Eolimna minima*.

Para El Ranchito se registra *Stauroneis pinnata* y *Synedra ulna* presentes en rangos elevados de contaminación.

En Panindicuaro dominan *Staurosira pinnata* y *Synedra ulna* que son especies acarreadas de la localidad anterior y son taxas que soportan altas concentraciones nutrientes y materia orgánica.

Para El Salto se registran *Pleurosira laevis*, *Synedra ulna* y *Nitzschia dissipata* se encuentran en altos niveles de contaminación.

En Presa El Rosario dominan *Nitzschia amphibia*, *Amphora veneta* y *Nitzschia palea* son taxas muy tolerantes a los altos rangos de materia orgánica.

Para Manantial El Rosario se registra *Amphora veneta*, *Nitzschia filiformis* y *Navicula cryptotenella*, al igual que el sitio anterior se caracterizan por ser taxas muy tolerantes a la contaminación.

En Angamacutiro dominan *Nitzschia palea*, *Pleurosira laevis* y *Synedra ulna* presentes en niveles muy elevados de contaminación, y para *Pleurosira laevis* es acarreada de la localidad de El Salto,

Para Santiago Conguripo se registran *Nitzschia amphibia* es característica de sitios con altos niveles de nutrientes y *Bacillaria paradoxa* solo en esta estación aparece este taxa.

Cabe destacar que la especie *Pleurosira laevis* solo aparece en la localidad de El Salto y Angamacutiro. Además, en esta época se registran numerosas especies que se encuentran en altos niveles de contaminación, ello debido, a que por ser época de pos lluvias existe mayor acarreo de material y erosión y por ende, se incrementan los niveles de materia orgánica y nutrientes. En contraste con la época de secas, que registra especies de aguas limpias como es el caso de los manantiales.

Las preferencias de condiciones ambientales de las especies tanto de secas como de poslluvias concuerdan con los estudios realizados en otros países.

CAPÍTULO VI

6.1 CONCLUSIONES

1. Las diatomeas del río Angulo coinciden con los taxas de otras regiones geográficas (Europa y E.U.A.).
2. Los parámetros físicos y químicos indicaron la variabilidad de taxas en cada sitio.
3. La diversidad y distribución de de las diatomeas esta relacionada con la geomorfología del cauce del río.
4. La distribución de las diatomeas fue diferente en la época de estije y pos lluvias.

CAPÍTULO VII

7.1 RECOMENDACIONES

Se observa que los parámetros de oxígeno disuelto y velocidad de la corriente favorecen a ciertas especies de diatomeas y permiten que se autodepure el río. Considero que es fundamental promover la utilidad de estos organismos para la evaluación y monitoreo de sistemas lóticos ya que se observó que estos organismos son altamente confiables para determinar la existencia y grado de contaminación de un medio acuático.

Se requiere implementar en México instrumentos de evaluación de la calidad biológica de los ríos por medio de las diatomeas.

CAPÍTULO VIII

8.1 BIBLIOGRAFÍA

Bukhtiyarova L.N., 1997, Classification of diatom algocoenoses as a useful tool in river biomonitoring: In Prygiel J., Whitton A. y Bukowsty J. (Eds.) 1997, Use of algae for monitoring rivers III. Centre Tertiare de l'Arsenal: 114-121.

Cantoral Uriza E.A., 1972, Diatomeas (Bacillariophyceae) de ambientes lóticos en la cuenca baja de la Huasteca Potosina. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM, México D.F., 163 pp.

Demant et., al, 1992, El proyecto Michoacán 1983-1987, Medio ambiente e introducción a los trabajos arqueológicos, Cuadernos de Estudios Michoacanos, 197 pp.

De Cserna Z. y Álvarez R., 1995, Quaternary Drainage Development in Central Mexico and the Threat of an Environmental Disaster: A Geological Appraisal, Environmental & Engineering Geoscience 1(1):29-34.

Cole, G., 1994, Textbook of limnology, 4th Edition, Waveland Press. Illinois, 412 pp.

Correa Pérez Genaro, 1974, Geografía del Estado de Michoacán, Gobierno del Estado, Morelia, Mich, 233 pp.

Eloranta P., 1997, Applications of diatoms indices in Finnish rivers: In Prygiel J., Whitton A. y Bukowsty J. (Eds.) 1997, Use of algae for monitoring rivers III. Centre Tertiare de l'Arsenal: 138-144.

García Acevedo R., et. al, 2006, Análisis de la variación del oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno en el río grande de Morelia, XXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica Ciudad Guayana, Venezuela, pp.1-10.

Garduño Monroy V.H., et al., 1999, Carta Geológica de Michoacán, Escala 1:250 000, UMSNH, IIM, Departamento de Geología y Mineralogía, Primera Edición, 111 pp.

Gajón Evaristo V.R., 2005, Taxonomía y Distribución Longitudinal de la Clase "Bacillariophyceae" en el río Chiquito, Mpio. de Morelia, Mich., Tesis de Licenciatura, UMSNH, 158 pp.

Gold C., Feurtet-Mazel A., Coste M. y Boudas A., 2002, Field transfer of periphytic diatom communities to assess short-term structural effects of metals (Cd, Zn), in rivers, Wat. Res.: 36:3654-3664.

Gómez N., 1998, Use of Epipellic Diatom for Evaluation of Water Quality in the Matanza-Riachuelo (Argentina), a Pampean Plain River, *Wat. Res.*: 32:7:2029-2034.

Guerrero Reynoso V., 2000, Towards a New Water Management Practice: Experiences and Proposals from Guanajuato State for a Participatory and Decentralized Water Management Structure in Mexico. *Water Resources Development* 16(4):571-588.

Honorato P. Ricardo, 2000, *Manual de Edafología*, Cuarta Edición, Editorial Alfaomega: 267 pp.

Israde Alcántara I., Segura García V., Tudesque L. y Reyes Merchant P., 2004, Biomonitorización de la contaminación del Río Lerma utilizando diatomeas y macroinvertebrados, *Memoria del Simposio Internacional sobre el Medio Ambiente*, Morelia, Mich., México: 184-196.

Jiménez-Cisneros B., 1996, Water Availability Index Based on Quality and Quantity: Its Application in Mexico, *Wat. Sci. Teth* 64(12):165-172.

JMP, 1985, *Statistics Made Visual*, Versión: 3.2.2. SAS Institute Inc., 1989-1997.

Jonnalagadda S.B. y Mhere G., 2000, Water quality of the Odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe, *Wat. Res.* 35:10:2371-2376.

Kelly, M.G., Cazaubon A., Coring E., Dell'Uomo A., Ector L., Goldsmith B., Guasch H., Hürlimann J., Jarlman A., Kawecka B., Kwandrans J., Laugaste R., Lindstrom E-A, Leitao M., Marvan P., Padisák J., Pipp E., Prygiel J., Rott E., Sabater S., Van Dam H. & Vizinet J., 1998, Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe, *Journal of Applied Phycology* 10:215-224.

Kelly, M.G., Use of community-based indices to monitor eutrophication in rivers, *Environmental Conservation* (in press), 1-11.

Kelly M.G., y Whitton B.A., 1995, The Trophic Diatoms Index: a new index for monitoring eutrophication in rivers, *Journal of Applied Phycology* 7: 433-444.

Kelly M.G., 1998, Use of the Tropic Diatom Index to Monitor Eutrophication in Rivers, *Wat. Res.*:32:1:236-242.

Kelly M.G. y Wilson S., 2004, Effect of Phosphorus Stripping on Water River, *Wat. Res.*:38:1559-1567.

Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1986. Sübwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae 1. Gustav. Fischer Verlag. Stuttgart. New Cork. 876 pp.

Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1988. Sübwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae 2. Gustav. Fischer Verlag. Stuttgart Jena. 596 pp.

Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1990. Sübwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae 3. Gustav. Fischer Verlag. Stuttgart Jena. 576 pp.

Krammer, K. y H. Lange-Bertalot. 1991. Sübwasserflora von Mitteleuropa. Bacillariophyceae 4. Gustav. Fischer Verlag. Stuttgart New York. 437 pp.

Krstic S., Levkov Z., y Stojanovski P., Saprobiological characteristics of diatom microflora in river ecosystems in the Republic of Macedonia as a parameter for determination of the intensity of anthropogenic influence, In Prygiel J., Whitton A. y Bukowsty J. (Eds.) 1997, Use of algae for monitoring rivers III. Centre Tertiare de l'Arsenal: 145-153.

Kwandrans J., Eloranta P., Kawecka B., y Wojtan K., Use of benthic diatom communities to evaluate quality in rivers of southern Poland: In Prygiel J., Whitton A. y Bukowsty J. (Eds.) 1997, Use of algae for monitoring rivers III. Centre Tertiare de l'Arsenal :154-164.

Lange-Bertalot, 2000, Iconographia Diatomologica, annotated diatom micrographs. Koeltz Scientific Books, Königstein, Germany, 9:1-673.

Leira M. y Sabater S., 2005, Diatom assemblages distribution in Catalan rivers, NE Spain, in relation to chemical and physiographical factors, Wat. Res.: 39:73-82.

Lerda D.E., y Prosperi C.H., 1996, Water Mutagenicity and Toxicology in Rio Tercero (Cordoba, Argentina), Wat. Res.:30:4:819-824.

Lowe, R.L. 1974. Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatom. National Environmental Research Center Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency. Cincinnati, Ohio, U.S.A., 334 pp.

Mackenzie W.S., Donaldson C.H., y Guilford C., 1996, Atlas de rocas ígneas y sus texturas, 1ra. Edición, Editorial Masson, S.A., 149 pp.

- Margalef R., 1983, Limnología, Ed. Omega, S.A. Barcelona España, 1010 pp.
- Medina Nava M., 1997, Ictiofauna de la subcuenca del río Angulo cuenca del Lerma-Chapala, Michoacán, Zoología, 25-52.
- Melgarejo Joan-Charles, 1997, Atlas de asociaciones minerales en lámina delgada, 1ra. Edición, Ediciones Universidad de Barcelona, Fundación Folch, 1076 pp.
- Meyers P.A., 2003, Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes, Organic Geochemistry 34:261-289.
- Noppe K. y Prygiel J., 1997, Phytoplankton as an eutrophication indicator for the main watercourses of the Artois-Picardie water basin (France), In Prygiel J., Whitton B.A., Bukowska J. (Eds.) Use of Algae for monitoring rivers III. Centre estuarine de l'Arsenal: 194-205.
- Oliva- Martínez M.G., J. G. Ramírez-Martínez, G. Garduño-Solórzano, J. Cañetas-Ortega y M. M. Ortega, 2005, Caracterización diatomológica en tres cuerpos de agua de los humedales de Jilotepec-Ixtlahuaca, Estado de México. Hidrobiológica 15(1):1-28.
- Ouyang Y., 2005, Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis, Water Research 39:2621-2635.
- Passy S.I., y Bode R.W., 2004, Diatom Model Affinity (DMA), a New Index for Water Quality Assessment, Hidrobiología, 524:241:251.
- Potapova M.G. y Charles Patrick D.F., 2002, Benthic Diatoms in USA Rivers: Distributions along Spatial and Environmental Gradients, Journal of Biogeography:29:167:187.
- Prygiel J., 2002, Management of the diatom monitoring network in France, Journal of Applied Phycology 14:19-26.
- Prygiel J., Use of benthic diatoms in Surveillance of the Artois-Picardie basin hydrobiological quality: 89-96.
- Rosas I., Velasco A., Belmont R., Báez A., y Martínez A., 1993, The algal community as an indicator of the trophic status of lake Patzcuaro, Mexico, Environmental Pollution 80:253-264.
- Tien C-J., 2004, Some aspects of water quality in a polluted lowland river in relation to the intracellular chemical levels in planktonic and epilithic diatoms, Wat. Res.: 38: 1779-1790.

Tison J., Park Y-S., Coste M., Wasson J.G., Ector L., 2005, Typology of diatom communities and the influence of hydro-ecoregions: A study on the French hydrosystem scale, Wat. Res.: 39: 3177-3188.

http://www.emexico.gob.mx/work/EMM_1/Michoacan/Mpios/161.7a.htm
(Accesada en Enero del 2007).

<http://www.diarioficial.gob.mx> (Accesada en Agosto del 2007).

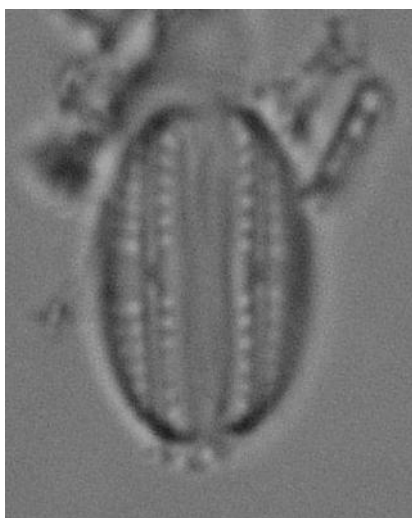
CAPÍTULO IX

9.1 ANEXOS

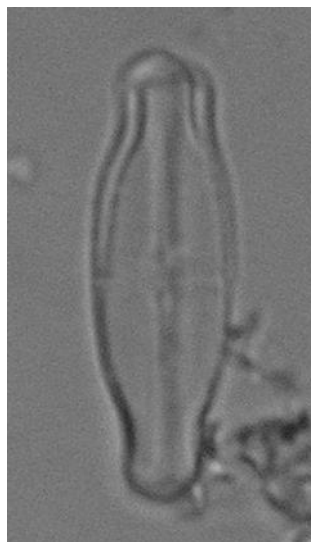
EPOCA DE SECAS

MANANTIAL ZARCITA

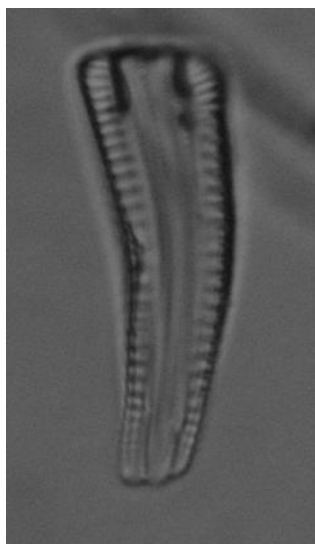
ESPECIES DOMINANTES:



1



2



3

Figura 1. *Amphora pediculus*, 2. *Achnanthes minutissima*, 3. *Rhoicosphenia curvata*.

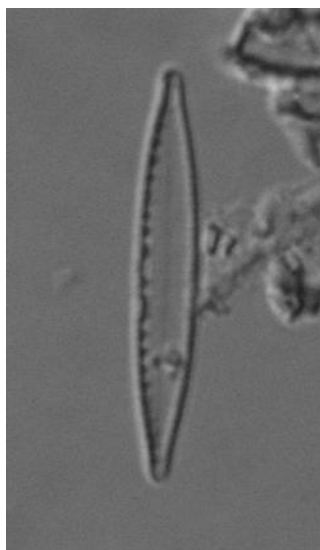
ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



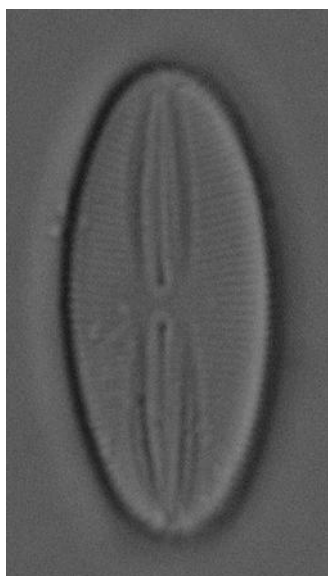
2



3

Figura 1. *Gomphonema pumilum*, 2. *Nitzschia dissipata*, 3. *Nitzschia palea*.

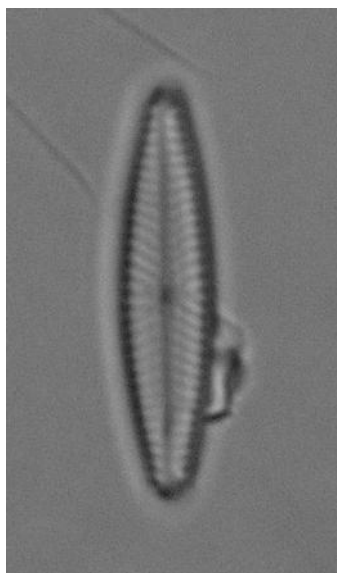
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2

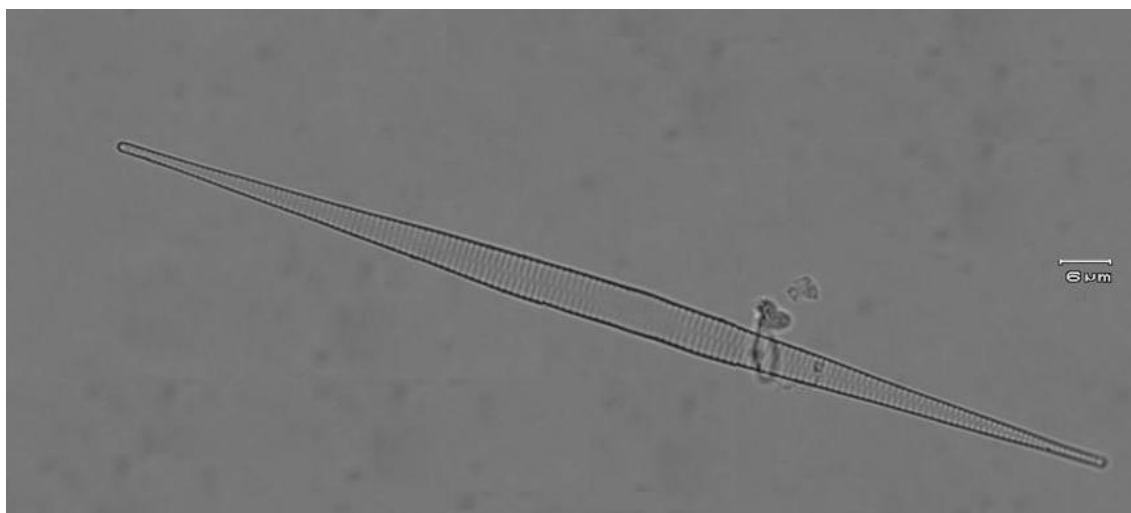


3

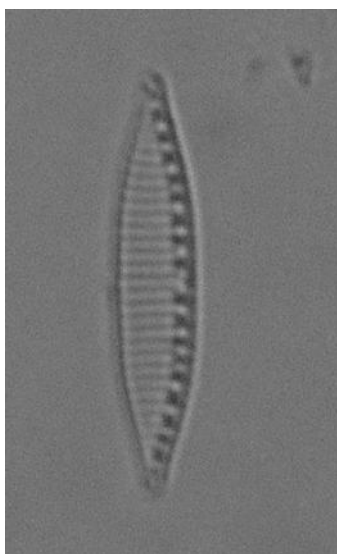
Figura 1. *Fallacia pygmea*, 2. *Staurosira pinnata*, 3. *Navicula cryptotenella*.

