



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE  
HIDALGO**

---

---



**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS DE LA TIERRA  
MAESTRÍA EN GEOCIENCIAS Y PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO**

**CALIDAD DEL AGUA DE LAS CALDERAS DE ACOCULCO Y  
HUMEROS, PUEBLA EN BASE A LA DISTRIBUCIÓN DE  
DIATOMEAS**

**TESIS  
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
MAESTRA EN GEOCIENCIAS Y PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO**

**PRESENTA:**

**GEOL. Evelyn Yatzil Sánchez Pérez**

**ASESORA:**

**DRA. ISABEL ISRADE ALCÁNTARA**

Morelia, Michoacán, México; Febrero 2020.

**Agradecimientos:**

Somos el resultado de la mezcla de acontecimientos y momentos, pero también creo que en parte somos el resultado de como dejamos que las personas impacten en nuestras vidas, por ello agradezco a todos los que fueron parte de mi etapa de maestría, a mi directora, a mis asesores, a mis maestros, a mis compañeros, a mis amigas, pero en especial a mi madre y a mi padre.

**Dedicatoria:**

A Dios, a mi madre, a mi padre, a la luna, al sol, a la lluvia, a los árboles y todo aquello que hace posible nuestra existencia en este planeta.

# ÍNDICE

RESUMEN .....	vii
INTRODUCCIÓN .....	1
1. ANTECEDENTES .....	2
1.1. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS CALDERA DE ACOCULCO, PUEBLA.....	5
1.2. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS CALDERA DE HUMEROS, PUEBLA.....	11
2. HIPÓTESIS.....	13
3. OBJETIVOS.....	13
3.1. Objetivo General.....	13
3.2. Objetivos particulares.....	13
4. METODOLOGÍA.....	14
4.1. Trabajo en campo.....	14
4.2. Trabajo de laboratorio .....	14
• Lavado de muestras.....	14
• Montado de muestras.....	15
• Identificación taxonómica de las diatomeas.....	15
4.3. Trabajo de gabinete.....	16
5. RESULTADOS .....	19
Descripciones taxonómicas de todas las diatomeas encontradas.....	19
<i>Achnanthes conspicua</i> .....	19
<i>Achnanthes inflata</i> .....	19
<i>Achnanthes lanceolata ssp. Frequentissima</i> .....	19
<i>Achnanthes lanceolata var. Lanceolata</i> .....	20
<i>Achnanthes exigua</i> .....	20
<i>Achnanthes exigua var exigua</i> .....	20
<i>Achnanthes grana</i> .....	20
<i>Achnanthes lanceolata ssp. bipomora</i> .....	21
<i>Achnanthes lanceolata ssp. Lanceolata var. boyei</i> .....	21
<i>Achnanthes lanceolata var. rostrata</i> .....	21
<i>Achnanthidium minutissimum (Achnanthes minutissima, Kütz. 1833)</i> .....	22
<i>Achnanthes subatomoides (Psammothidium subatomoides (Hust.) Bukht y Round 1996)</i> .....	22
<i>Caloneis bacillum (Stauroneis bacillum, Grunow 1863)</i> .....	22
<i>Caloneis silicula</i> .....	22

<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>Placentula</i> .....	23
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> .....	23
<i>Cyclotella meneghiniana</i> .....	23
<i>Cymatopleura</i> aff. <i>brunii</i> .....	24
<i>Cymbella caespitosa</i> .....	24
<i>Cymbella minuta</i> .....	24
<i>Cymbella naviculiformis</i> .....	24
<i>Cymbella perpusilla</i> .....	25
<i>Cymbella tumida</i> .....	25
<i>Denticula eximia</i> .....	25
<i>Denticula valida</i> .....	26
<i>Epithemia adnata</i> .....	26
<i>Epithemia sorex</i> .....	26
<i>Eunotia arcus</i> .....	26
<i>Eunotia arculus</i> .....	27
<i>Eunotia exigua</i> .....	27
<i>Eunotia silvahercynia</i> .....	27
<i>Eunotia denticulata</i> .....	28
<i>Eunotia elegans</i> .....	28
<i>Eunotia septentrionalis</i> .....	28
<i>Eunotia implicata</i> .....	29
<i>Eunotia meisteri</i> .....	29
<i>Eunotia minor</i> .....	29
<i>Eunotia paludosa</i> .....	29
<i>Eunotia naegeli</i> .....	30
<i>Eunotia rhyncephala</i> .....	30
<i>Eunotia steinecke</i> .....	30
<i>Eunotia subarcutoides</i> .....	30
<i>Eunotia tenella</i> .....	31
<i>Fragilaria ulna</i> .....	31
<i>Fragilaria capucina</i> .....	31
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>capitellata</i> .....	32
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>perminuta</i> .....	32

<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> .....	32
<i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> .....	32
<i>Fragilaria tenera</i> .....	33
<i>Fragilaria pinnata</i> var. <i>Pinnata</i> .....	33
<i>Frustulia romboide</i> .....	33
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>crassinervia</i> .....	33
<i>Frustulia spicula</i> .....	34
<i>Frustulia vulgaris</i> .....	34
<i>Gomphonema angustum</i> .....	34
<i>Gomphonema clavatum</i> .....	35
<i>Gomphonema gracile</i> .....	35
<i>Gomphonema parvulum</i> .....	35
<i>Gomphonema parvulum</i> var <i>lagenula</i> .....	36
<i>Gomphonema truncatum</i> .....	36
<i>Gyrosigma obscurum</i> .....	36
<i>Hantzschia amphioxys</i> .....	36
<i>Navicula cryptotenella</i> .....	37
<i>Navicula constans</i> .....	37
<i>Navicula contenta</i> ( <i>Humidophila contenta</i> ( <i>Grunow</i> ) <i>Lowey y Cot. 2014</i> ).....	38
<i>Navicula decussis</i> .....	38
<i>Navicula cryptocephala</i> .....	38
<i>Navicula difficillima</i> , .....	39
<i>Navicula erifuga</i> .....	39
<i>Navicula expecta</i> .....	39
<i>Navicula halophila</i> .....	39
<i>Navicula libonesis</i> .....	40
<i>Navicula minima</i> .....	40
<i>Navicula pelliculosa</i> .....	40
<i>Navicula phyllepta</i> .....	40
<i>Navicula rhyncephala</i> .....	41
<i>Navicula schroeterii</i> .....	41
<i>Navicula subrhyncephala</i> .....	41
<i>Navicula trivialis</i> .....	42

<i>Navicula veneta</i> .....	42
<i>Navicula viridula</i> var. <i>rostellata</i> .....	42
<i>Nitzschia clausii</i> .....	43
<i>Nitzschia bryophila</i> .....	43
<i>Nitzschia amphibia</i> f. <i>amphibia</i> .....	43
<i>Nitzschia fructicosa</i> .....	43
<i>Nitzschia fonticola</i> .....	44
<i>Nitzschia inconspicua</i> .....	44
<i>Nitzschia gracilis</i> .....	44
<i>Nitzschia linearis</i> .....	45
<i>Nitzschia nana</i> .....	45
<i>Nitzschia palea</i> .....	45
<i>Nitzschia tubicola</i> .....	46
<i>Nitzschia recta</i> .....	46
<i>Nitzschia sinuata</i> var. <i>delognei</i> .....	46
<i>Pinnularia acidophila</i> .....	47
<i>Pinnularia appendiculata</i> .....	47
<i>Pinnularia acoricola</i> .....	47
<i>Pinnularia borealis</i> var. <i>rectangularis</i> .....	47
<i>Pinnularia brandelii</i> .....	48
<i>Pinnularia braunii</i> .....	48
<i>Pinnularia divergens</i> var. <i>media</i> .....	48
<i>Pinnularia divergentissima</i> var. <i>divergentissima</i> .....	49
<i>Pinnularia gibba</i> .....	49
<i>Pinnularia gibba</i> var. <i>linearis</i> .....	49
<i>Pinnularia interrupta</i> .....	49
<i>Pinnularia kuetzingii</i> .....	50
<i>Pinnularia microstauron</i> .....	50
<i>Pinnularia microstauron</i> var. <i>brebissonii</i> .....	50
<i>Pinnularia microstauron</i> var. <i>Rostrata</i> .....	51
<i>Pinnularia obscura</i> .....	51
<i>Pinnularia obscura</i> morphotype 1.....	51
<i>Pinnularia parvulissima</i> .....	51