ZACAPU

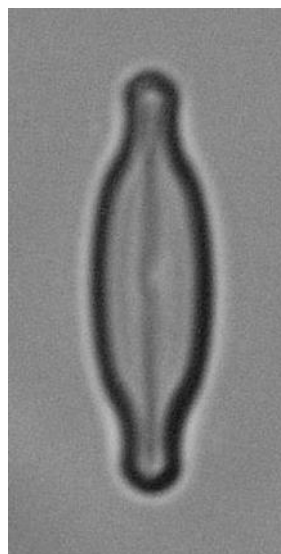
ESPECIES DOMINANTES:



1



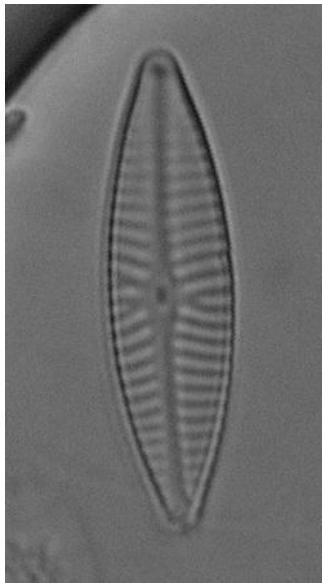
2



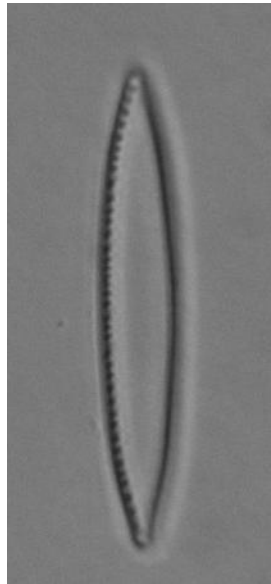
3

Figura 1. *Synedra ulna*, 2. *Nitzschia amphibia*, 3. *Achnanthes minutissima*.

ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



2



3

Figura 1. *Navicula cryptotenella*, 2. *Nitzschia palea*, 3. *Rhoicosphenia curvata*.

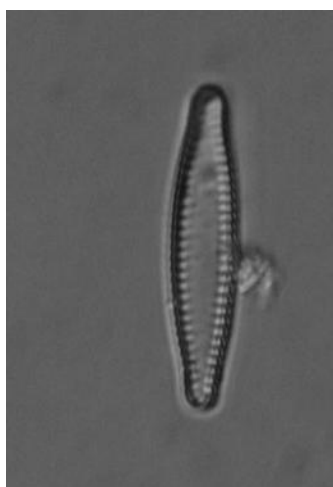
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2

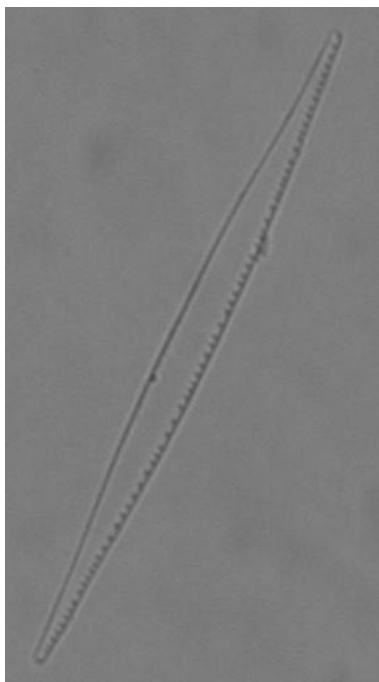


3

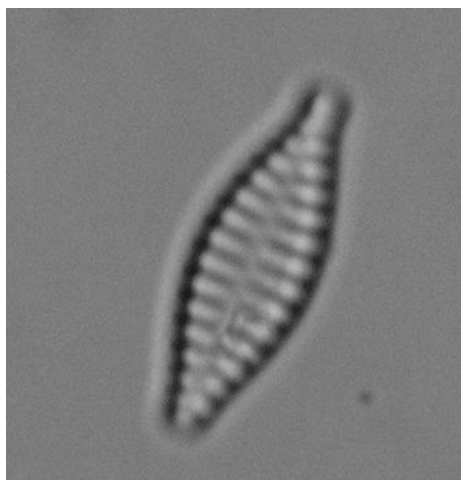
Figura 1. *Staurosira pinnata*, 2. *Cocconeis placentula* var. *placentula*, 3. *Staurosira brevistriata*.

TAREJERO

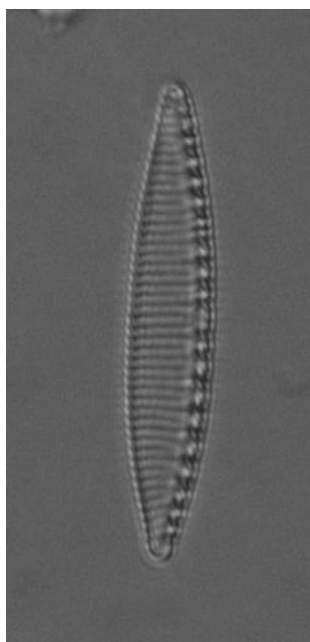
ESPECIES DOMINANTES:



1



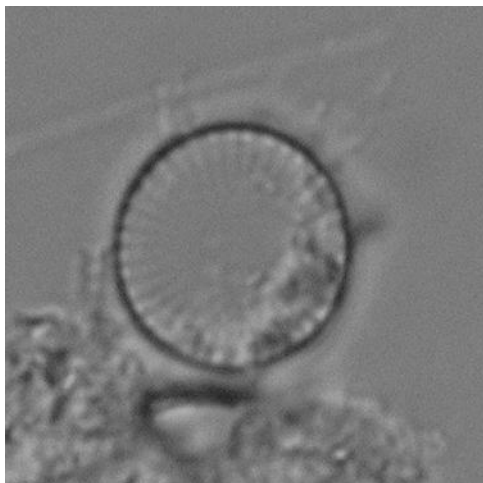
2



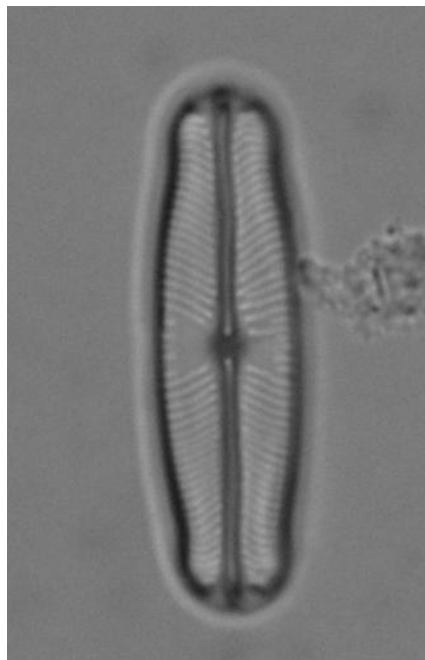
3

Figura 1. *Synedra ulna*, 2. *Staurosira pinnata*, 3. *Nitzschia amphibia*.

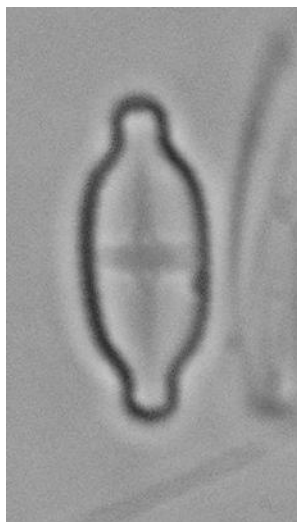
ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



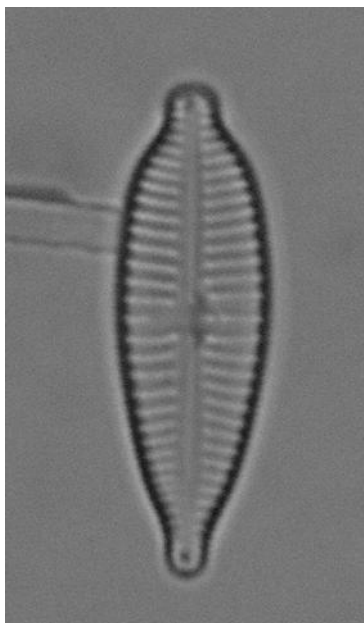
2



3

Figura 1. *Cyclotella invisitatus*, 2. *Sellaphora pupula*, 3. *Achnanthes exigua*.

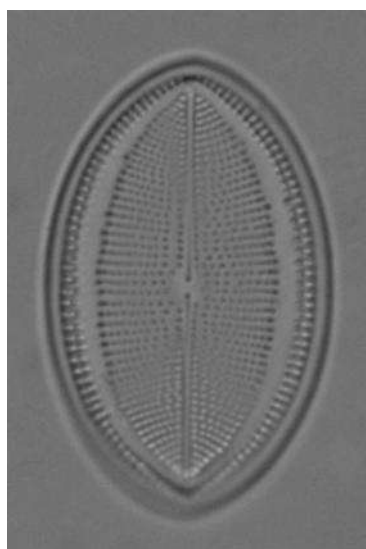
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2

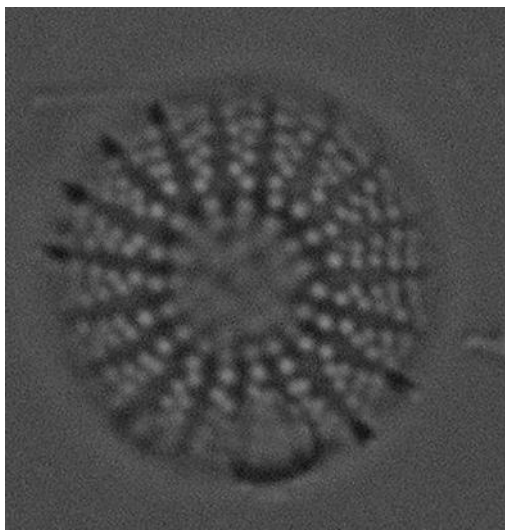


3

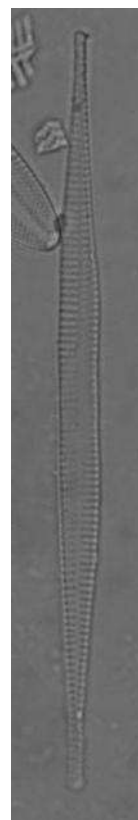
Figura 1. *Gomphonema parvulum*, 2. *Amphora lybica*, 3. *Cocconeis placentula* var. *placentula*.

EST. 3

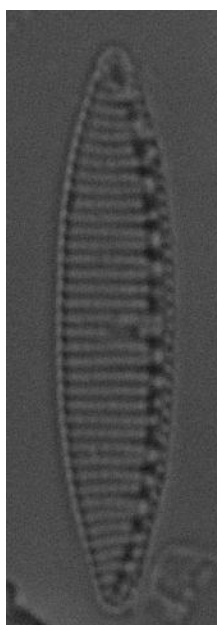
ESPECIES DOMINANTES:



1



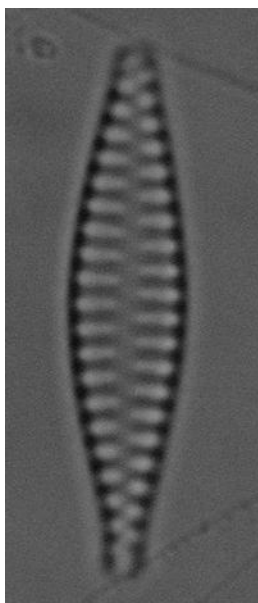
2



3

Figura 1. *Stephanodiscus medius*, 2. *Synedra ulna*, 3. *Nitzschia amphibia*.

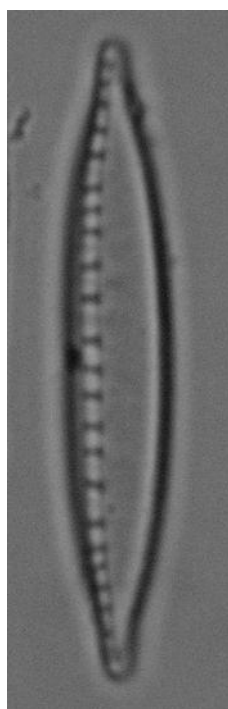
ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



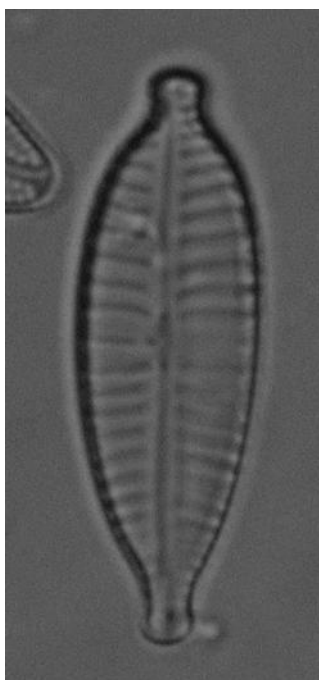
2



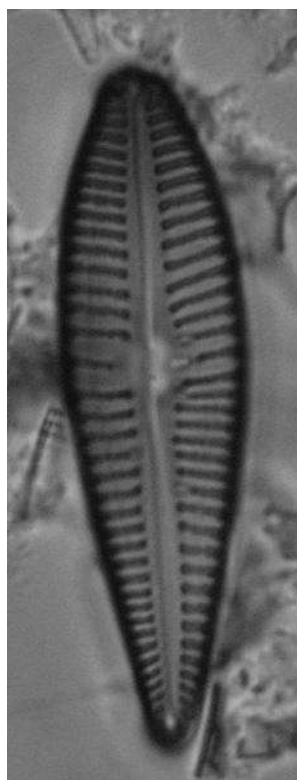
3

Figura 1. *Staurosira pinnata*, 2. *Staurosira capuchina* var. *vaucheria*, 3. *Nitzschia dissipata*.

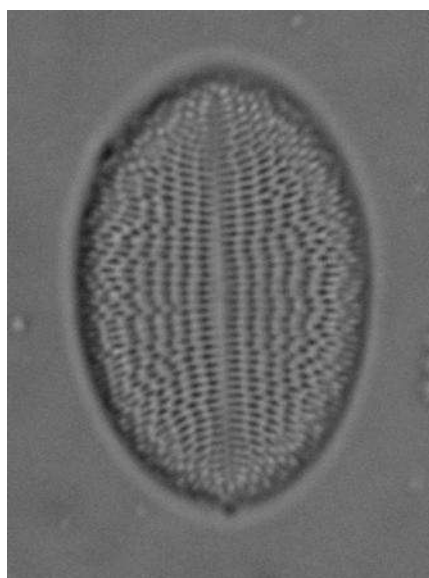
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2



3

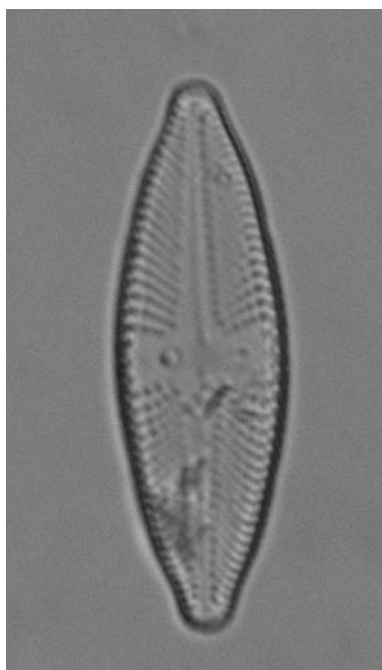
Figura 1. Gomphonema parvulum, 2. Gomphonema mexicanum, 3. Cocconeis placentula var. euglypta.

LIENZO CHARRO

ESPECIES DOMINANTES:



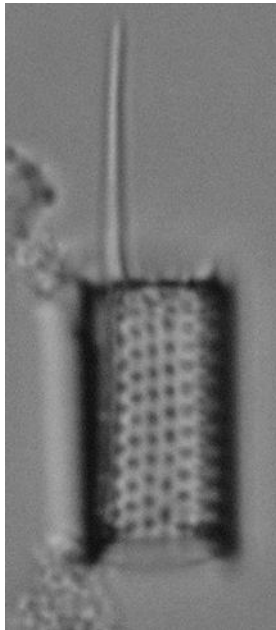
1



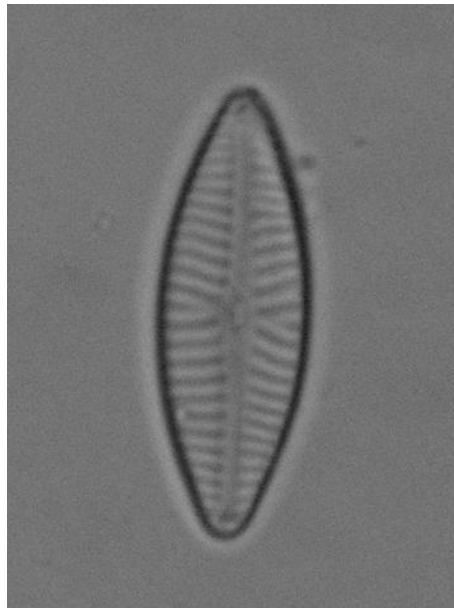
2

Figura 1. *Synedra ulna*, 2. *Luticola geoppertiana*.

ESPECIES SUBDOMINANTES:



1

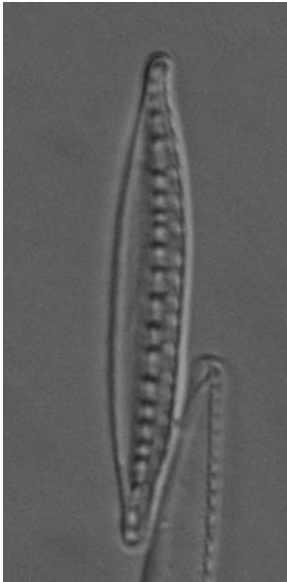


2

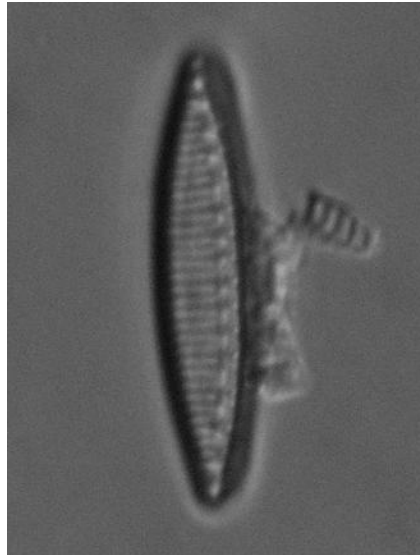
Figura1. *Aulacoseira granulata*, 2. *Navicula cryptotenella*.

EL RANCHITO

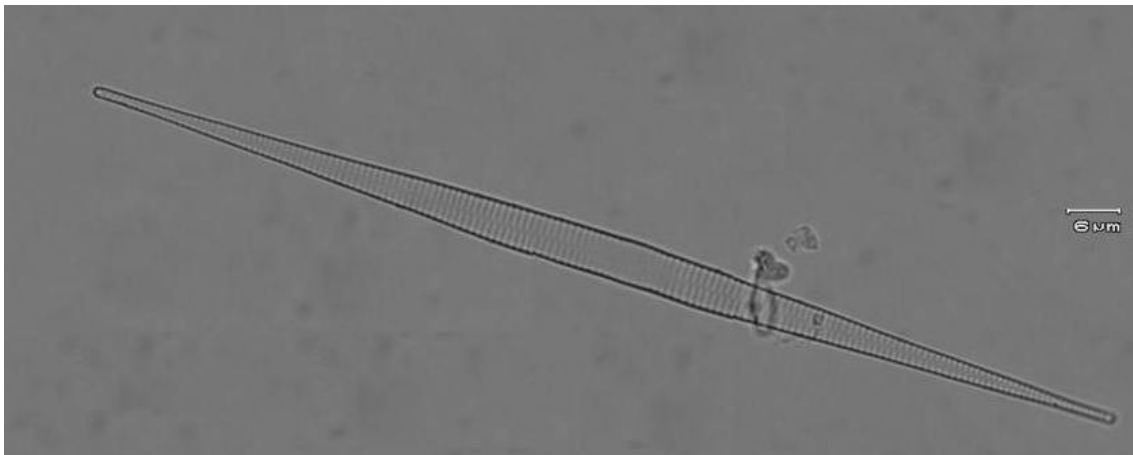
ESPECIES DOMINANTES:



1



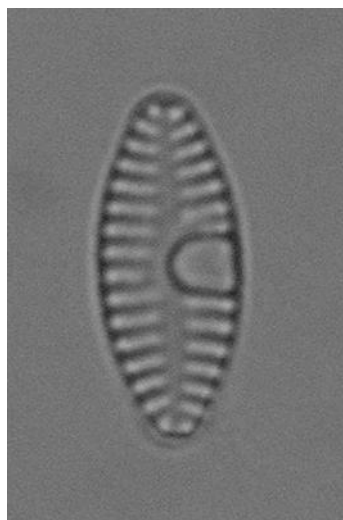
2



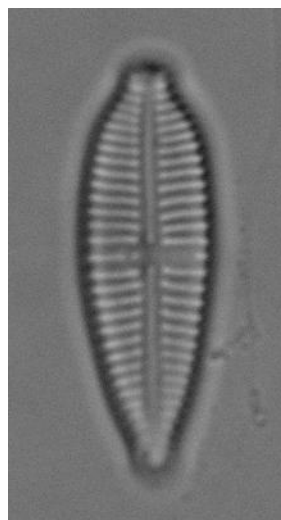
3

Figura 1. *Nitzschia dissipata*, 2. *Nitzschia amphibia*, 3. *Synedra ulna*.

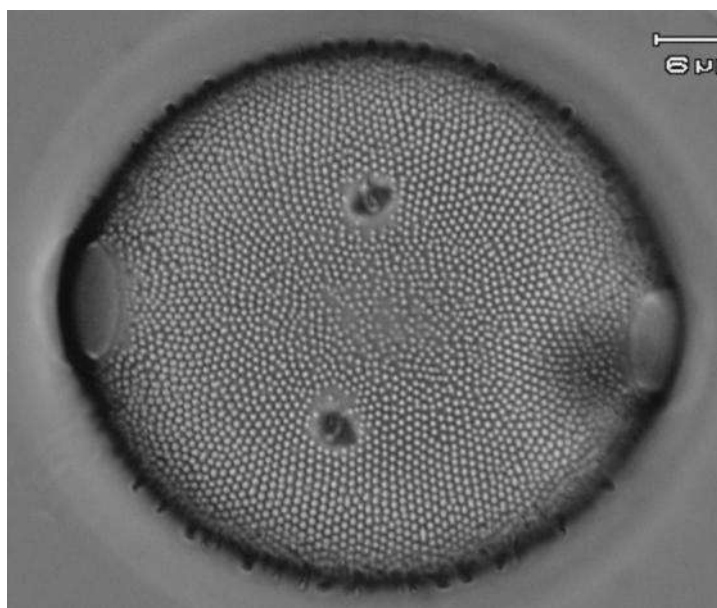
ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



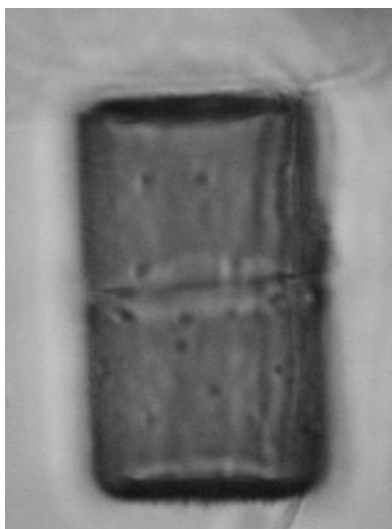
2



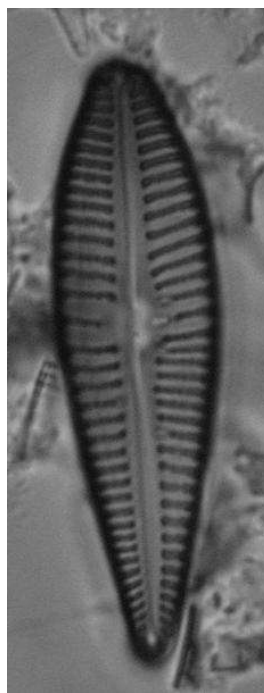
3

Figura 1. *Planothidium lanceolatum*, 2. *Gomphonema parvulum*, 3. *Pleurosira lavis*.

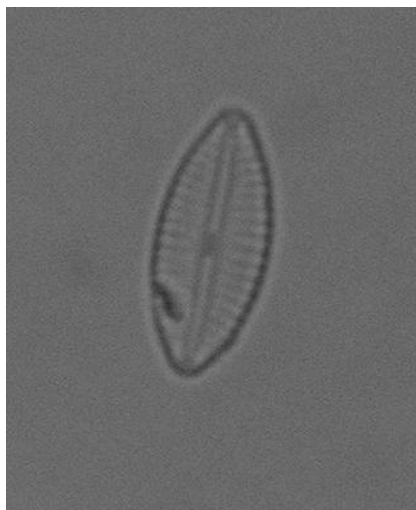
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2

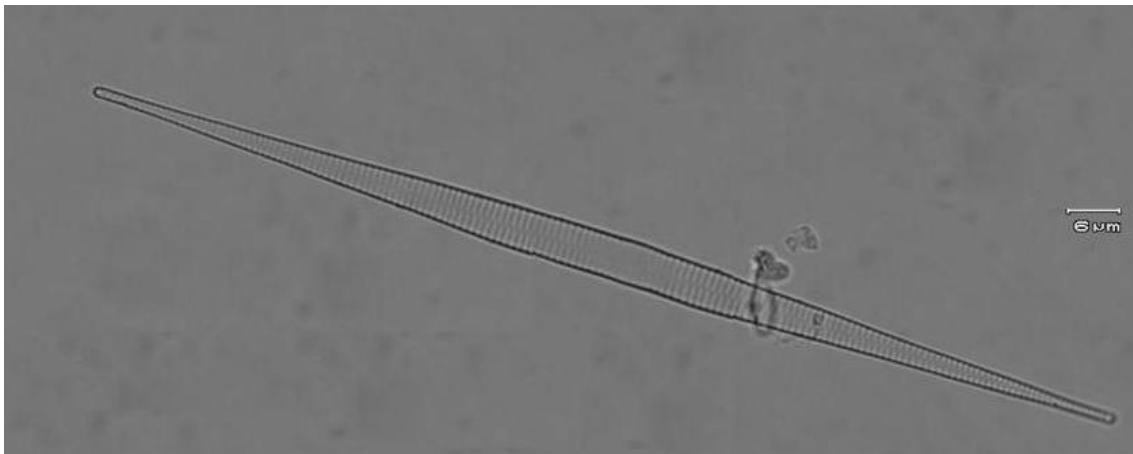


3

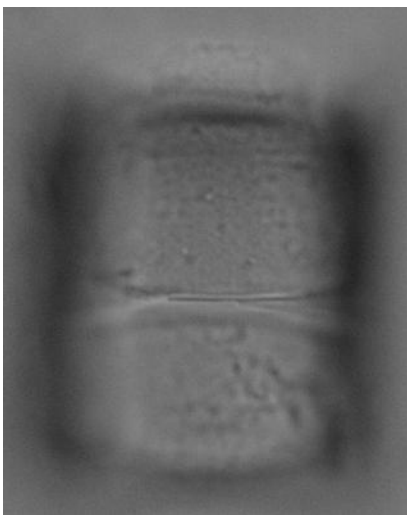
Figura1. *Melosira varians*, 2. *Gomphonema mexicanum*, 3. *Eolimna subminuscula*.

PANINDICUARO

ESPECIES DOMINANTES:



1



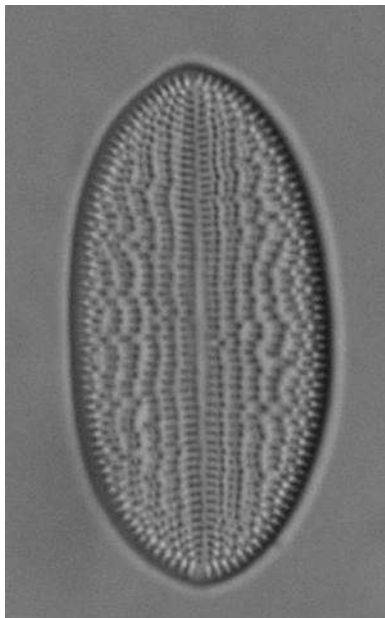
2



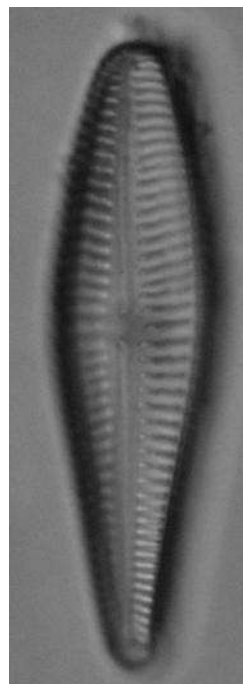
3

Figura 1. *Synedra ulna*, 2. *Melosira varians*, 3. *Pleurosira laevis*.

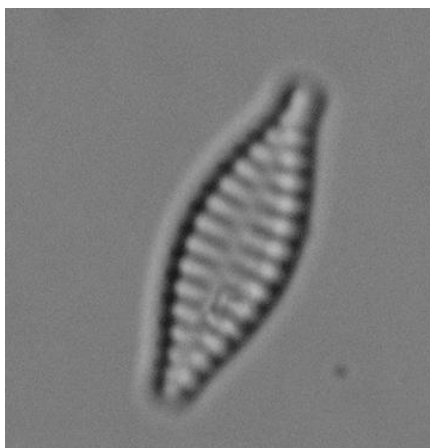
ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



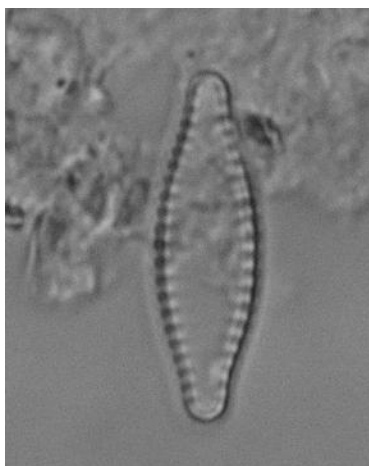
2



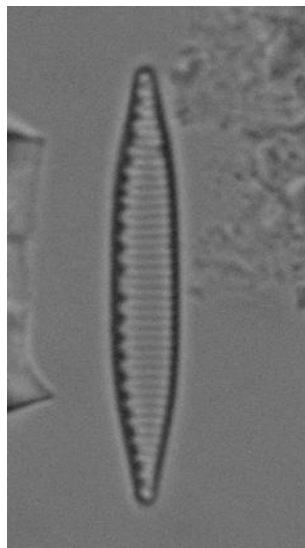
3

Figura 1. *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, 2. *Gomphonema mexicanum*, 3. *Staurosira pinnata*.

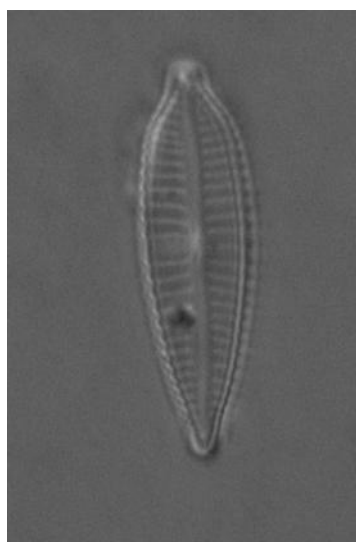
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2

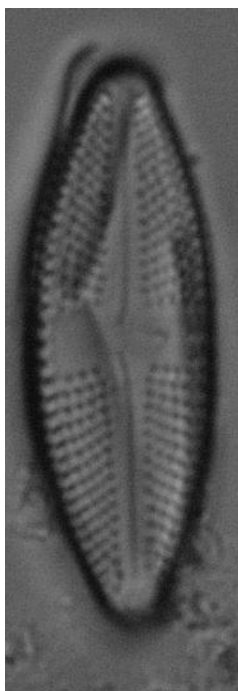


3

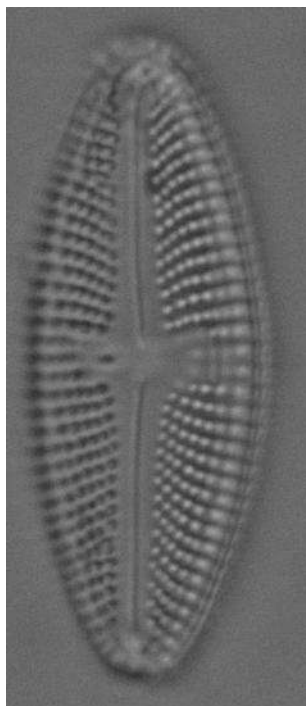
Figura 1. *Staurosira brevistriata*, 2. *Nitzschia amphibia*, 3. *Gomphonema parvulum*.

EL SALTO

ESPECIES DOMINANTES:



1



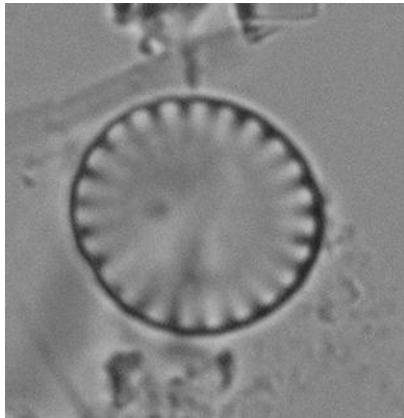
2



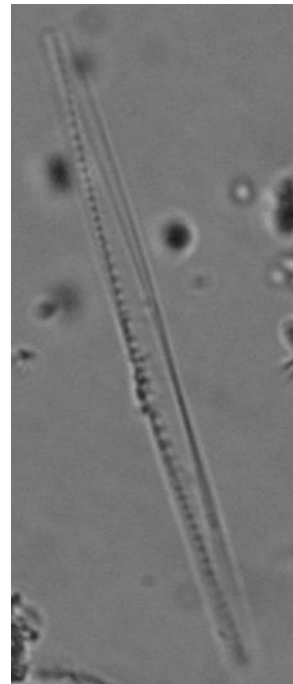
3

Figura 1. *Luticola geoppertiana*, 2. *Luticola mutica*, 3. *Nitzschia dissipata*.

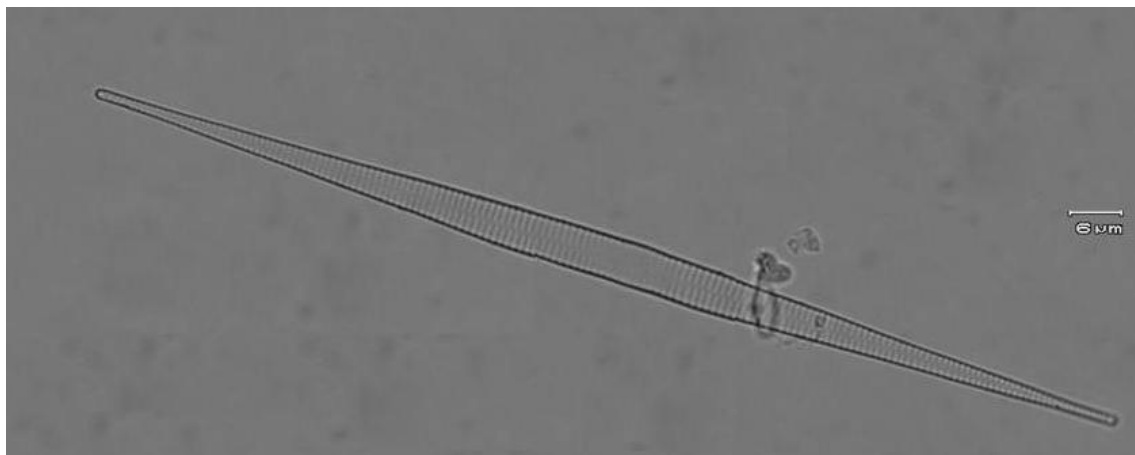
ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



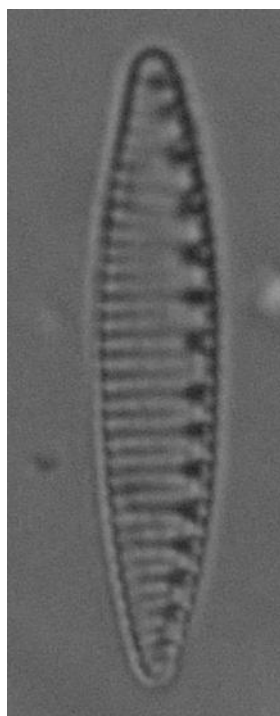
2



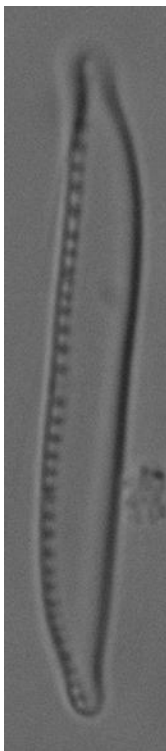
3

Figura 1. *Cyclotella meneghiniana*, 2. *Nitzschia acidoclinata*, 3. *Synedra ulna*.

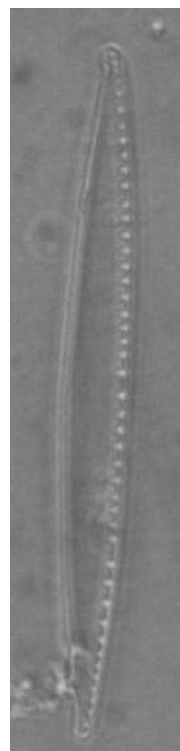
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2

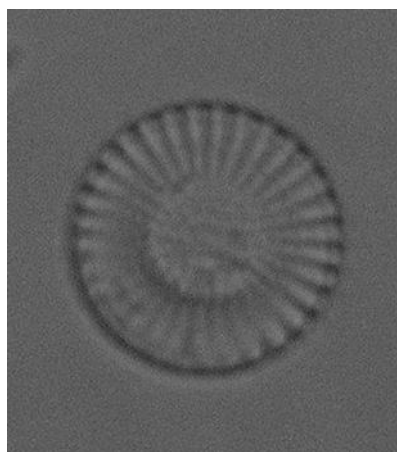


3

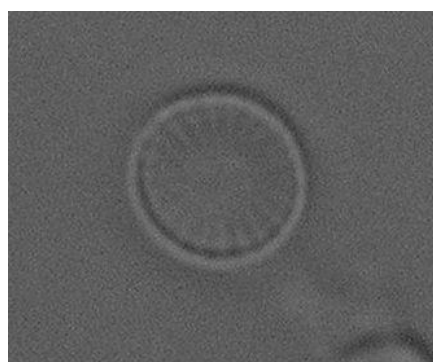
Figura 1. *Nitzschia amphibia*, 2. *Nitzschia clausii*, 3. *Nitzschia palea*.