<i>Pinnularia rhombarea</i> var. <i>variarea</i> .....	52
<i>Pinnularia saprophila</i> .....	52
<i>Pinnularia sinistra</i> .....	52
<i>Pinnularia subcapitata</i> .....	53
<i>Pinnularia subcapitata</i> var. <i>subrostrata</i> .....	53
<i>Pinnularia viridiformis</i> type 1 .....	53
<i>Rhopalodia brebissonii</i> . .....	53
<i>Rhopalodia gibba</i> .....	54
<i>Sellaphora atomoides</i> .....	54
<i>Sellaphora rexii</i> .....	54
<i>Stauroneis smithii</i> .....	55
<i>Stenopterobia delicatissima</i> .....	55
<i>Stephanodiscus neoastraea</i> .....	55
<i>Surirella angusta</i> .....	56
<i>Surirella linearis</i> .....	56
Ubicación de los puntos de muestreo donde se hallaron comunidades de diatomeas .....	57
Caracterización de parámetros fisicoquímicos:.....	59
• Acoculco estiaje y precipitación .....	59
• Humeros estiaje y precipitación .....	59
Riqueza y diversidad de especies .....	60
Índice de similitud.....	61
• Acoculco estiaje y precipitación .....	61
• Humeros estiaje y precipitación .....	61
Análisis canónico de correspondencia .....	63
• Acoculco, temporada de precipitación .....	63
• Acoculco en temporada de estiaje .....	64
• Los Humeros temporada de estiaje .....	65
• Los Humeros en temporada de precipitación .....	66
6. DISCUSIÓN.....	68
7. CONCLUSIONES .....	71
BIBLIOGRAFÍA.....	72
8. ANEXOS .....	75

## RESUMEN

Las calderas de Acoculco y Humeros, Puebla, pertenecientes al Cinturón Volcánico Transmexicano, son áreas que han sido sujetas a distintos tipos de investigación por el potencial geotérmico que albergan. La caldera de Acoculco un área en exploración y Los Humeros en explotación, siendo esta última una de las cuatro principales plantas geotérmicas de México. Estudios de biomonitoreo basados en la identificación de diatomeas ayudan a definir sus preferencias ecológicas en ambientes específicos, como es el caso de las zonas geotérmicas, que se convierten en un campo de investigación reciente. El análisis de las comunidades de diatomeas y los cálculos ecológicos de diversidad y similitud de los muestreos realizados en Acoculco y Humeros, determinaron las variaciones ambientales de los sistemas lóticos y cuerpos de agua pertenecientes a las calderas estudiadas. Se identificaron 135 especies de diatomeas entre ambos sistemas, siendo para Acoculco los géneros con mayor número de especies *Eunotia*, *Pinnularia*, *Achnanthes*, *Fragilaria* y *Nitzschia*, mientras que para Los Humeros los géneros con mayor número de especies fueron *Navicula*, *Gomphonema* y *Achnanthes*. La especie indicadora de aguas más limpias para ambas calderas fue *Achnanthes lanceolata var lanceolata*, mientras que *Eunotia exigua*, fue indicadora en la caldera de Acoculco, en las manifestaciones termales y cuerpos cercanos a dichas manifestaciones, mientras que *Gomphonema parvulum* fue la indicadora de las aguas de descarga de la actividad geotérmica que alberga en Los Humeros; *Nitzschia palea acomodata* y *Nitzschia palea* fueron especies indicadoras de aguas contaminadas de uno de los pozos de agua de consumo humano en Acoculco.

Varios de los cuerpos de agua muestreados se encontraron Fe, Mn, S, en concentraciones que rebasan la norma de calidad de agua, donde el sitio más afectado es el punto A18AC03 en la caldera de Acoculco que es un pozo de agua de consumo humano. En la zona de Capulaquito se encontraron firmas teratológicas en las diatomeas lo que implica un análisis más específico de la causa de las anomalías genéticas.

Palabras clave: biomonitoreo, ecológicos, geotérmica, ambientes, diversidad.

## ABSTRACT

The boilers of Acoculco and Humeros, Puebla, belonging to the Trans-Mexican Volcanic Belt, are areas that have been subject to different types of research due to the geothermal potential they have. The Acoculco boiler is an area under exploration and Los Humeros in operation, the latter being one of the four main geothermal plants in Mexico. Biomonitoring studies based on the identification of diatoms help define your ecological preferences in specific environments, such as geothermal areas, which become a recent research field. The analysis of the diatom communities and the ecological calculations of diversity and similarity of the samples carried out in Acoculco and Humeros, determined the environmental variations of the lotic systems and water bodies belonging to the boilers studied. 135 diatom species were identified between both systems, being for Acoculco the genera with the highest number of *Eunotia*, *Pinnularia*, *Achnanthes*, *Fragilaria* and *Nitzschia* species, while for Los Humeros the genera with the highest number of species were *Navicula*, *Gomphonema* and *Achnanthes*. The indicator species of cleaner water for both boilers was *Achnanthes lanceolata* var *lanceolata*, while *Eunotia exigua*, was an indicator in the Acoculco caldera, in thermal manifestations and bodies close to these manifestations, while *Gomphonema parvulum* was the indicator of waters of discharge of the geothermal activity that it hosts in Los Humeros; *Nitzschia palea acomodata* and *Nitzschia palea* were indicative species of contaminated water from one of the water wells for human consumption in Acoculco.

Several of the water bodies sampled were found Fe, Mn, S, in concentrations that exceed the water quality standard, where the most affected site is point A18AC03 in the Acoculco boiler which is a water well for human consumption. In the Capulaquito area, teratological signatures were found in the diatom, which implies a more specific analysis of the cause of the genetic abnormalities.

## INTRODUCCIÓN

Los análisis de calidad del agua ayudan a determinar condiciones ambientales y ecológicas bajo las cuales se encuentran interactuando ciertos ecosistemas o zonas de interés. Los cuerpos de agua de las calderas de Acozulco y Humeros cobran importancia por la actividad geotérmica que alberga en ellas, con la diferencia de que Humeros se encuentra en una etapa de explotación y Acozulco en exploración.

En cualquier sitio donde se manejen o exploten recursos naturales siempre existe un impacto en el ecosistema, que se puede ver reflejado en los cuerpos de agua vecinos, sin embargo, hay que tener en cuenta que no solo se ven afectados con actividades antrópicas sino también por factores naturales o condiciones particulares del sitio que incluyen la actividad geotérmica.

Las diatomeas 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, ya que se ubican dentro del área de interés del manejo y conservación de los recursos naturales (Luján de Fabricius, 2004). Las diatomeas se han utilizado con gran éxito para supervisar el cambio ambiental, ya que responden rápida y sensiblemente a cambios físicos, químicos y biológicos que se producen en su entorno. (López y Siqueiros; 2011)

En este estudio se pretende determinar las relaciones y afinidades ecológicas, así como la preferencia y tolerancia de las distintas diatomeas presentes en los cuerpos de agua de las calderas mencionadas anteriormente, como parte de la investigación paquete de trabajo PT9: “Evaluación de impactos ambientales, sociales y económicos de sistemas geotérmicos mejorados y supercalientes”, perteneciente al proyecto GEMEx. En el presente trabajo se expone un catálogo florístico con el fin de para apoyar estudios florísticos futuros y enriquecer los estudios en México.