PRESA EL ROSARIO

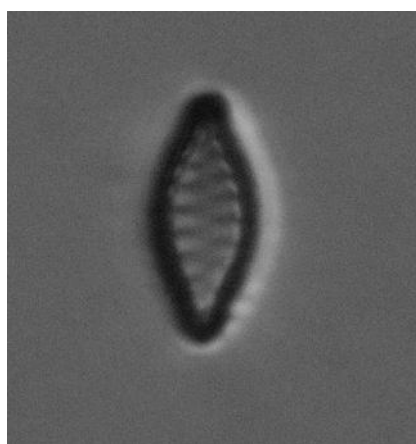
ESPECIES DOMINANTES:



1



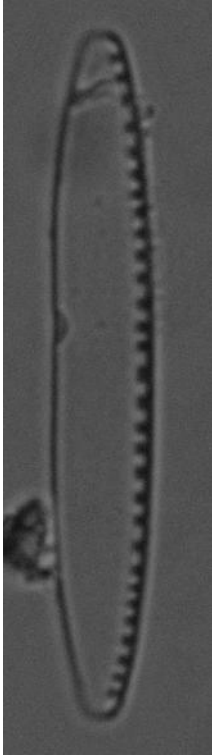
2



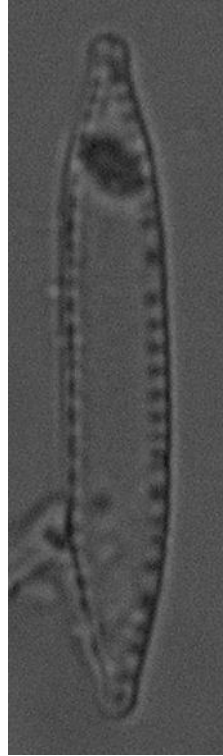
3

Figura 1. *Stephanodiscus medius*, 2. *Cyclotella invisitatus*, 3. *Staurosira pinnata*.

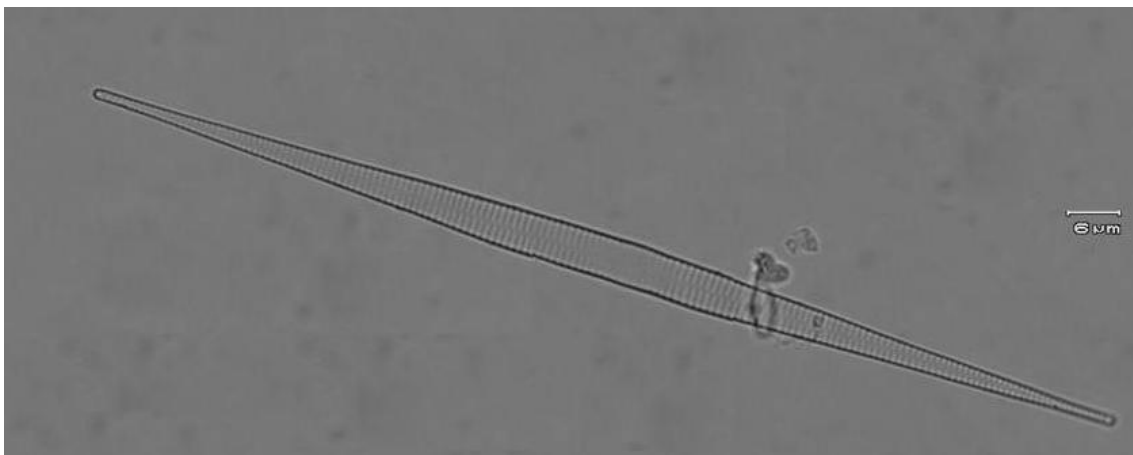
ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



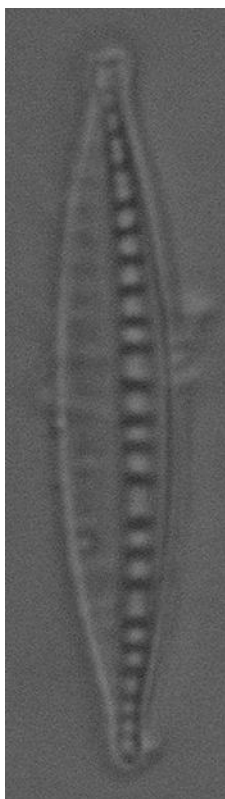
2



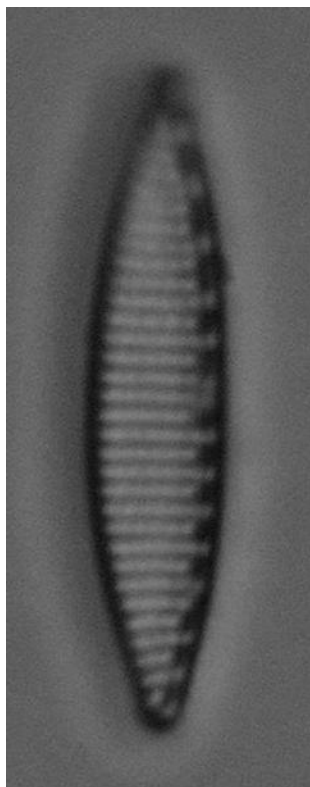
3

Figura 1. *Nitzschia desertorum*, *Nitzschia supralitorea*, 3. *Synedra ulna*.

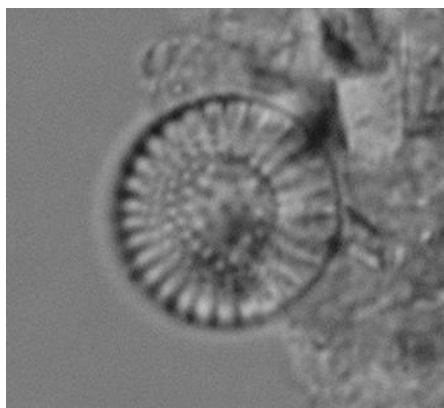
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2

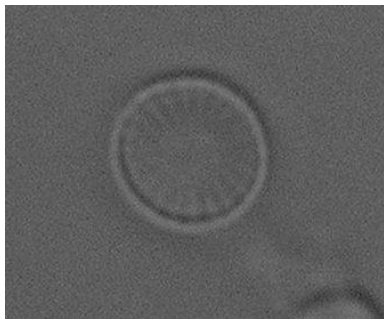


3

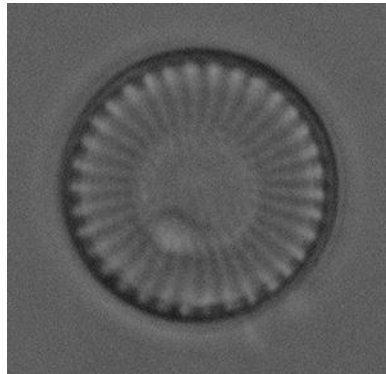
Figura 1. *Nitzschia dissipata*, 2. *Nitzschia amphibia*, 3. *Cyclotella meneghiniana*.

MANANTIAL EL ROSARIO

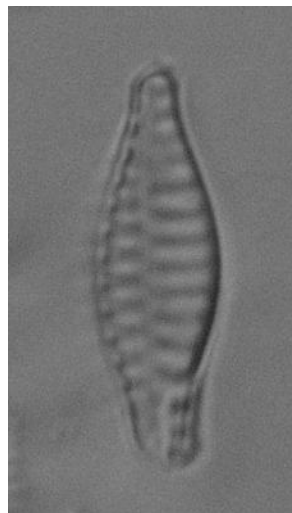
ESPECIES DOMINANTES:



1



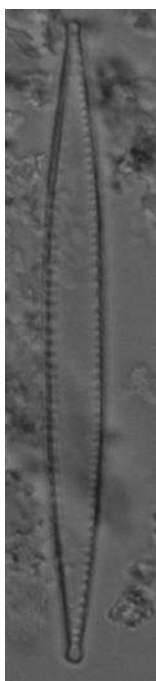
2



3

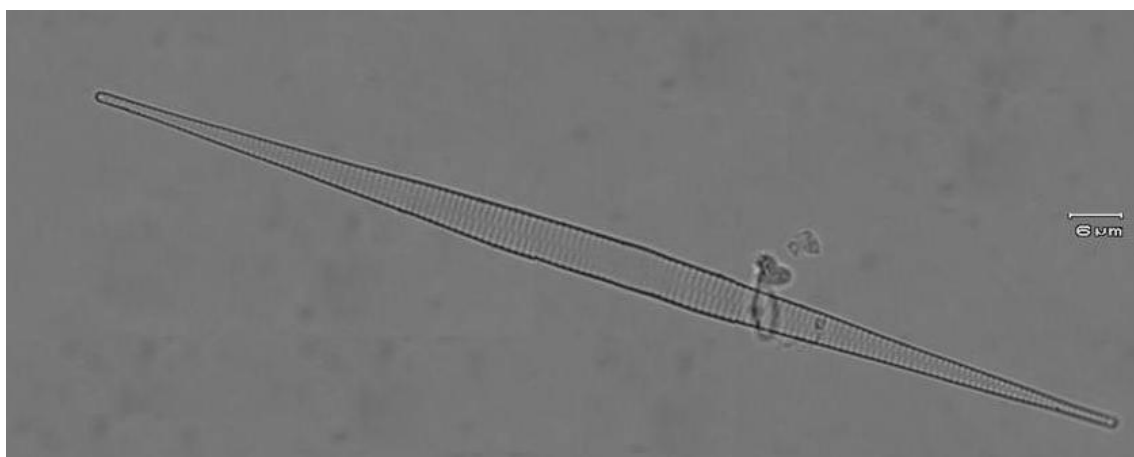
Figura 1. *Cyclotella invisitatus*, 2. *Cyclotella meneghiniana*, 3. *Staurosira pinnata*.

ESPECIES SUBDOMINANTES:



1

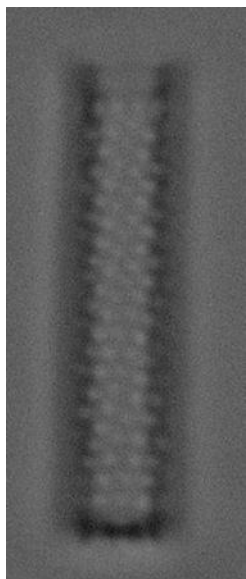
2



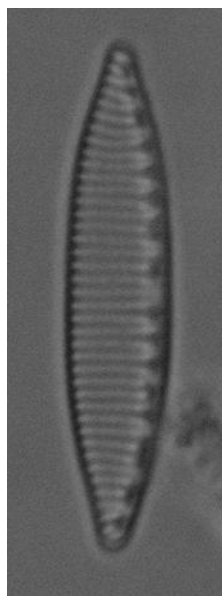
3

Figura 1. *Nitzschia palea*, 2. *Nitzschia desertorum*, 3. *Synedra ulna*.

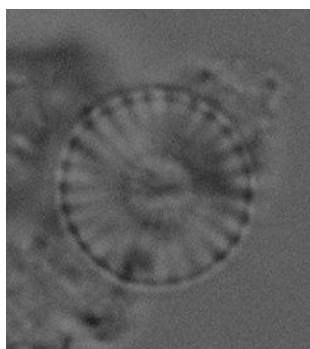
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2

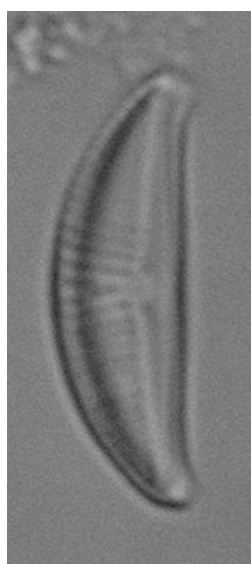


3

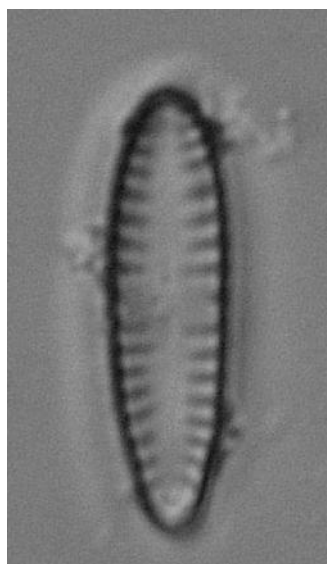
Figura1. *Aulacoseira granulata* var. *granulata*, 2. *Nitzschia amphibia*, 3. *Stephanodiscus medius*.

ANGAMACUTIRO

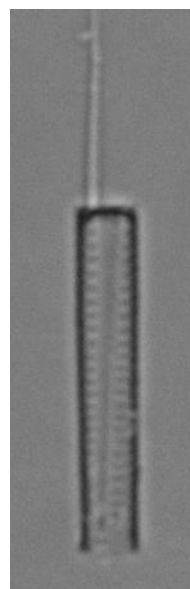
ESPECIES DOMINANTES:



1



2



3

Figura1. *Amphora veneta*, 2. *Gomphonema pumilum*, 3. *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*.

ESPECIES SUNDOMINANTES:

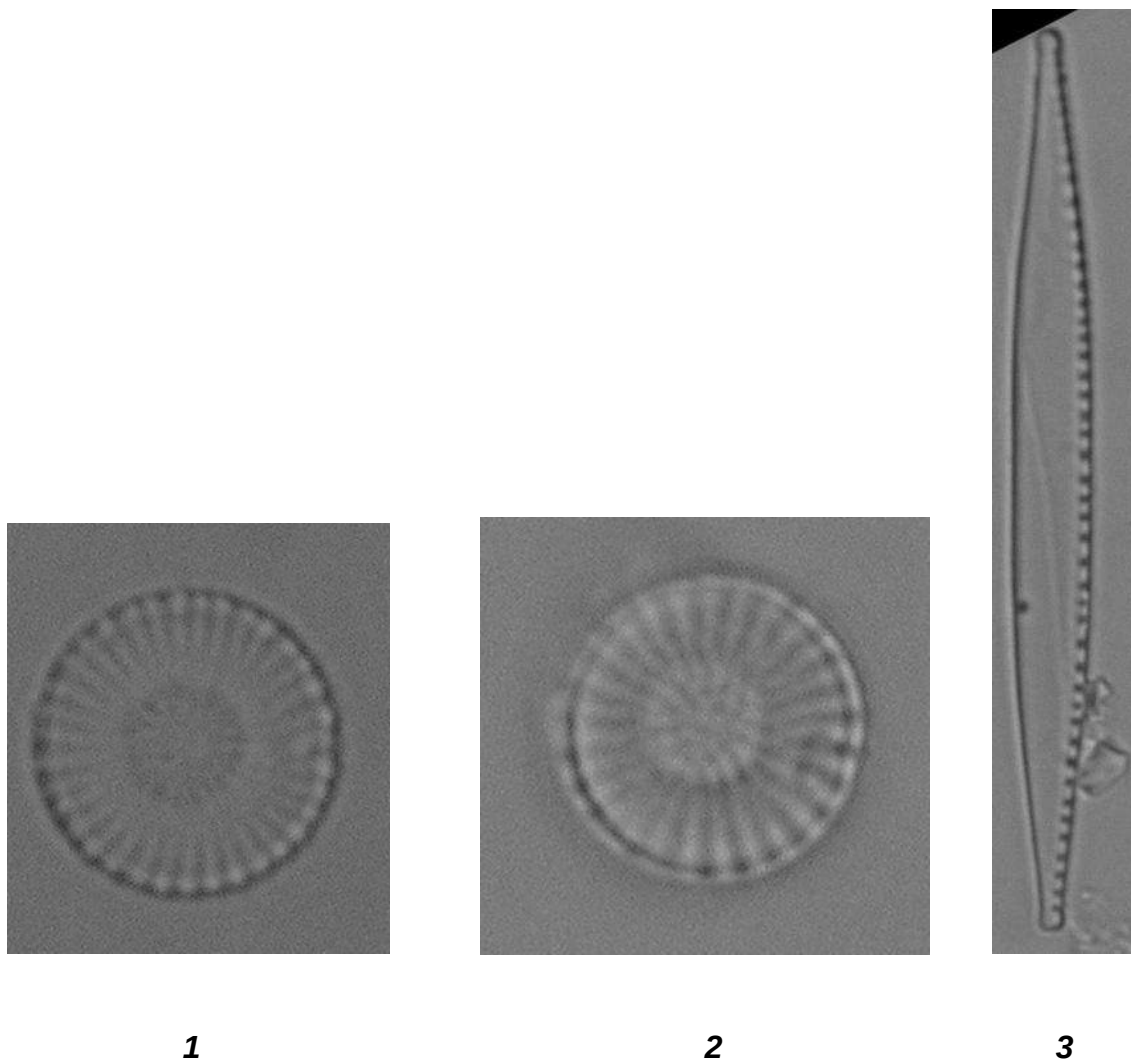
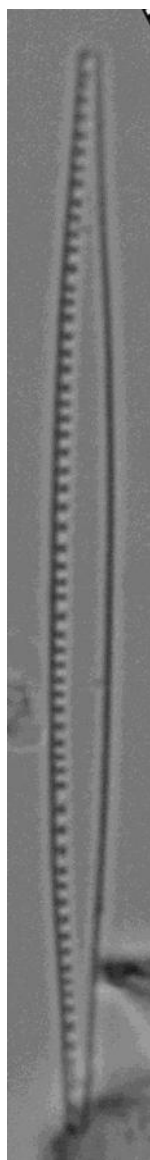
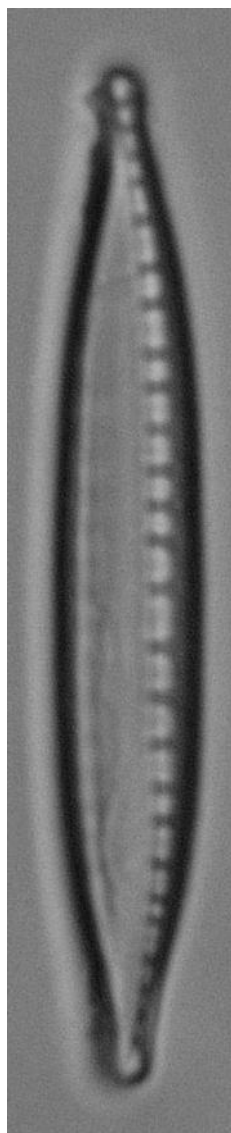


Figura 1. *Cyclotella invisitatus*, 2. *Stephanodiscus medius*, 3. *Nitzschia palea*.

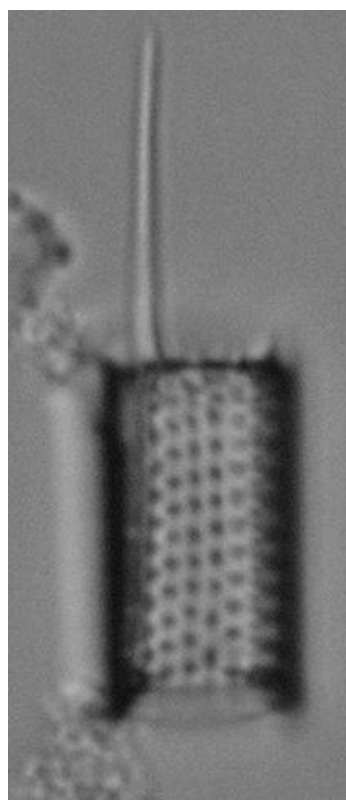
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2

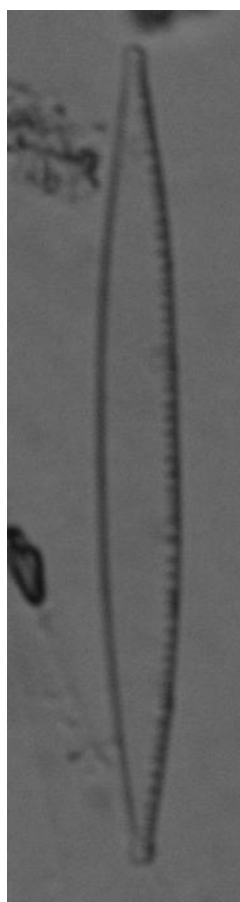


3

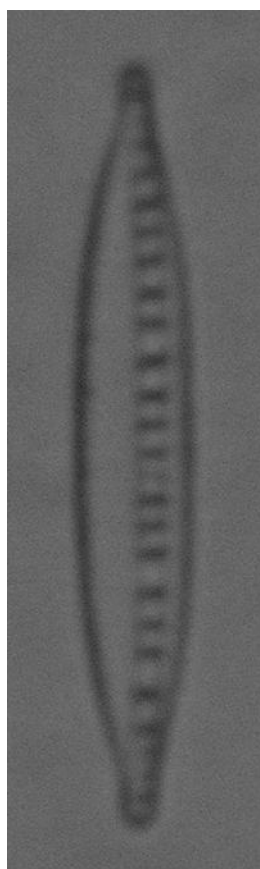
Figura 1. *Nitzschia acidoclinata*, 2. *Nitzschia dissipata*, 3. *Aulacoseira granulata*.