## 1. ANTEDECENTES

Las investigaciones llevadas a cabo a nivel mundial iniciaron en Europa donde se han realizado estudios de diatomeas para el biomonitoreo de la calidad del agua, algunos de los países donde se han monitoreado ríos son Italia, Portugal, Suiza, Polonia, Estonia, Hungría, Rusia, Austria, Ucrania, Finlandia, etc., reportando especies indicativas de alta tolerancia a ecosistemas contaminados, los géneros mayormente reportados son *Nitzschia* y *Navicula*, y algunas de las especies son *Nitzschia palea*, *Nitzschia frustulum*, *Nitzschia pseudofonticola*, *Navicula veneta*, *Navicula tripuncata* y *Cyclotella menenghiana* (Prygiel et al; 1999)

De acuerdo con Lobo *et al.* (2004), en los países de América del Sur y Central se han utilizados comunidades de diatomeas para monitorear y evaluar la calidad del agua de arroyos y ríos, destacando que los primeros estudios se publicaron solamente en la segunda mitad del siglo XX, y se restringieron a grupos de investigación ubicados básicamente en Argentina y Brasil. Ejemplificando, Morin *et al.* (2016) presentaron los resultados del biomonitoreo del Río Matanza-Riachuelo, un sistema hidrográfico Argentino altamente contaminado, programa de saneamiento que surge en 1995.

Actualmente diferentes grupos taxonómicos considerados como indicadores de calidad del agua (Gamboa et al., 2008; Hanson et al., 2010), en particular, las diatomeas, han sido empleadas para valorar las condiciones ecológicas cambiantes de los sistemas lóticos (Tang et al., 2006; Salomoni et al., 2006; Zampella., 2007), puesto que sus poblaciones que responden a etapas de sucesión de la vegetación original, a diferentes usos del suelo, así como a las actividades industriales, agrícolas y urbanas. Estas actividades incrementan el uso de nutrientes y sedimentos en las cuencas, situación que genera alteración en las condiciones ambientales de los ríos con efectos negativos en sus componentes bióticos (Ndiritu et al., 2006). Entre su potencial como referentes de las condiciones del ambiente es de destacar que los muestreos son fáciles de realizar y sus requerimientos ecológicos son mejor comprendidos que los de otros componentes de la biota acuática (Martínez de Fabricius et al., 2003; Díaz y Maidana., 2005; Walker y Pan, 2006; Weilhoefer y Pan, 2006; López y Siqueiros., 2011).

Los estudios de diatomeas en México son bastante reciente o al menos así lo sugiere parte de la literatura donde se reportan estudios de en su mayoría de un par de años atrás, el estudio de las comunidades de diatomeas en ambientes lóticos es limitado, concentrándose en zonas puntuales del centro de México, en la cuenca del río Papaloapan (Tavera et al., 1994), la cuenca del río Pánuco (Cantoral-Uriza *et al.*, 1997; Montejano *et al.*, 2000, 2004), la cuenca del río Balsas (Valadéz-Cruz *et al.*, 1996; Bojorge-García *et al.*, 2010, 2014), la cuenca del río Antigua (Vázquez *et al.*, 2011), la cuenca Lerma-Chapala (Abarca-Mejía, 2010; Segura-García *et al.*, 2010, 2012, 2016; Mora *et al.*, 2015, 2017, 2018), y en la Cuenca de México (Ramírez-Vázquez *et al.*, 2001; Ramírez-Vázquez & Cantoral-Uriza, 2003; Bojorge-García & Cantoral-Uriza, 2007; Carmona-Jiménez *et al.*, 2016; Salinas-Camarillo, 2017), siendo estas últimas dos las más estudiadas. La mayoría de estos trabajos se han realizado con fines florísticos, y aunque algunos de ellos incluyen análisis de la estructura de las comunidades, o señalan aspectos importantes de las preferencias ecológicas de las especies, pocos se han enfocado en su aplicación como bioindicadores (Abarca y Mejía., 2010, Segura y García et al., 2010, Vázquez et al., 2011, Mora et al., 2015, 2018, Carmona-Jiménez et al., 2016, Salinas y Camarillo., 2017); (citados en Lobo et al., 2019).

La carencia de bibliografía florística comparativa de diatomeas de México ha generado un nuevo reto que comprende el alcanzar la denominación correcta del género-especie para poder llegar a generar documentos robustos que permitan conocer la ecología de las especies en México. Existen escasas publicaciones en relación con la distribución, la abundancia y la fisicoquímica en ríos contaminados (Segura., 2011 y Segura *et al.*, 2012).

Estudios de diatomeas de agua dulce se han realizado en la Península de Baja California, donde Siqueiros, (2002) elaboró el primer y único reporte de carácter florístico sobre diatomeas no marinas (López-Fuerte y Altamirano-Cerecedo, 2011). En se estudio se reportaron 90 taxones típicamente dulceacuícolas, situación que reveló que las diatomeas en este tipo de ambientes son abundantes y diversas (López-Fuerte y Altamirano-Cerecedo., 2011).

En la cuenca del río Lerma-Chapala uno de los ríos más largos y contaminados de México debido a la intensiva actividad industrial desarrollada en la región (Abarca., 2010) En este

estudio se establecieron las bases para generar un instrumento de biomonitoreo basado en diatomeas como indicadoras de la calidad del agua en la cuenca; se registraron 209 especies de diatomeas perifíticas que se clasificaron de acuerdo con sus preferencias de estado trófico de acuerdo con Lange-Bertalot (1979), (Van Dam *et al.*, 1994), (Rott *et al.*, 1997, 1999), y (Potapova y Charles., 2007), (citado en Lobo et al., 2019). En la misma cuenca se realizó un estudio de comunidades de diatomeas epilíticas, donde se describieron dos nuevas especies (Morat et al., 2017).

En el lago de Pátzcuaro, Michoacán, México se realizó en una tesis contribuyendo con un inventario y descripción taxonómica de las diatomeas perifíticas reportando principalmente los géneros *Nitzschia*, *Gomphonema* y *Navicula* de una distribución cosmopolita (Israde et., al 2016)

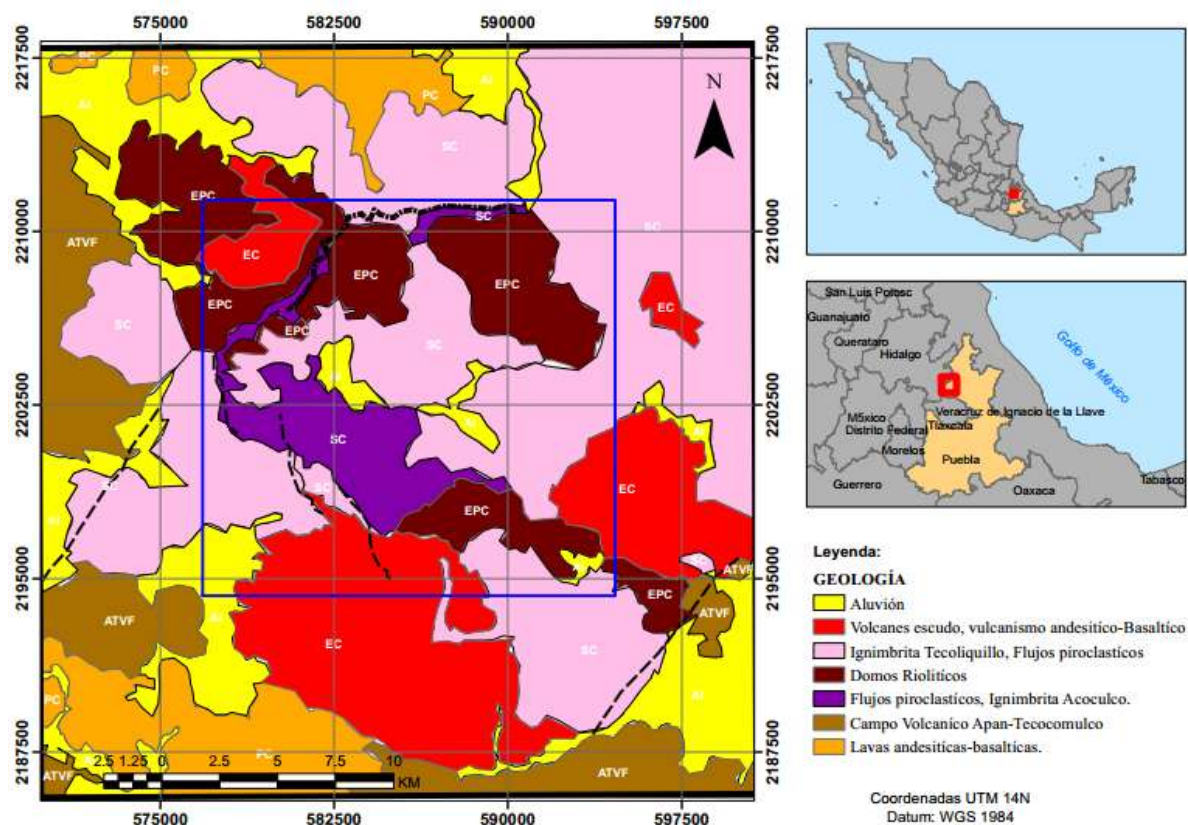
En la ciudad de Morelia Michoacán, se reportaron especies que toleran los 55 °C y alta salinidad entre las cuales estuvieron *Achnantheidium exiguum*, *Halamphora veneta*, *Anomoeoneis costata*, *Diploneis elliptica* y *Pinnularia viridis* (López et al., 2016).

## 1.1. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS CALDERA DE ACOCULCO, PUEBLA.

La Caldera Acoculco se extiende sobre el límite de los estados de Puebla e Hidalgo, en el centro-este de México (Figura. 1). El área está ubicada en el Cinturón Volcánico Transmexicano oriental, cerca de la provincia geológica de la Sierra Madre Oriental, conformada por una secuencia volcánica de la edad del Plioceno al Pleistoceno (López Hernández et al., 2009).

La Caldera de Acoculco se encuentra aproximadamente a 140 km detrás del frente activo de la cordillera volcánica de la Sierra Nevada (Macías et al., 2012), compuesto por los volcanes Telapón, Tláloc, Iztaccíhuatl y Popocatepetl (Siebe y Macías., 1995).

El régimen estructural regional que afecta al complejo de la Caldera de Acoculco está representado por estructuras NE-SO (García Palomo et al., 2002; 2017).



**Figura 1.** Mapa de ubicación y geología de la caldera de Acoculco en el cinturón Volcánico transmexicano, (modificada de Canet et al., 2019).

Las rocas del basamento en la región están representadas por calizas del Cretácico expuestas al este y sureste del complejo de la Caldera a lo largo de los cañones Tenexapa y Ajajalpan cerca de los pueblos de Chignahuapan y Zacatlán. Las rocas del basamento no están expuestas dentro de la Caldera de Acoculco, pero fueron cortadas en los dos pozos de CFE a 1200 m (López Hernández et al., 2009). Le sobreyacen calizas arcillosas a profundidades de 350-450 m EAC2 (Viggiano-Guerra et al., 2011).

▪ **Primer evento de Acoculco. Actividad volcánica pre-caldérica (1.7-1.6 Ma)**

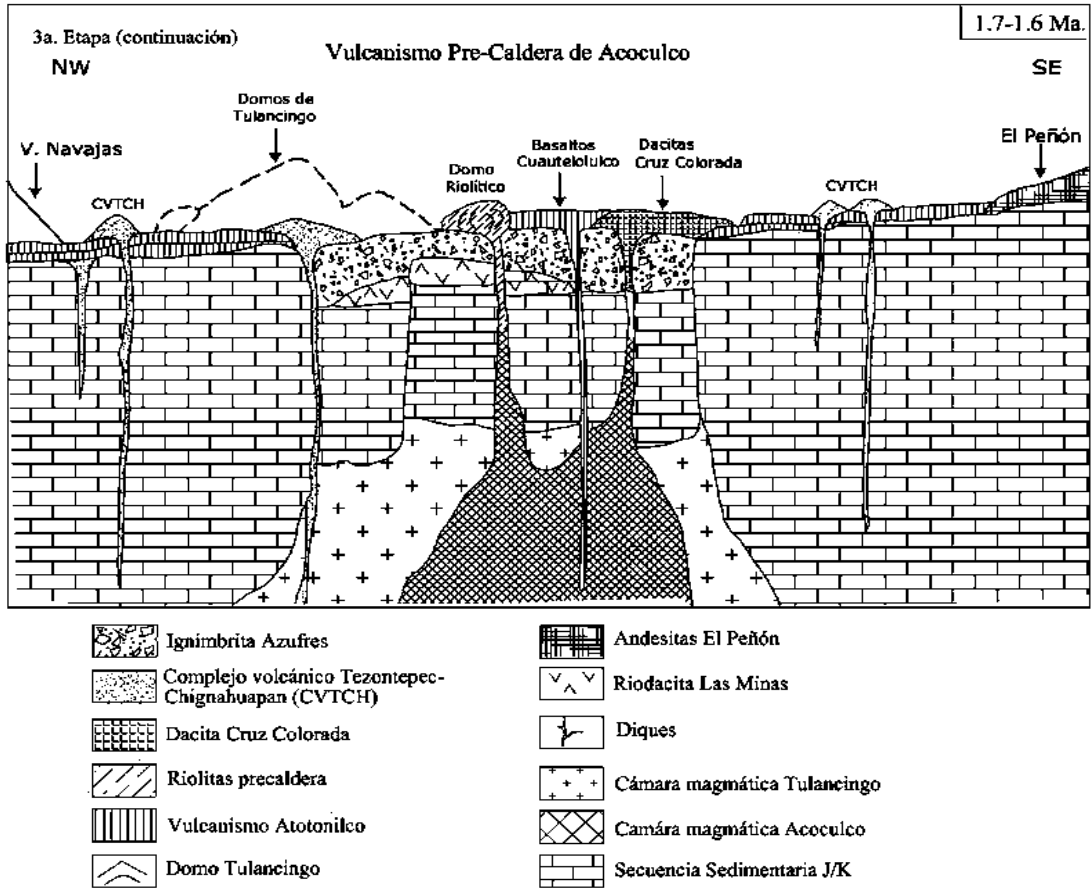
Se plantea que el vulcanismo de Acoculco se inició después de un hiatus volcánico de 0.9 Ma que ocurrió sólo dentro de la caldera de Tulancingo mientras que en las inmediaciones se emplazaban volcanes monogenéticos (Figura .2).

La actividad efusiva inicial dio origen al emplazamiento de cuatro unidades de diferente composición química. En el Norte se extienden las lavas más antiguas de composición andesítica-basáltica conocidas como Los Laureles. En el centro y Este, sobre la unidad anterior se acumularon las lavas dacíticas de Cruz Colorada (1.6 Ma). En el Sur se encuentran las lavas basálticas de Cuautelolulco que formaron una extensa mesa hace 1.6 Ma, y al Oeste se emplazaron los primeros domos riolíticos a los 1.7 Ma. (López Hernández et al., 2009).

Se plantea que, para este primer evento, la mayoría de los volcanes están compuestos por lavas andesíticas basálticas porfídicas y algunas cúpulas dacíticas (García Palomo et al; 2002).