SANTIAGO CONGURIPO

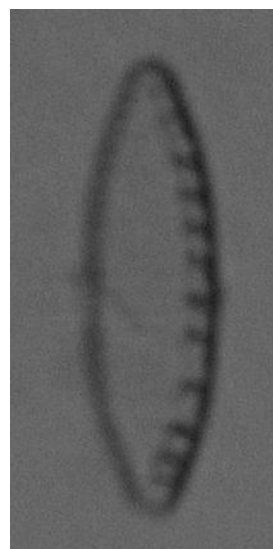
ESPECIES DOMINANTES:



1



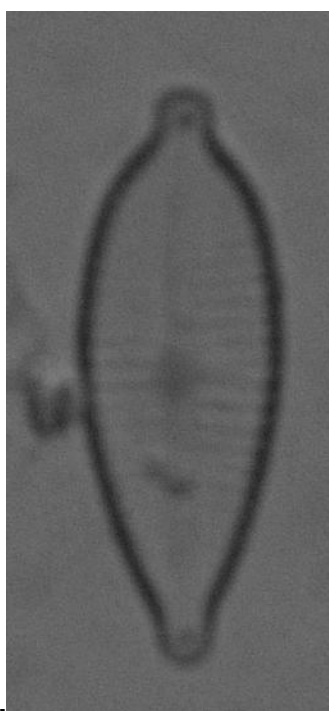
2



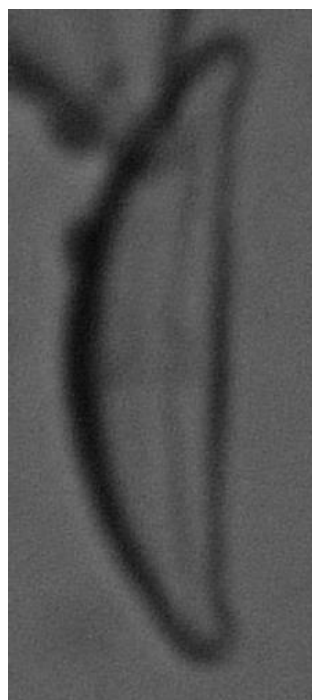
3

Figura 1. *Nitzschia palea*, 2. *Nitzschia dissipata*, 3. *Nitzschia amphibia*

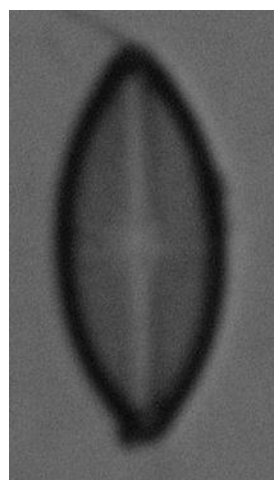
ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



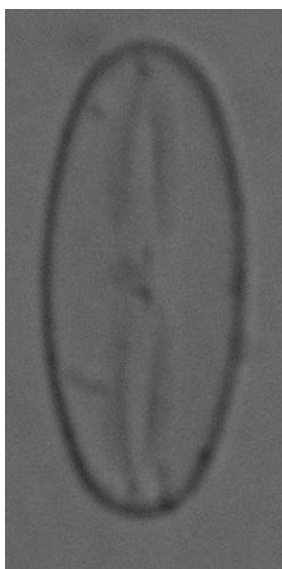
2



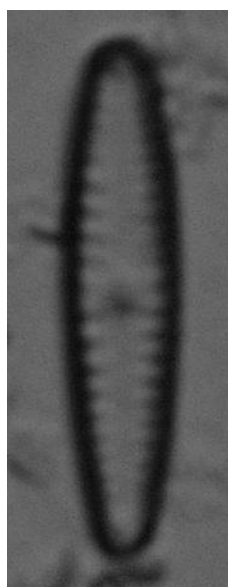
3

Figura 1. *Gomphonema parvulum*, 2. *Amphora veneta*, 3. *Navicula antonii*.

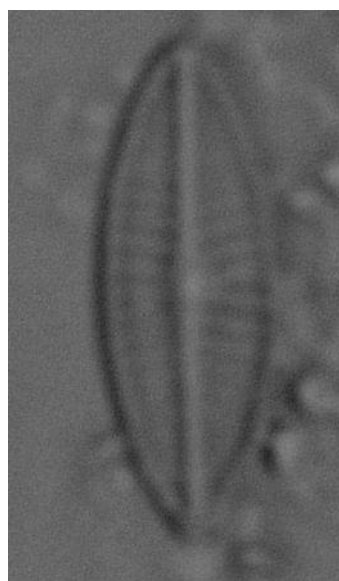
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2



3

Figura 1. *Fallacia pygmea*, 2. *Gomphonema pumilum*, 3. *Navicula cryptocephala*.

EPOCA DE POS LLUVIAS

MANANTIAL ZARCITA

ESPECIES DOMINANTES:

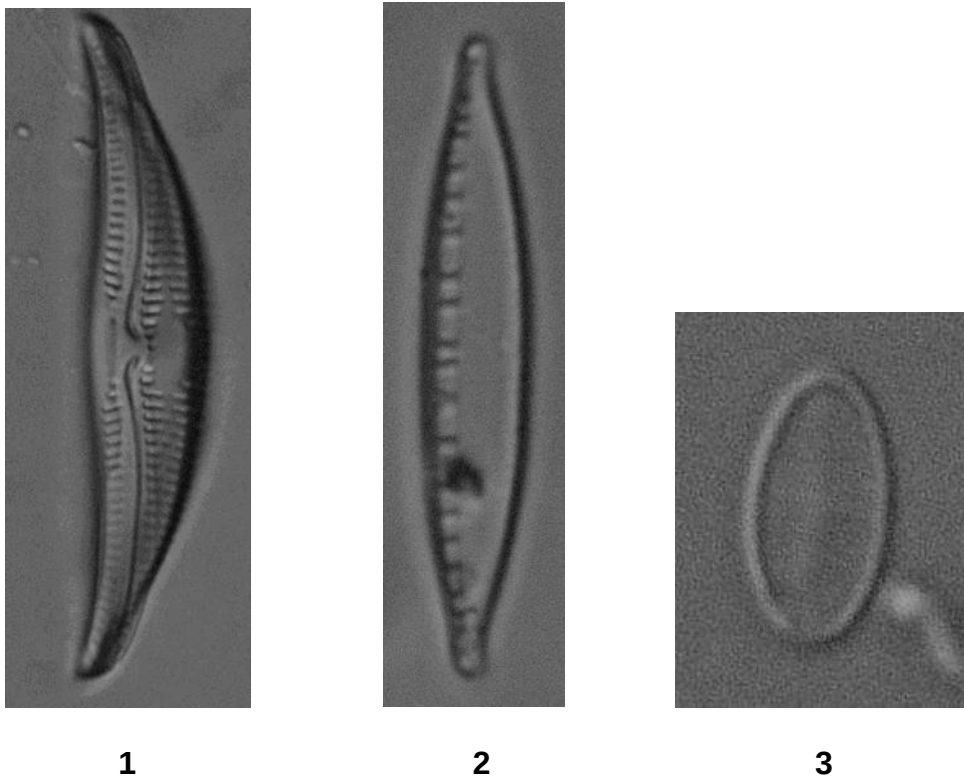
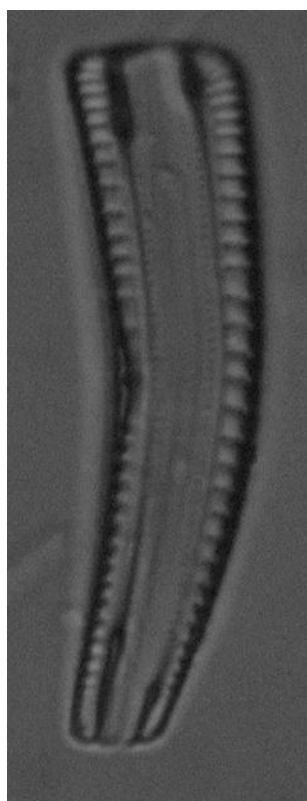


Figura 1. *Amphora lybica*, 2. *Nitzschia dissipata*, 3. *Mayameae atomus*.

ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



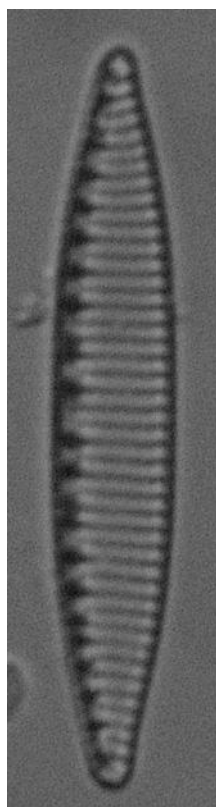
2



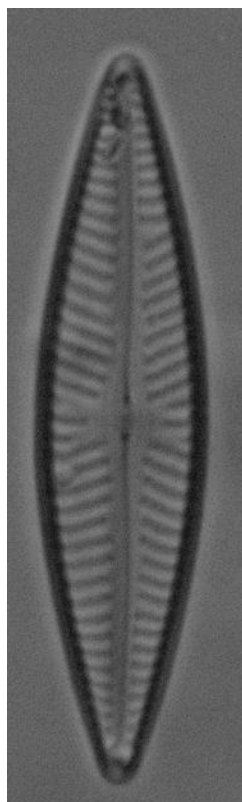
3

Figura 1. *Rhoicosphenia curvata*, 2. *Staurosira pinnata*, 3. *Achnanthes minutissima*.

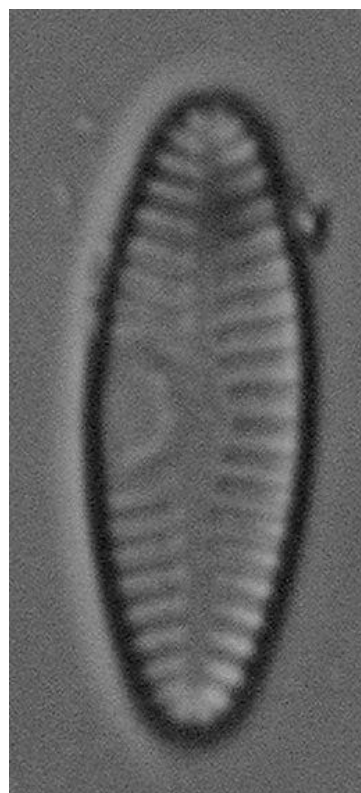
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2

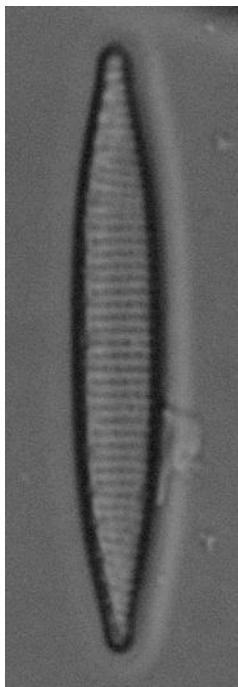


3

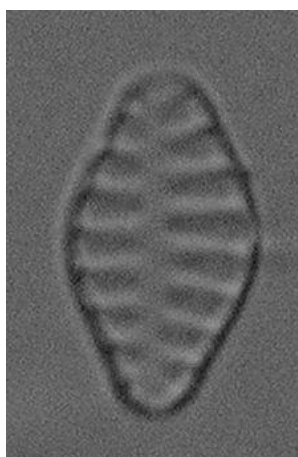
Figura 1. *Nitzschia amphibia*, 2. *Navicula cryptotenella*, 3. *Planothidium lanceolatum*.

ZACAPU

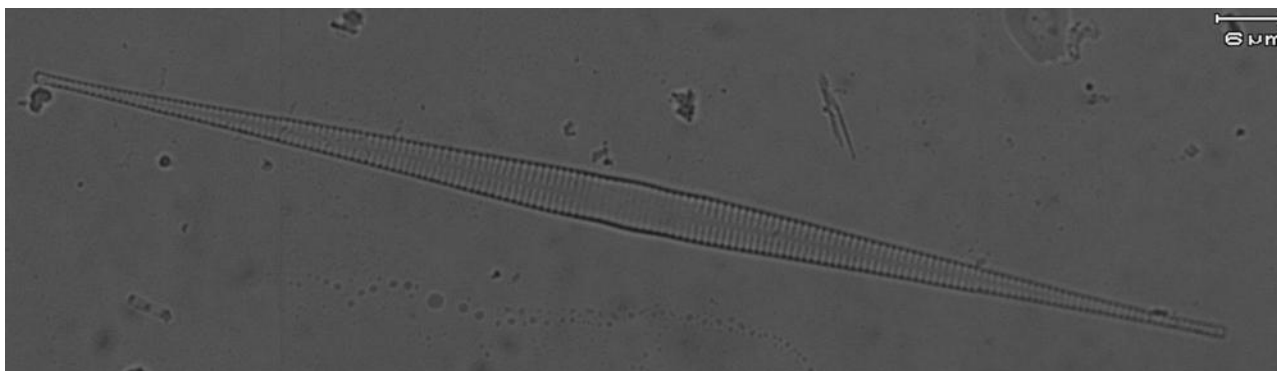
ESPECIES DOMINANTES:



1



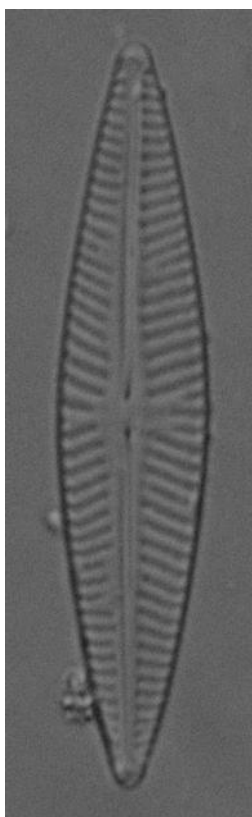
2



3

Figura 1. *Nitzschia amphibia*, 2. *Staurosira pinnata*, 3. *Synedra ulna*.

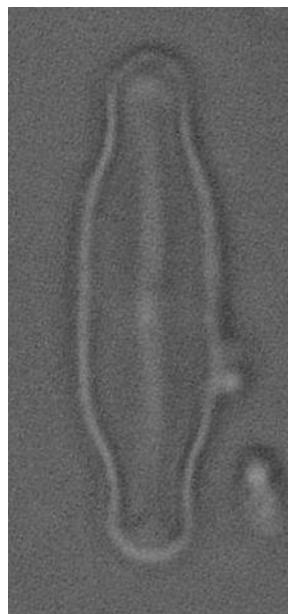
ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



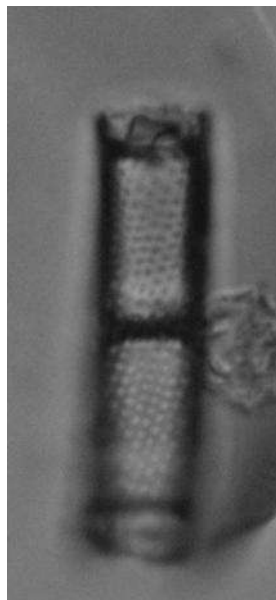
2



3

Figura 1. *Navicula cryptotenella*, 2. *Nitzschia acidoclinata*, 3. *Achnanthes minutissima*.

ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2

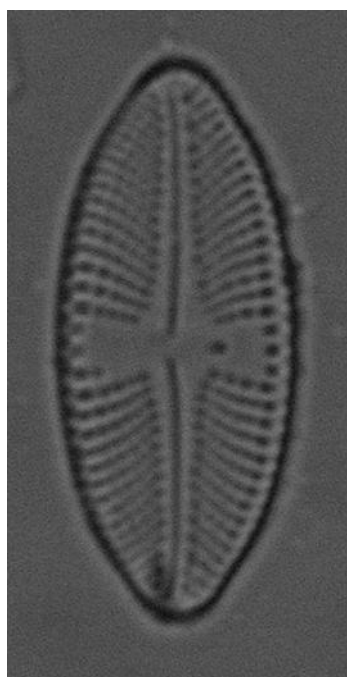


3

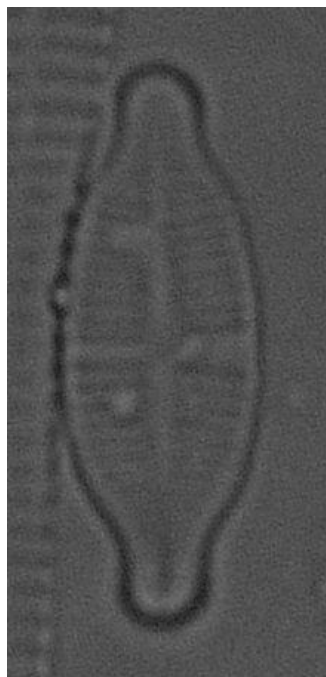
Figura 1. *Aulacoseira granulata*, 2. *Planothidium lanceolatum*, 3. *Mayamaea atomus*.

TAREJERO

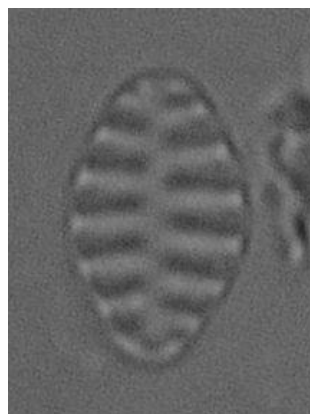
ESPECIES DOMINANTES:



1



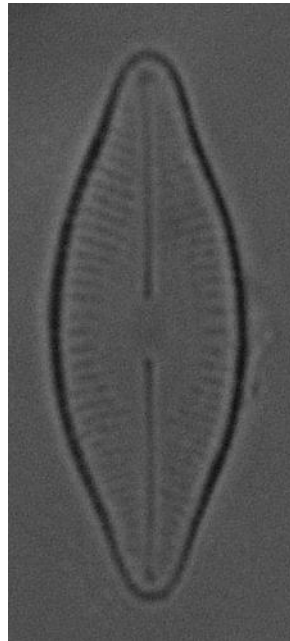
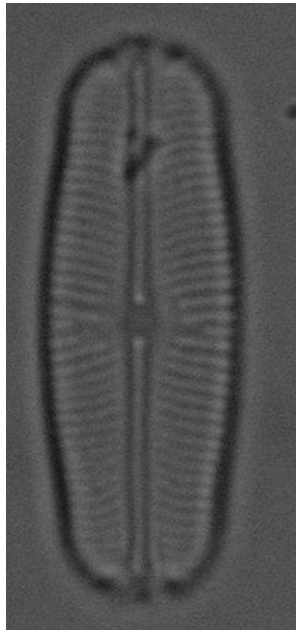
2



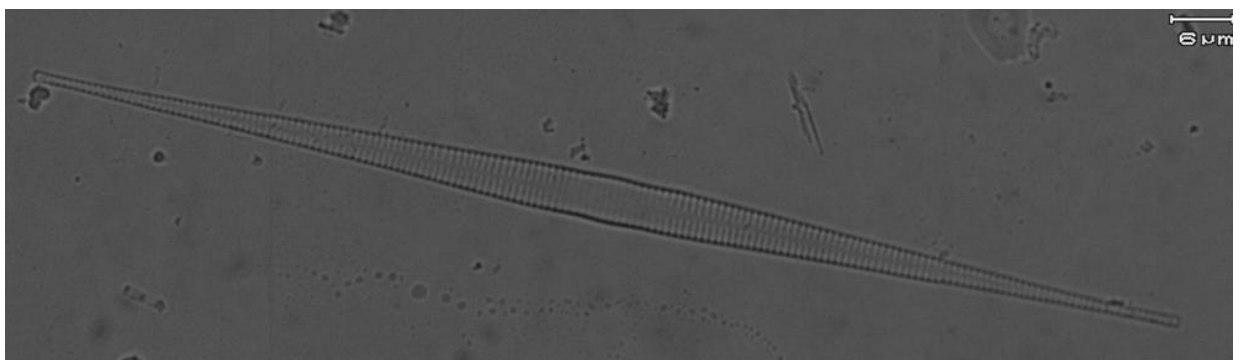
3

Figura 1. *Luticola mutica*, 2. *Achnanthes exigua*, 3. *Staurosira pinnata*.