• **Segundo evento de Acoculco. Colapso caldérico (1.4 - 1.26 Ma)**

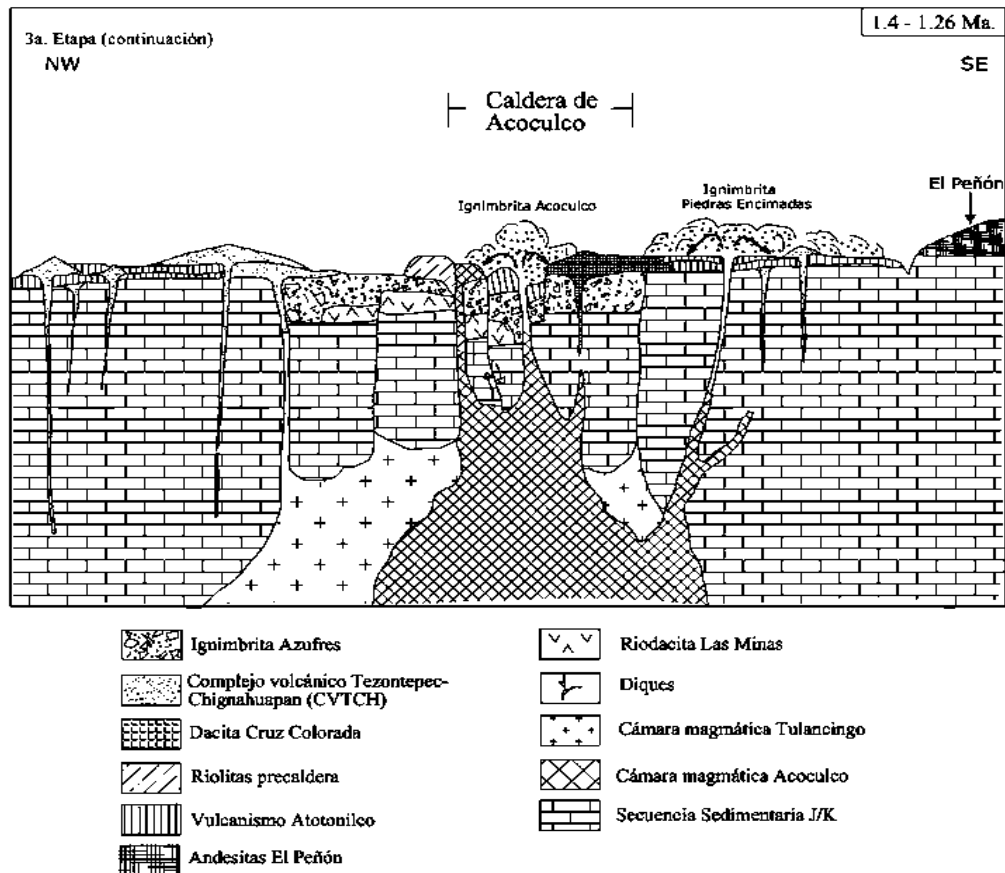
Después de un pequeño lapso de 0.2 Ma la actividad efusiva fue reemplazada por actividad explosiva que dio lugar a la emisión de flujos piroclásticos que formaron la ignimbrita Acoculco de 1.4 Ma. Hacia la cima del depósito el contenido de líticos de andesita basáltica disminuye y se incrementan los líticos de riolita (Figura .3). Lateralmente esta unidad cambia a un depósito masivo de cenizas. La erupción continuó con un depósito delgado de caída aérea con abundantes líticos de andesita. Después de este evento se emplazaron seis unidades de flujos piroclásticos de diferentes espesores (López Hernández et al., 2009).



**Figura 2.** Evolución volcánica del complejo Tulancingo-Acozulco. Primer evento de Acozulco. Actividad volcánica pre-caldérica), tomada de (López Hernández et al., 2009).

En la parte Este se reactivó el antiguo borde de la caldera de Tulancingo. Esto ocurrió en la zona de Atexca, en donde se formó un importante centro de emisión que dio lugar a la ignimbrita Piedras Encimadas hace 1.3-1.26 Ma. En este sitio y sobre las mesetas de basalto del grupo Tezontepec-Chignahuapan, se acumularon los depósitos piroclásticos de este evento. (López., 2009).

Al término de la actividad explosiva y posterior al colapso, se formaron pequeñas cuencas aisladas en el borde calderico, esencialmente al norte y al SO, constituida principalmente por material piroclástico (López., 2009).

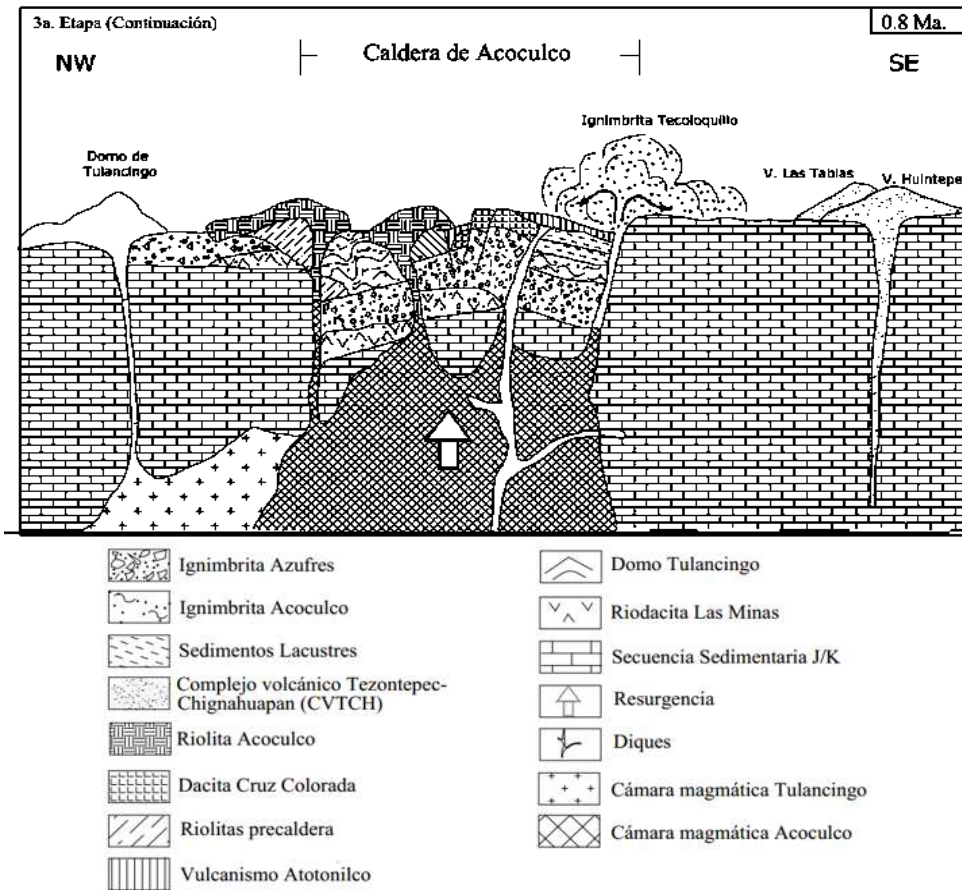


**Figura 3.** Evolución volcánica del complejo Tulancingo-Acoculco. Segundo evento de Acoculco. Colapso caldérico, tomada de (López Hernández et al., 2009).

### Tercer evento de Acoculco. Actividad post-caldérica (1.3 – 0.8 Ma)

Sobre el borde caldérico, principalmente en la zona Norte, se emplazaron domos riolíticos, formando una semicorona entre 1.34 y 1.3 Ma. En el Sur sólo se formó el domo de Las Mesillas. Por un lapso de 0.5 Ma la actividad post-caldérica se interrumpió y se reinició hace 0.8Ma. Se extendió la ignimbrita Tecoloquillo en el sector Sur de la falla de colapso, esta unidad se acumuló sobre depósitos lacustres basculados y conos monogenéticos, formando varias unidades de depósito principales (Figura.4). La primera se relaciona con el inicio de la actividad explosiva y la apertura del conducto, está constituida por una capa basal de ceniza de caída muy fina; a su vez está cubierta por una capa muy delgada de ceniza. Continuó un flujo piroclástico de ceniza con algunos líticos de andesita. Posteriormente se depositó otro horizonte delgado de ceniza muy fina que pasa gradualmente a un flujo de pómez con líticos de andesita. Por último, se acumuló un

depósito constituido por flujos piroclásticos de más de 100 m de espesor sin soldar. (López Hernández et al., 2009).