ESPECIES SUBDOMINANTES:



1 2



3

Figura 1. *Sellaphora pupula*, 2. *Diadesmis confervacea*, 3. *Synedra ulna*.

ESPECIES ACOMPAÑANTES:

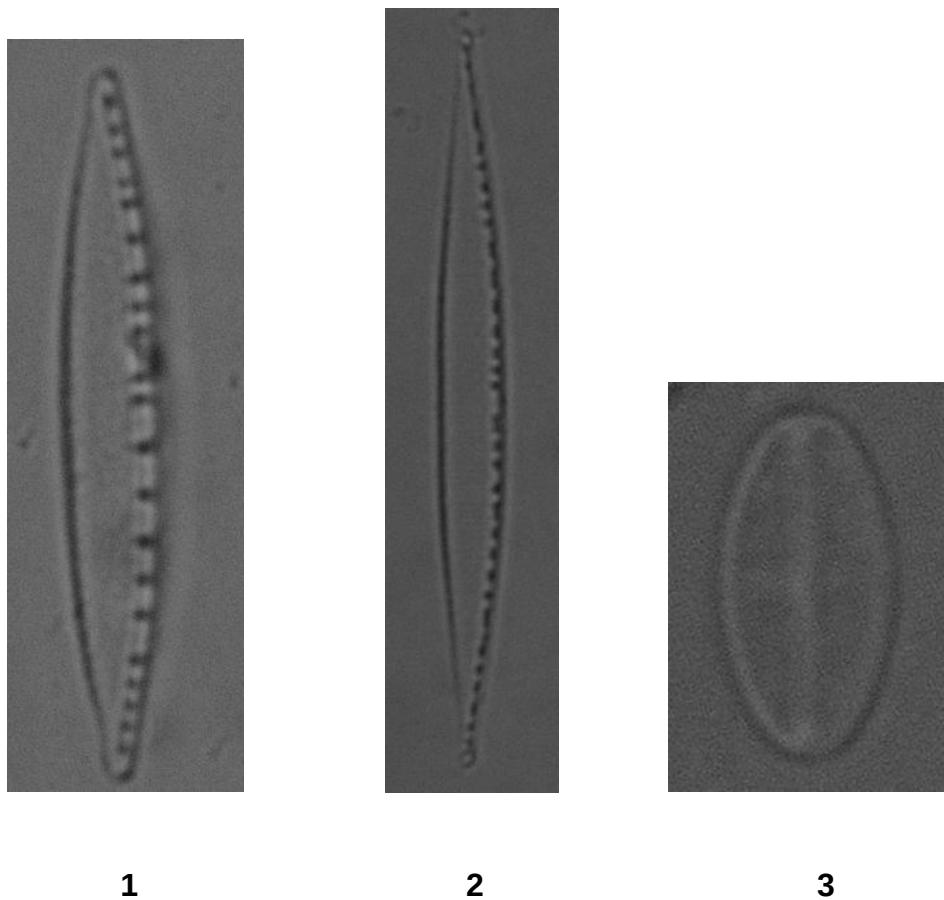
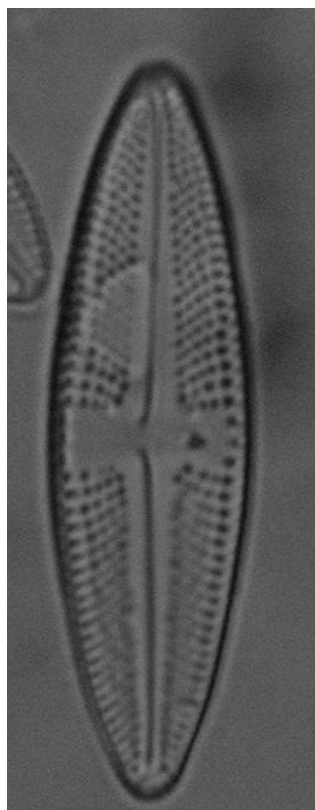


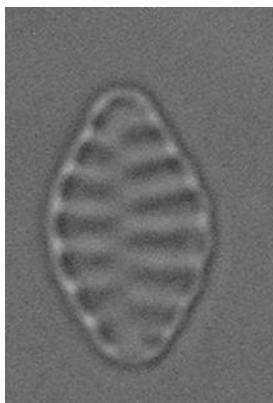
Figura 1. *Nitzschia dissipata*, 2. *Nitzschia palea*, 3. *Mayameae atomus*.

EST 3

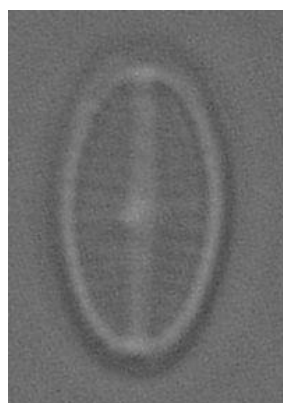
ESPECIES DOMINANTES:



1



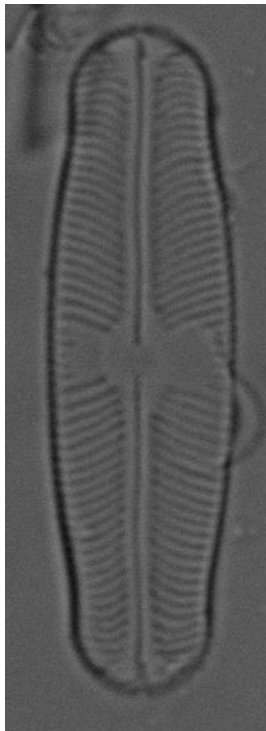
2



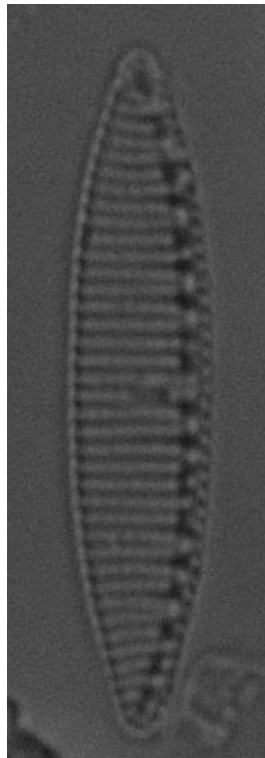
3

Figura 1. *Luticola geoppertiana*, 2. *Staurosira pinnata*, 3. *Mayamaea atomus*.

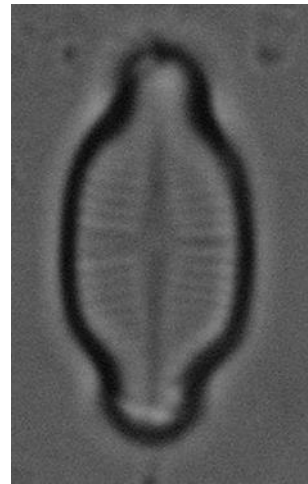
ESPECIES SUNDOMINANTES:



1



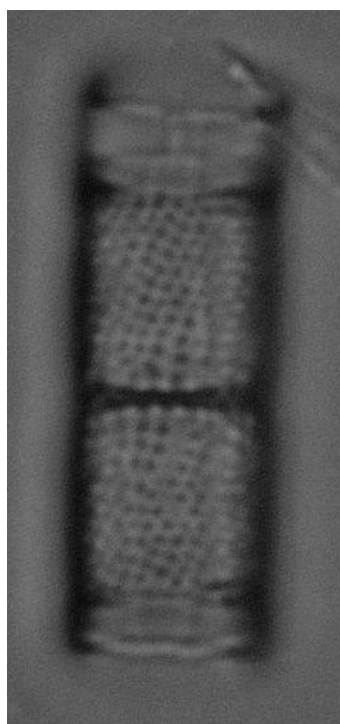
2



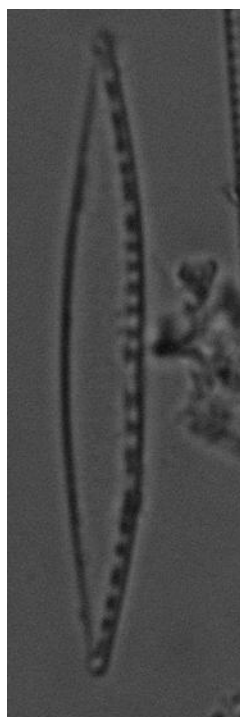
3

Figura 1. *Sellaphora pupula*, 2. *Nitzschia amphibia*, 3. *Achnanthes exigua*.

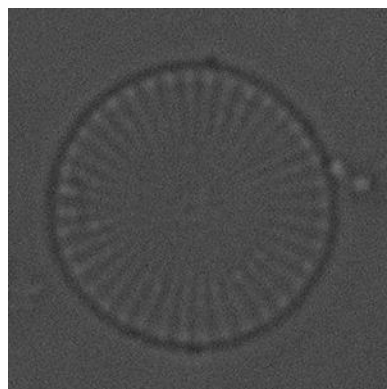
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2



3

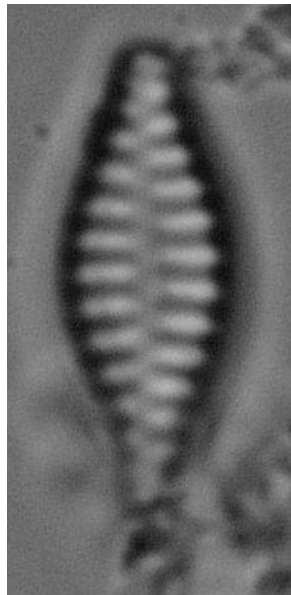
Figura 1. *Aulacoseira granulata*, 2. *Nitzschia palea*, 3. *Cyclotella invisitatus*.

LIENZO CHARRO

ESPECIES DOMINANTES:



1



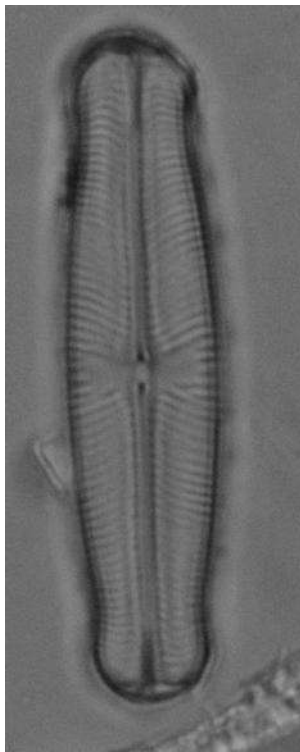
2



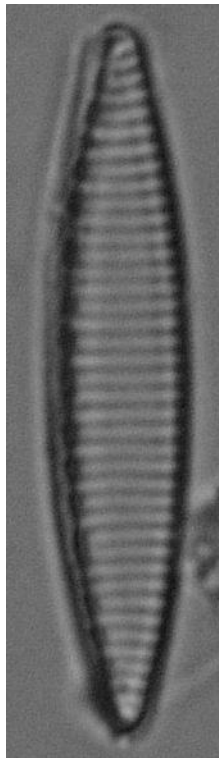
3

Figura 1. *Achnanthes exigua*, 2. *Staurosira exigua*, 3. *Synedra ulna*.

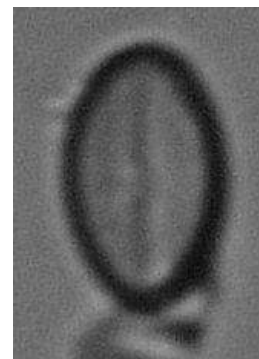
ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



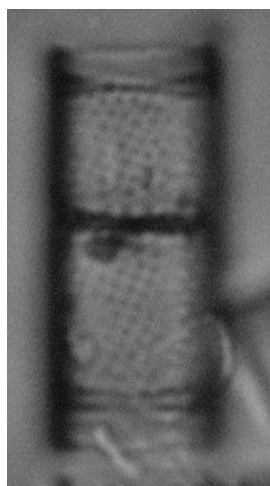
2



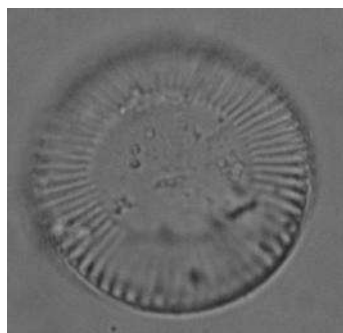
3

Figura 1. *Sellaphora pupula*, 2. *Nitzschia amphibia*, 3. *Mayameae atomus*.

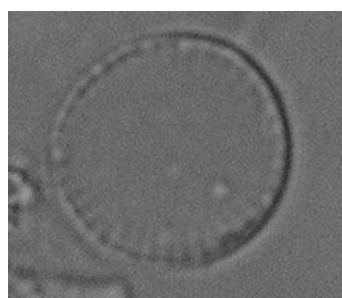
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2

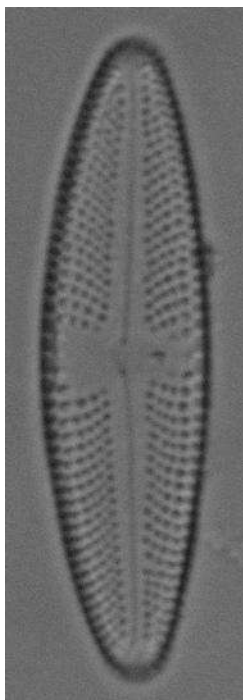


3

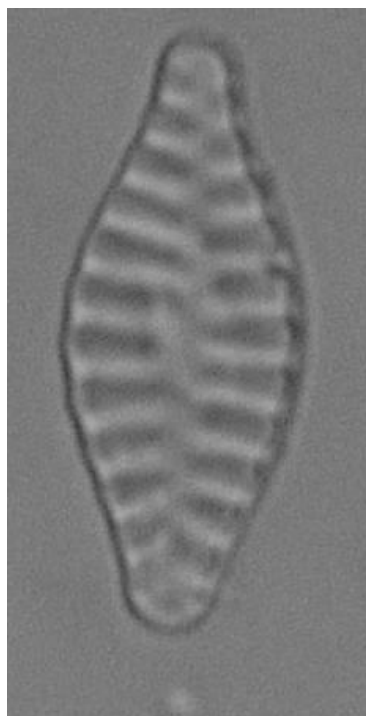
Figura 1. *Aulacoseira granulata*, 2. *Cyclotella meneghiniana*, 3. *Cyclotella invisitatus*.

EL RANCHITO

ESPECIES DOMINANTES:



1



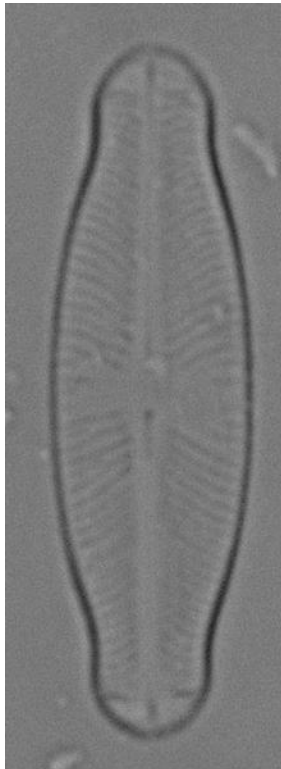
2



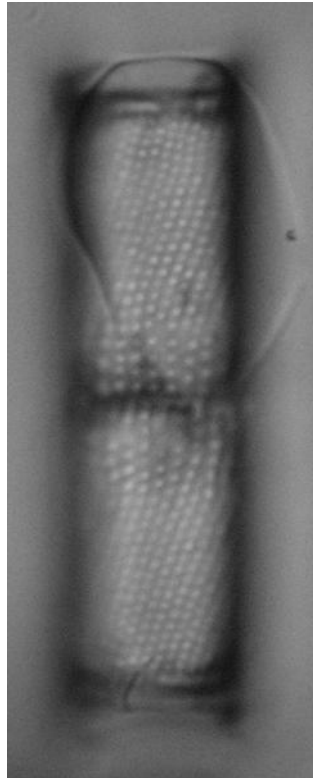
3

Figura 1. *Luticola geoppertiana*, 2. *Staurosira pinnata*, 3. *Synedra ulna*.

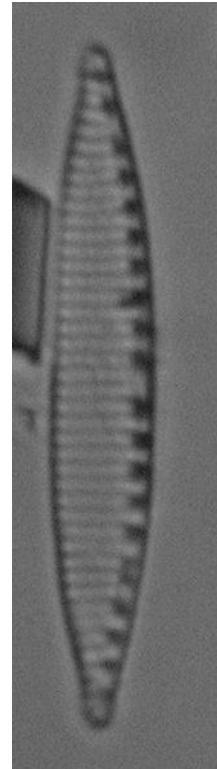
ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



2



3

Figura 1. *Sellaphora pupula*, 2. *Aulacoseira granulata*, 3. *Nitzschia amphibia*.

ESPECIES ACOMPAÑANTES:

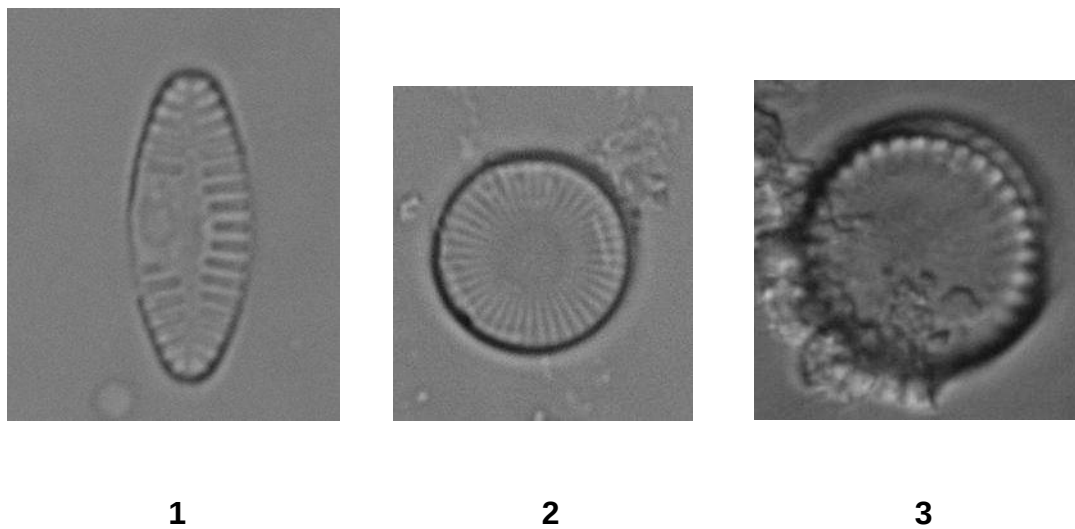


Figura 1. *Planorbulinid lanceolatum*, 2. *Cyclotella invisitatus*, 3. *Cyclotella menenghiniana*.