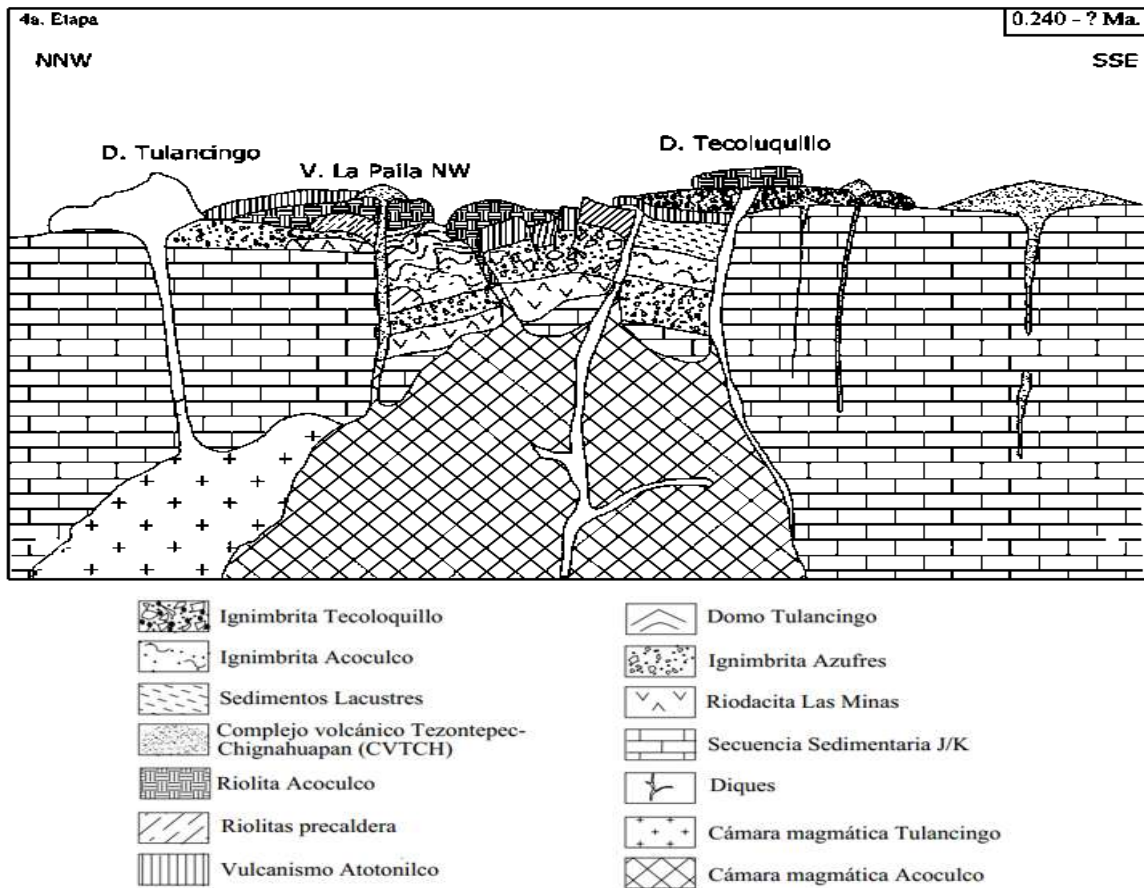
**Figura 4.** Evolución volcánica del complejo Tulancingo-Acoculco. Tercer evento de Acoculco. Actividad post-caldérica, tomada de (López Hernández et al., 2009).

#### Cuarto evento Acoculco (Vulcanismo más reciente).

Después de un lapso de 0.5 Ma de inactividad, el ciclo volcánico de la caldera concluye con el emplazamiento de un cono monogénico en el NO, sobre la fractura anular, conocido como La Paila NO, de composición andesita basáltica a los 0.24 Ma.

La caldera de Acoculco fue cubierta por volcanes monogénicos y sus productos asociados, como lava, cenizas de caída, volcanes escudo, y algunos domos. La mayoría de este vulcanismo es de composición andesítico-basáltico (Figura. 5). Estos edificios volcánicos forman parte de la unidad más reciente Tezontepec-Chignahuapan asociado a fallas y fracturas de dirección NE-SO que pertenecen al sistema de fallas Tenochtitlan (De

Cserna et al., 1987). Derrames basálticos ubicados desde Huauchinango y hasta la planicie costera pertenecen a este evento (Ferrari et al., 2005).



**Figura 5.** Evento volcánico del complejo Tulancingo-Acozulco. Evento terminal de Acozulco, tomada de (López., 2009)

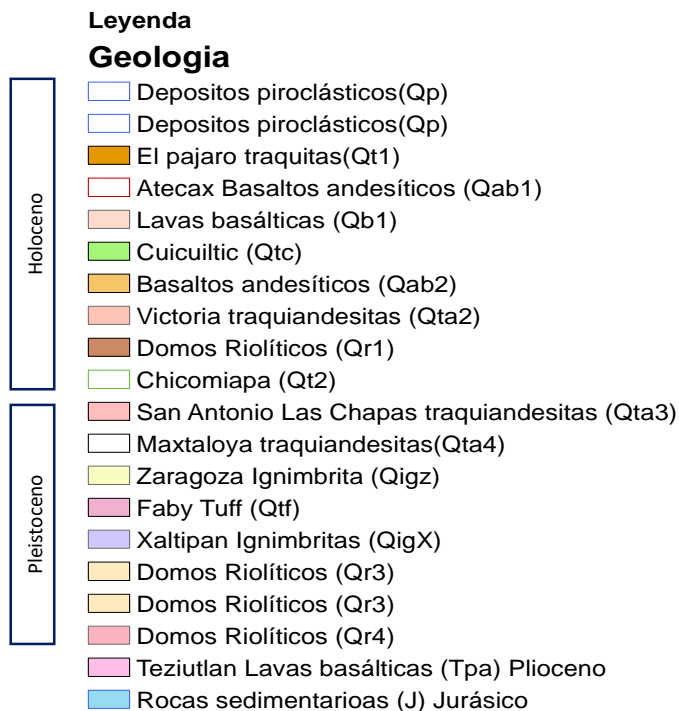
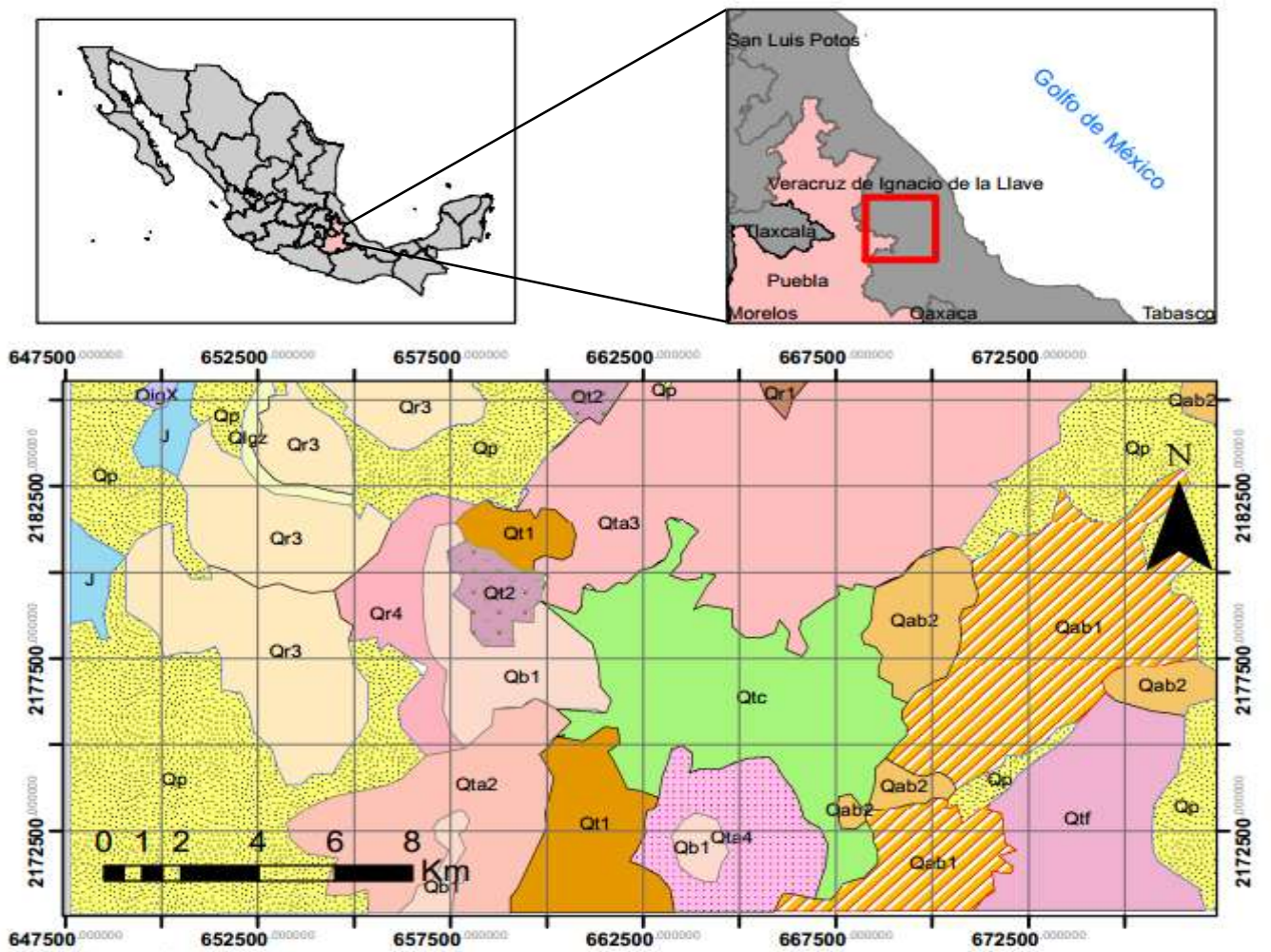
## **1.2. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS CALDERA DE HUMEROS, PUEBLA.**

El Campo Geotérmico de Los Humeros se ubica en el extremo Sureste del Cinturón Volcánico Mexicano y a 200 km de la Ciudad de México (Figura.6). Los Humeros, al igual que otros campos geotérmicos existentes en México y el mundo, se desarrolló dentro de una caldera volcánica cuya constitución geológica y tectónica hicieron propicio su alto potencial geotérmico (Cedillo., 2000).

El basamento de la caldera de Los Humeros está constituido por esquistos y rocas graníticas del Pérmico Tardío al Jurásico Temprano. Cubriendo a estas rocas de manera discordante, aparecen rocas sedimentarias del Triásico-Jurásico, seguidamente cubiertas a su vez por una secuencia marina del Jurásico Superior al Cretácico Superior, con algunos afloramientos al oeste, este y sur de la caldera de Los Humeros. Sobre yaciendo al basamento descansa una secuencia de andesitas e ignimbritas del Terciario. El primer depósito de rocas volcánicas ocurrió hace aproximadamente 11 millones de años y está constituida por derrames de andesita, cubiertos parcialmente por derrames de andesitas que procederían de los volcanes Cofre de Perote y Pico de Orizaba (5 Ma).

El vulcanismo más reciente está constituido por coladas de lavas ácidas, básicas y rocas piroclásticas que se observan al centro de la caldera de Los Humeros. El siguiente evento debió ser de tipo explosivo por la gran cantidad de material volcánico expulsado, ocasionando probablemente por el vaciado parcial de la cámara magmática y el colapso del techo de la misma, originándose así la caldera de Los Humeros (Figura.8).

Posteriormente, sucedieron una serie de derrames de andesita basáltica y la emisión de grandes cantidades de pómez que cubrieron a la región (0.08 a 0.04 Ma). La fase final de la actividad volcánica del área está representada por derrames de composición basáltica que muestra una estrecha relación con el origen de la caldera del Xalapasco. Tectónicamente, la caldera de los Humeros presenta tres estructuras caldéricas, Los Humeros, Los Potreros y el Xalapasco, formadas en los diferentes eventos volcánicos ocurridos en el campo. Estudios geofísicos revelaron también la existencia de sistemas de fallas orientados principalmente en las direcciones NO-SE, NE-SW y E-O. Los análisis estructurales realizados en la falla Los Humeros muestran un movimiento de tipo normal con buzamiento hacia el este (Cedillo, 2000).



Coordenadas UTM 14N  
Datum: WGS 1984

**Figura 6.** Mapa de ubicación y geología de La Caldera Los Humeros, modificado de (Núñez et al., 2017).

## **2. HIPÓTESIS**

Tanto la actividad geotérmica como la antrópica de las calderas en Acoculco y Humeros determinan las variaciones en la composición y diversidad de las diatomeas encontradas en los cuerpos de agua a lo largo del año.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1.Objetivo General.**

Determinar la calidad del agua de los cuerpos de agua cercanos a las calderas de Acoculco y Humeros, Puebla mediante el análisis de los parámetros fisicoquímicos, e índices de diversidad y similitud durante la época de sequía y precipitación del 2017 y 2018.

### **3.2.Objetivos particulares**

- Analizar los parámetros fisicoquímicos registrados en cada uno de los puntos de muestreo y su efecto en la distribución de las diatomeas en cada una de las calderas (Acoculco y Los Humeros).
- Realizar un catálogo florístico de cada una de las láminas con la descripción taxonómica de cada una de las especies encontradas.
- Determinar las preferencias ecológicas de las diatomeas encontradas.
- Comparar las diferencias de las comunidades de diatomeas encontradas en cada una de las calderas de los Humeros y Acoculco.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Trabajo en campo

Se determinaron 2 zonas de muestreo, caldera de Acoculco y caldera de Humeros, Puebla; La distribución de los puntos de muestreo se realizó identificando los cuerpos de agua más cercanos a las calderas y algunos cuerpos más alejados que sirvieran como puntos de control incluyendo ríos, arroyos, perennes y no perennes, pozas de almacenamiento, pozos, estanques etc. En cada zona se realizaron 2 periodos de muestreo:

- Temporada de precipitación (Octubre 2017) en Acoculco, Puebla, con 18 sitios muestreados.
- Temporada de estiaje (Abril 2018) en Acoculco con 15 sitios de muestreo y Humeros, Puebla, con 10.
- Temporada de precipitación (Junio 2018) en Humeros, Puebla, con 9 sitios muestreados.

Se empleó el método de Iserentant *et al.* (1999), que consiste en cepillar la superficie de las rocas recolectadas en cada uno de los cuerpos de agua muestreados (aproximadamente 5 cm<sup>2</sup>), y se guardan las muestras en frascos de 50 ml.

Se midieron directamente en campo en cada sitio muestreado, el pH, temperatura (T°C), conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (ODS) y oxígeno disuelto (ODS).

Se tomaron 6 muestras extras de cada sitio para análisis de laboratorio de presencia de nutrientes como nitritos (NO<sub>2</sub>), nitratos (NO<sub>3</sub>), ortonitratos (NH<sub>4</sub>), fosfatos (PO<sub>4</sub>) y carbonatos (CO<sub>3</sub>) y análisis de elementos traza y cationes mayoritarios (Anexo III).

### 4.2. Trabajo de laboratorio

- Lavado de muestras.

Se realizó un frotis en cada muestra de agua que consiste en verificar la presencia de comunidades de diatomeas y descartar las muestras que no las contienen.

Las muestras que contenían diatomeas fueron procesadas calentando la muestra en un vaso de precipitados agregando 100 mililitros de peróxido de hidrógeno para eliminar la materia orgánica. Las muestras se colocaron en una parrilla, procurando que no se elevaran las temperaturas a más de 100 grados centígrados, una vez realizada la digestión y evaporado del peróxido, la muestra se diluyó con agua destilada. Sucesivamente se agregó 50 mililitros de ácido clorhídrico y se calentó el Baker para disolver los remanentes de carbonato de calcio. Las muestras fueron lavadas al menos ocho veces con agua destilada hasta alcanzar un PH neutro.