PANINDICUARO

ESPECIES DOMINANTES:

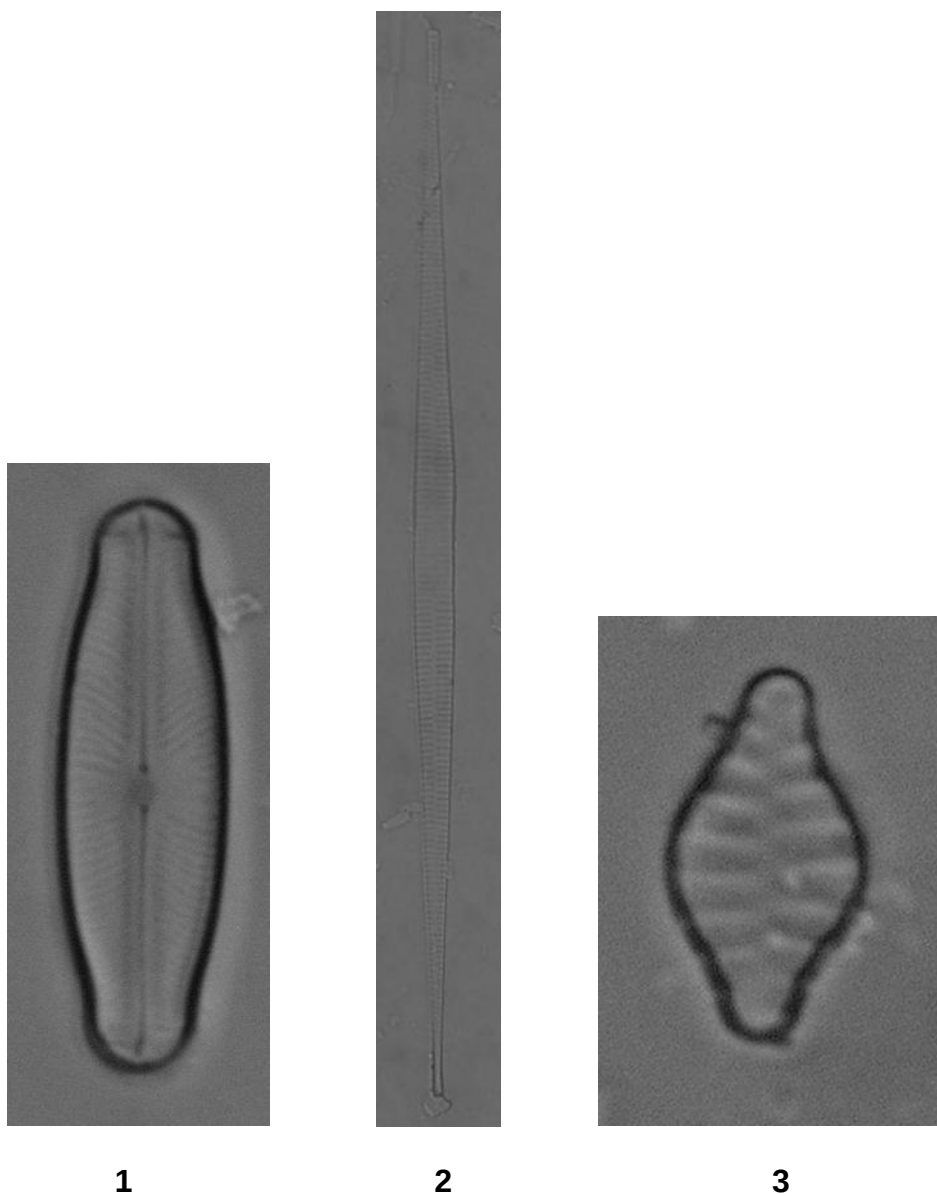
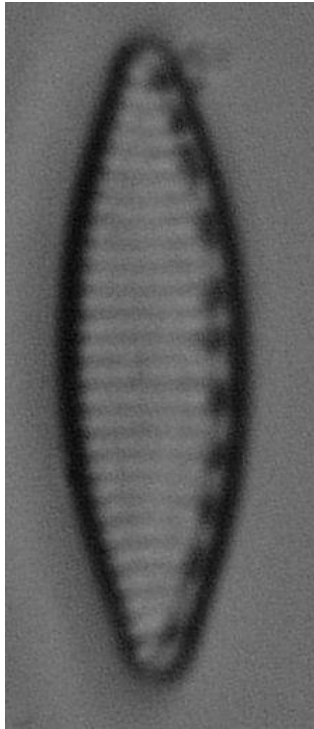


Figura 1. *Sellaphora pupula*, 2. *Synedra ulna*, 3. *Staurosira pinnata*.

ESPECIES SUBDOMINANTES:

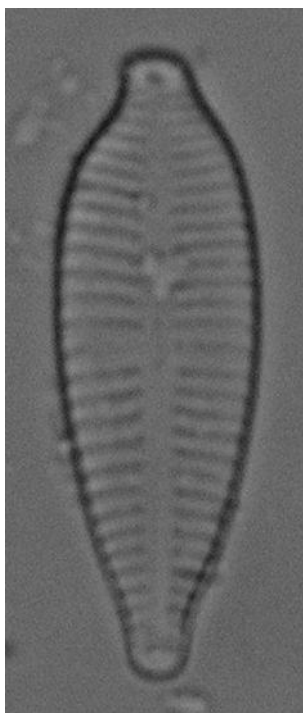


1

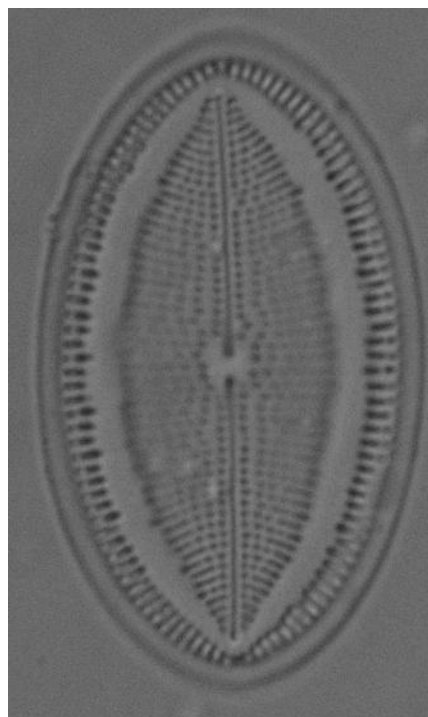
2

Figura 1. *Nitzschia amphibia*, 2. *Eolimna subminuscula*.

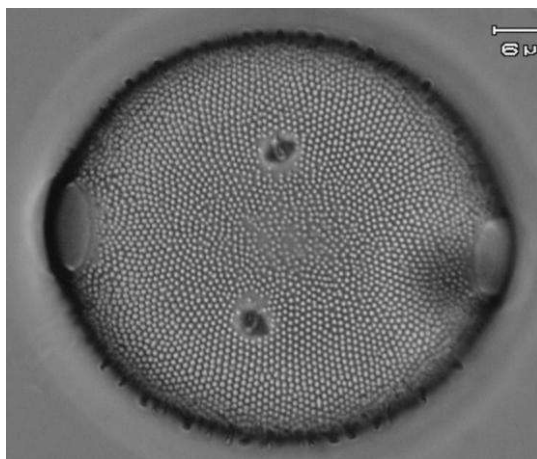
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2

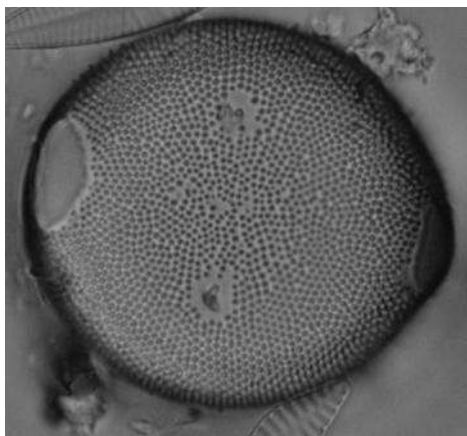


3

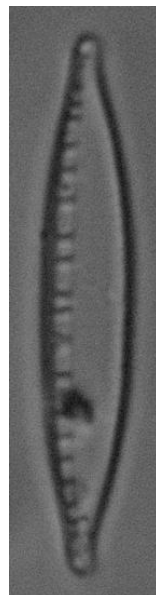
Figura 1. *Gomphonema parvulum*, 2. *Cocconeis placentula* var. *placentula*, 3. *Pleurosira laevis*.

EL SALTO

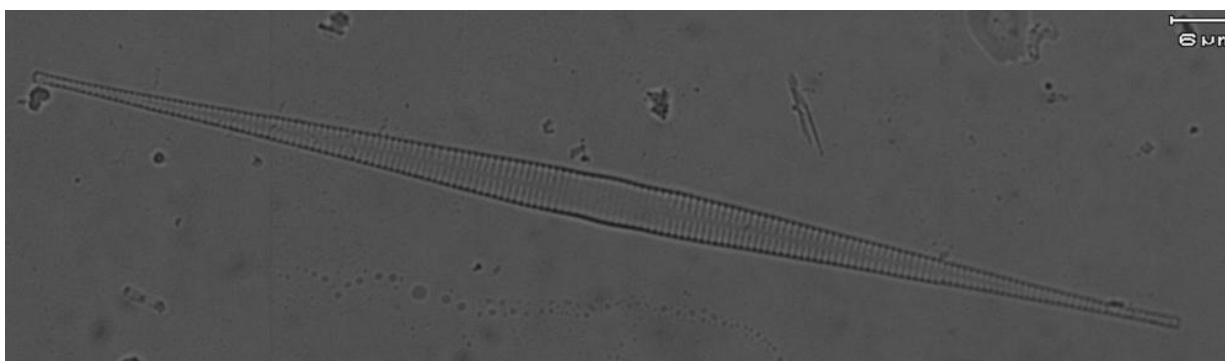
ESPECIES DOMINANTES:



1



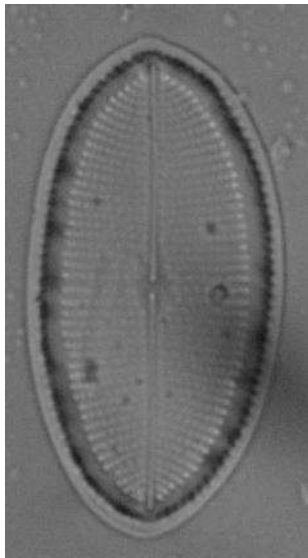
2



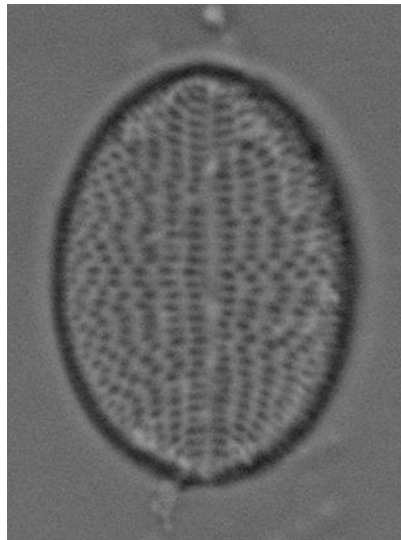
3

Figura 1. *Pleurosira laevis*, 2. *Nitzschia dissipata*, 3. *Synedra ulna*.

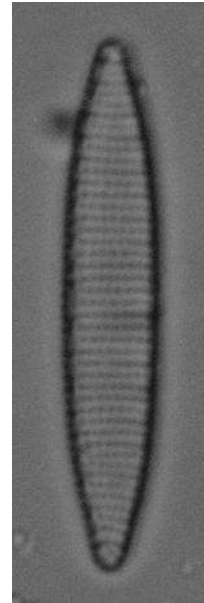
ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



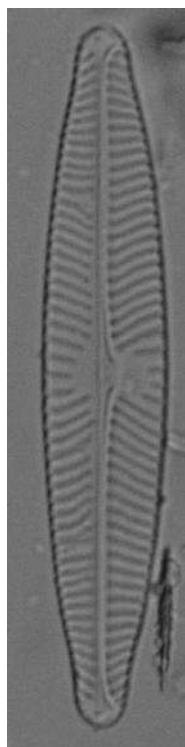
2



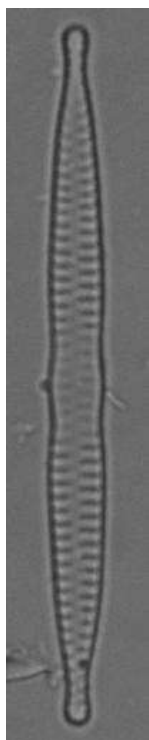
3

Figura 1. *Cocconeis placentula* var. *placentula*, 2. *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, 3. *Nitzschia amphibia*.

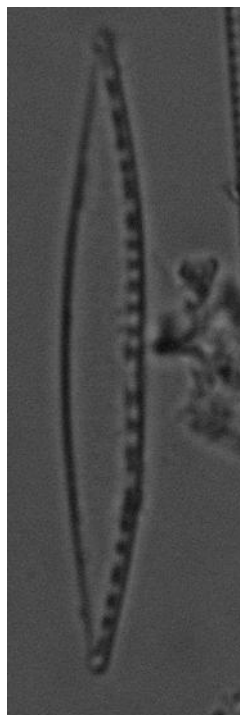
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2

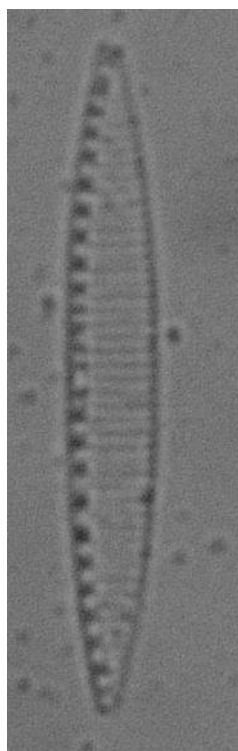


3

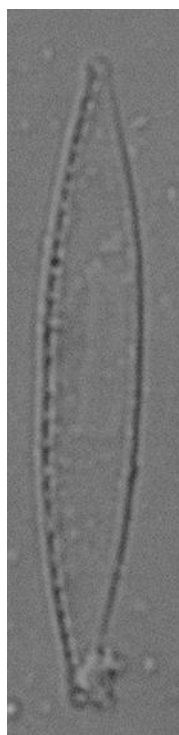
Figura 1. *Navicula lundii*, 2. *Staurosira capuchina* var. *vaucheria*, 3. *Nitzschia dissipata*.

PRESA EL ROSARIO

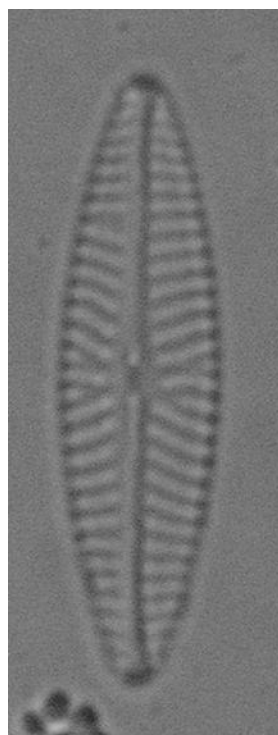
ESPECIES DOMINANTES:



1



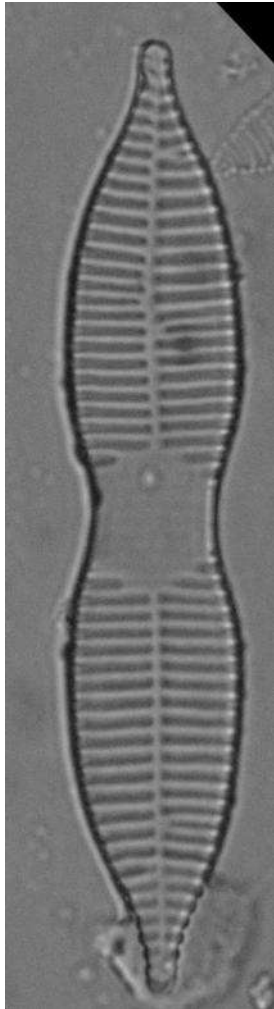
2



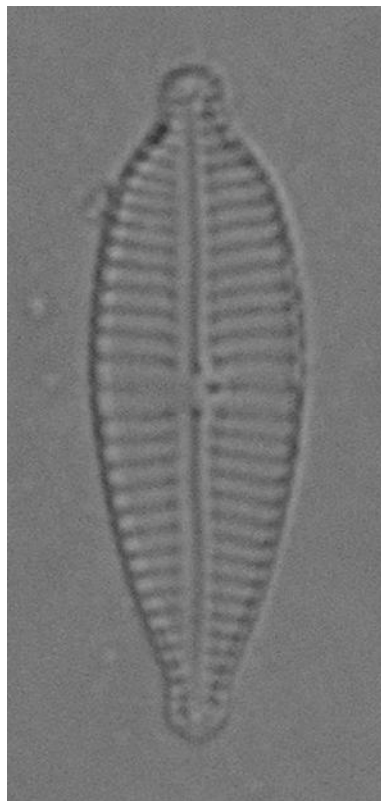
3

Figura1. *Nitzschia amphibia*, 2. *Nitzschia palea*, 3. *Navicula veneta*.

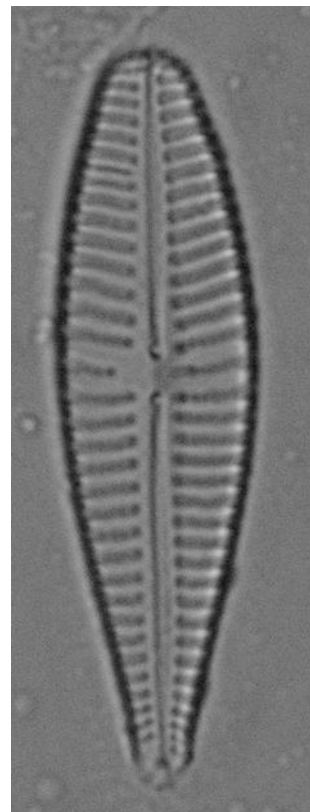
ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



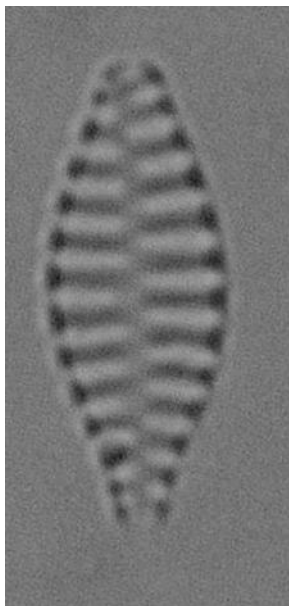
2



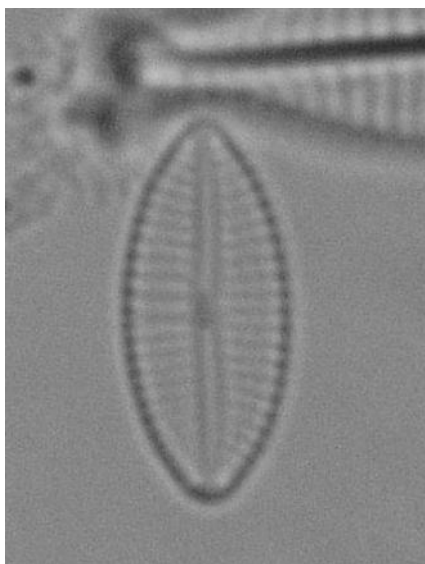
3

Figura 1. *Fragilaria goulardii*, 2. *Gomphonema parvulum*, 3. *Gomphonema mexicanum*.

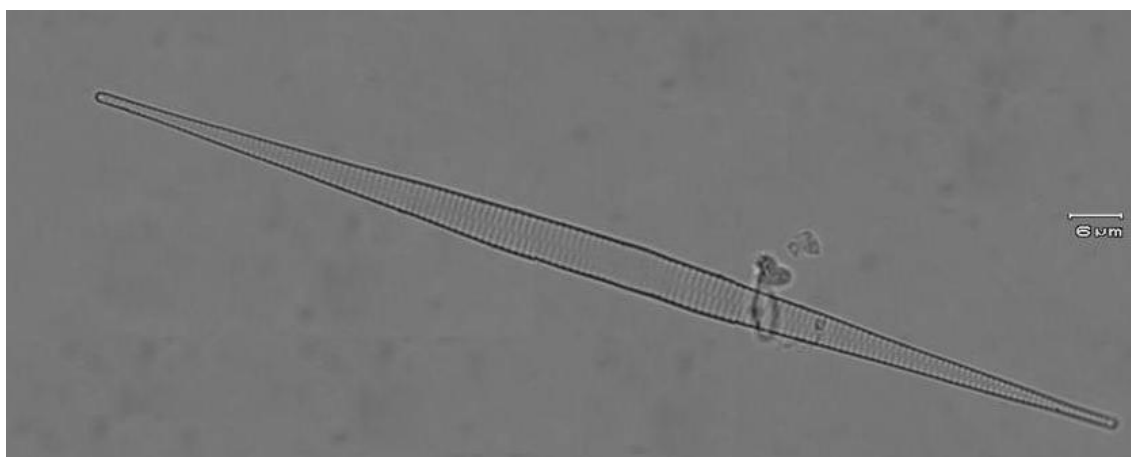
ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1



2



3

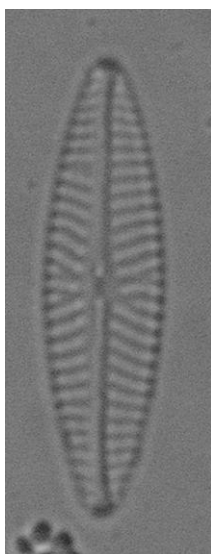
Figura 1. *Staurosira pinnata*, 2. *Navicula antonii*, 3. *Synedra ulna*.

MANANTIAL EL ROSARIO

ESPECIES DOMINANTES:



1



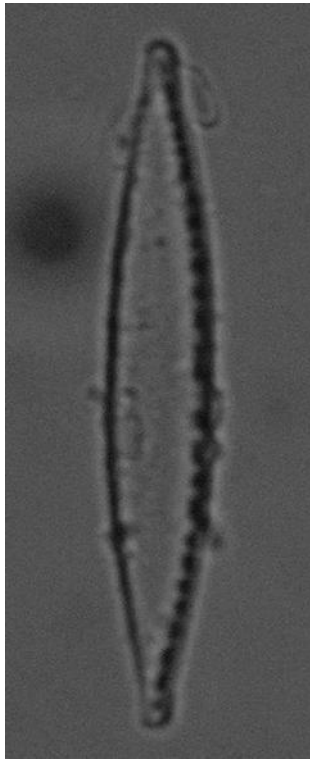
2



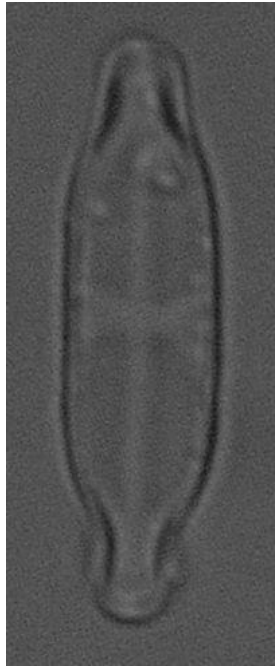
3

Figura 1. *Amphora veneta*, 2. *Navicula cryptotenella*, *Nitzschia filiformis*.

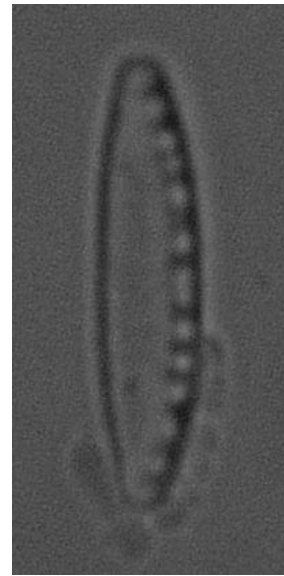
ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



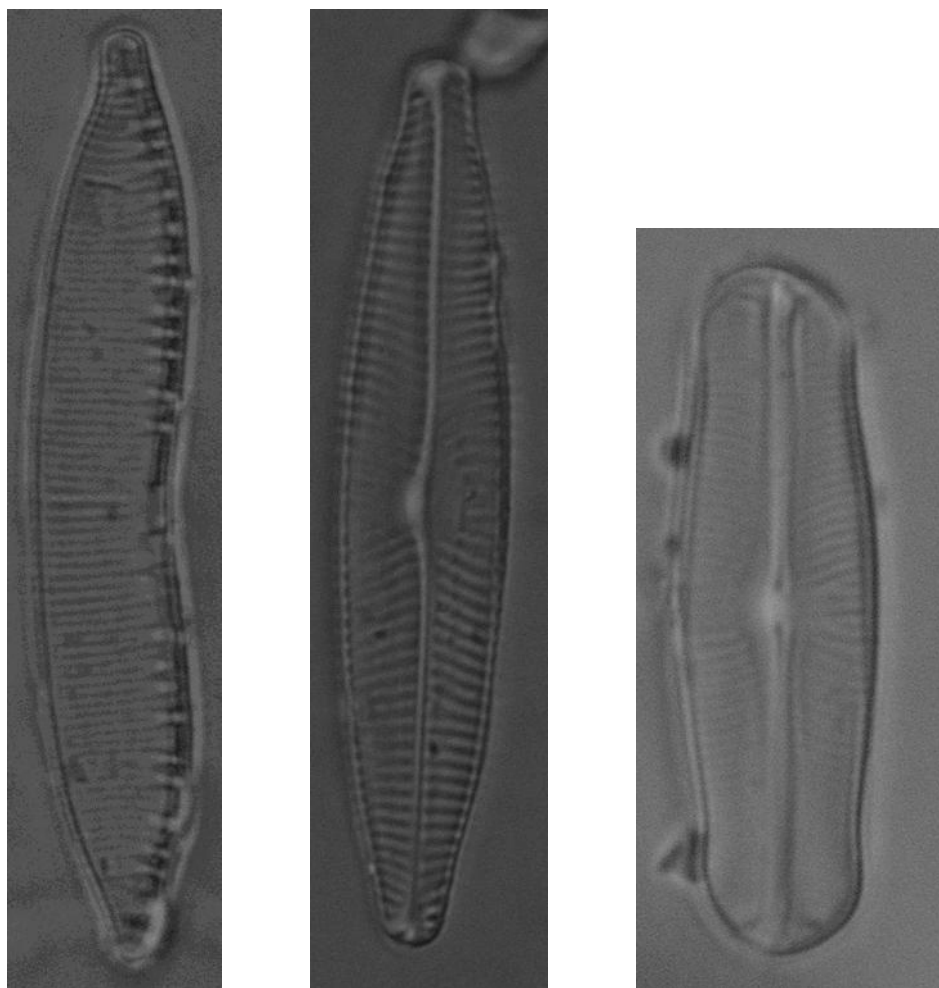
2



3

Figura 1. *Nitzschia palea*, 2. *Achnanthes exigua*, 3. *Nitzschia incospicua*.

ESPECIES ACOMPAÑANTES:



1

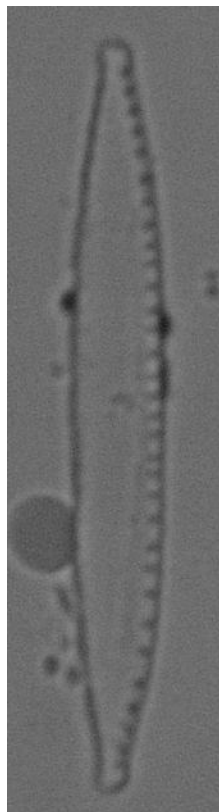
2

3

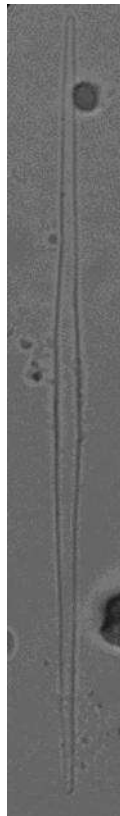
Figura 1. *Nitzschia amphioxys*, 2. *Navicula lundii*, 3. *Sellaphora pupula*.

ANGAMACUTIRO

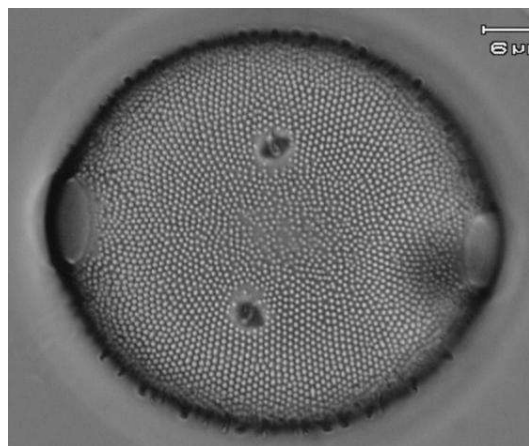
ESPECIES DOMINANTES:



1



2



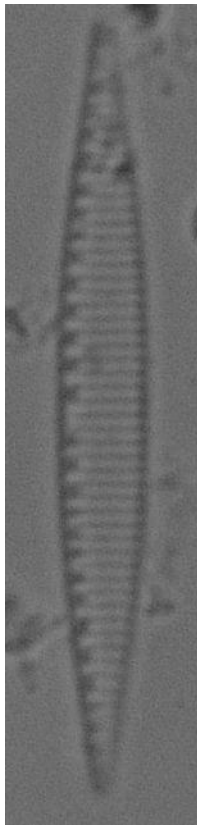
3

Figura 1. *Nitzschia palea*, *Synedra ulna*, 3. *Pleurosira laevis*.

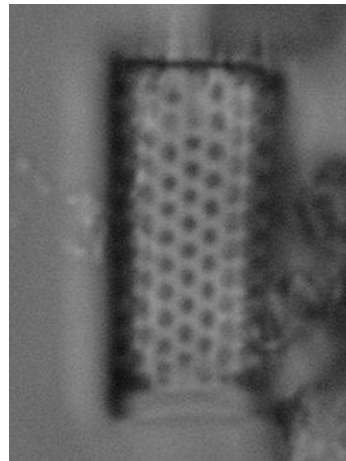
ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



2



3

Figura 1. *Nitzschia dissipata*, 2. *Nitzschia amphibia*, 3. *Aulacoseira granulata*.

ESPECIES ACOMPAÑANTES:

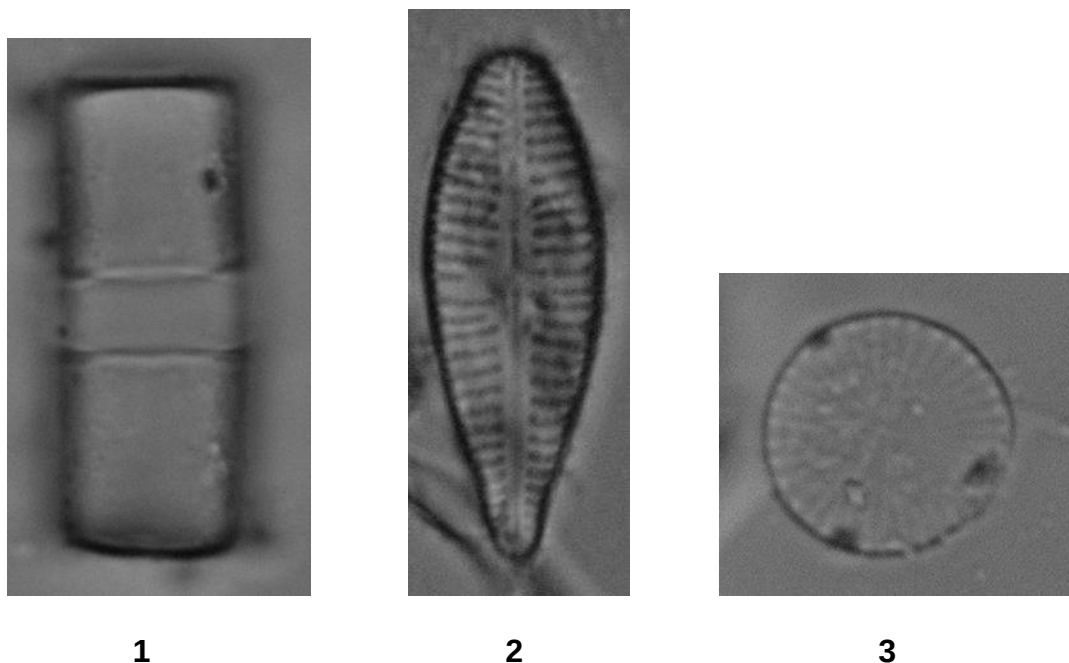
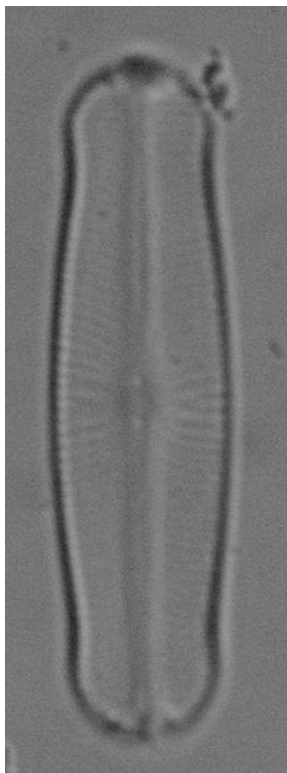


Figura 1. *Melosira varians*, 2. *Gomphonema mexicanum*, 3. *Cyclotella invisitatus*.

SANTIAGO COMGURIPO

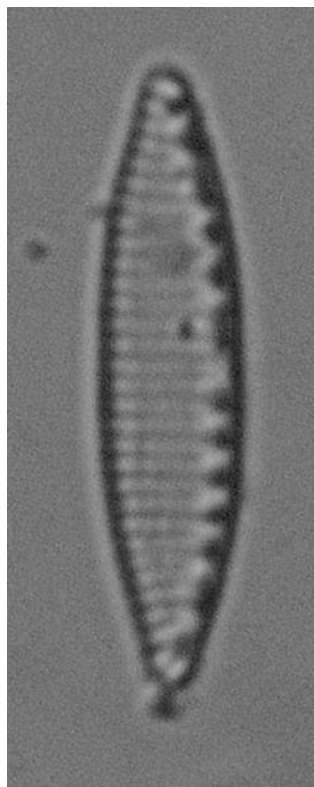
ESPECIES DOMINANTES:



1



2



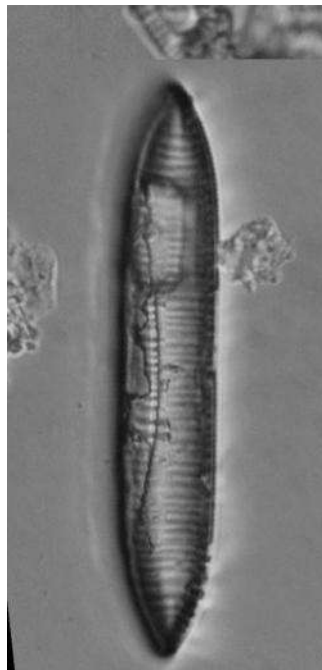
3

Figura 1. *Sellaphora pupula*, 2. *Bacillaria paradoxa*, 3. *Nitzschia palea*.

ESPECIES SUBDOMINANTES:



1



2



3

Figura 1. *Nitzschia palea*, 2. *Nitzschia hungarita*, 3. *Diadesmis confervacea*.

ESPECIES ACOMPAÑANTES:

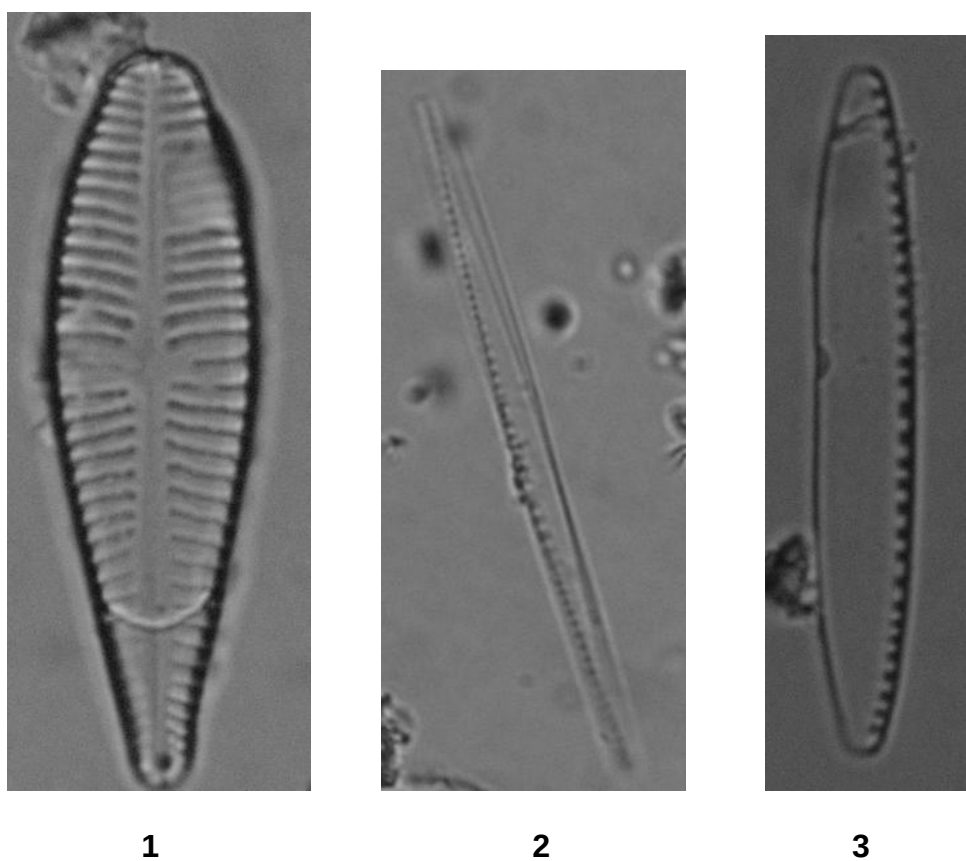


Figura 1. *Gomphonema mexicanum*, 2. *Nitzschia filiformis*, 3. *Nitzschia desertorum*.