- **Montado de muestras.**

Una vez que las muestras alcanzaron un pH neutro, se vertieron 200 microlitros de cada muestra colocándolas sobre un portaobjetos. Se dejó secar a temperatura ambiente por 24 horas, una vez seca la muestra se calentó la laminilla agregando una gota de resina Naphrax, para su montaje.

- **Identificación taxonómica de las diatomeas.**

La clasificación y conteo para determinar género y especie, se realizó para cada punto de muestreo donde se encontraron comunidades de diatomeas, con un conteo mínimo de 200 a 250 valvas por laminilla (Anexo II), las valvas se analizaron con un microscopio Olympus Bymax 50 con contraste Normansky bajo una magnificación de 100x. Cada especie encontrada se comparó con la bibliografía que incluye iconografías diatomológicas, la revista *Diatoms research*, así como tesis previas de clasificación de diatomeas en México como del mundo, siendo los parámetros a considerar la longitud, ancho y número de estrías de la valva, terminaciones de rafe, extremos de las valvas, y cada detalle morfológico que ayudaron a llegar a especie (Anexo I).

A partir de la identificación taxonómica se realizó un inventario florístico (Anexo IV).

### 4.3. Trabajo de gabinete

Se realizaron graficas de los porcentajes de los géneros más representativos (Anexo VI), para cada una de las Calderas de Acoculco y los Humeros, en ambas temporadas de muestreo, se hicieron cálculos de índices de diversidad Shannon Wiener y Simpson, índice de similitud Morisita y un análisis de correspondencia canónico ocupando el software PAST versión 3.25.

- Índice de Simpson (1949):

$$D = \sum_{i=1}^S P_i^2 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

D = Índice de dominancia de Simpson

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , lo cual implica obtener el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra.

- Índice de Shannon (Shannon y Weaver, 1949)

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$H'$  = Índice de Shannon-Wiener  $\ln$  = logaritmo natural ( $\log_e$ )

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra.

- Índice de Morisita-Horn

$$I_{M.H} = \frac{2\sum(an_i bn_j)}{(da+db)aNbN} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde

$an_i$  = número de individuos de la  $i$ ésima especie en el sitio A

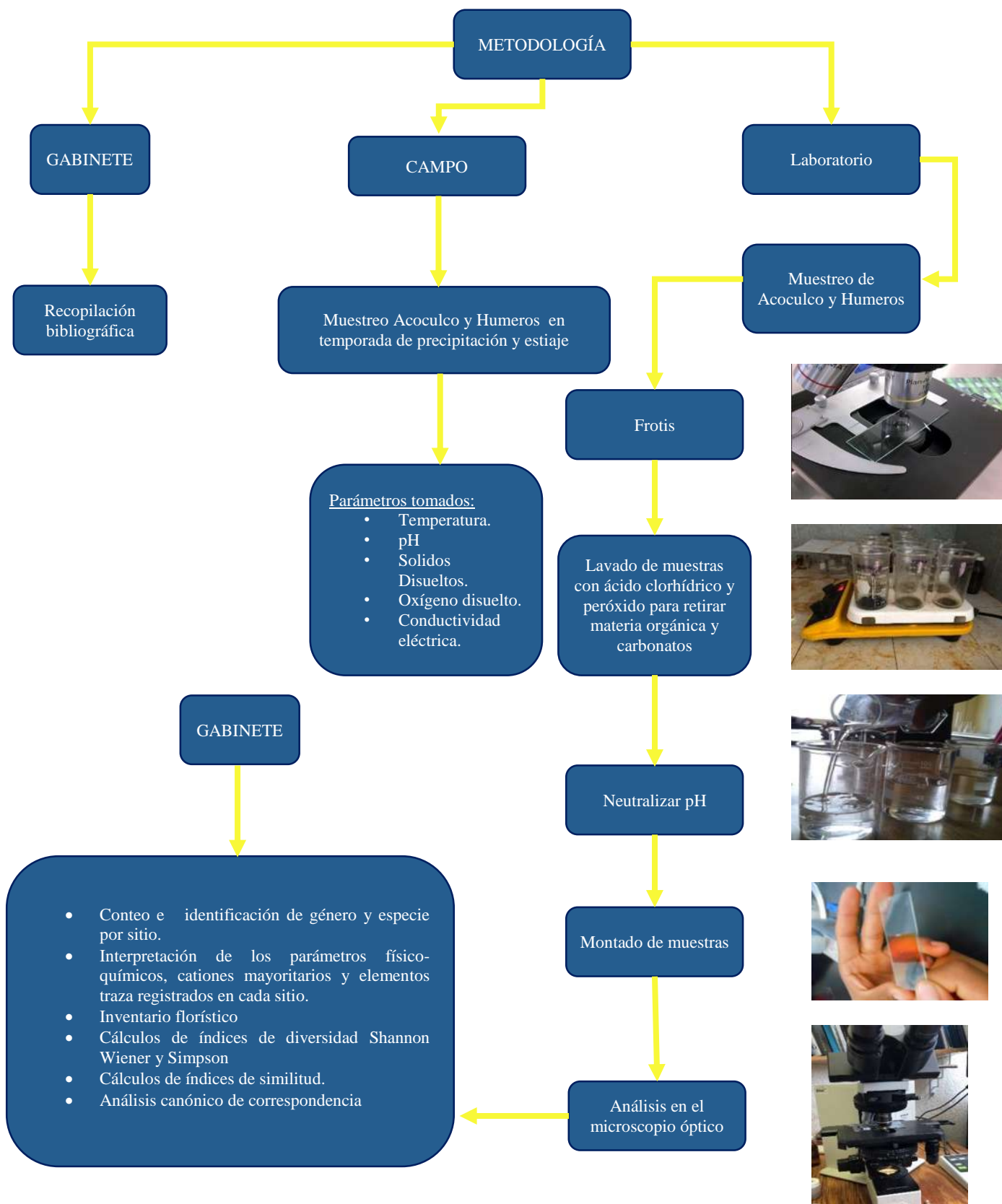
$bn_j$  = número de individuos de la  $j$ ésima especie en el sitio B

$da = \sum an_i^2/aN^2$

$db = \sum bn_j^2/bN^2$

$aN$  = número total de individuos en el sitio A

$bN$  = número total de individuos en el sitio B



**Figura 7.** Diagrama de flujo sintetizado de la metodología usada, realizada en gabinete, campo y laboratorio.

## 5. RESULTADOS

### Descripciones taxonómicas de todas las diatomeas encontradas.

#### *Achnanthes conspicua*

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Achnanthaceae* Kützinger 1844

Género: *Achnanthes*

Especie: *conspicua* a Mayer 1919

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, ápices ligeramente rostrados, monorafida y recto, estrías convergentes hacia el centro, Str: 8-13/10  $\mu\text{m}$ , L: 7-16  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4-7.5  $\mu\text{m}$ .

#### *Achnanthes inflata*

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Achnanthaceae* Kützinger 1844

Género: *Achnanthes*

Especie: *inflata* (Kützinger) Grunow en Cleve y Grunow 1880

Morfología: Valvas en forma de cruz con vértices redondeados y capitados, monorafida y recto enganchándose hacia los extremos, estrías paralelas, puntiagudas y uniseriadas, Str: 8-13/10  $\mu\text{m}$ , L: 30-96  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 10-18  $\mu\text{m}$ .

#### *Achnanthes lanceolata* ssp. *Frequentissima*

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Achnanthaceae* Kützinger 1844

Género: *Achnanthes*

Especie: *lanceolata* ssp. *Frequentissima* (Lange Bertalot., 1991)

Morfología: Forma de la valva lanceolada a elíptica, extremos sub-redondeados, monorafida y recto, estrías paralelas ligeramente convergentes hacia el centro, Str: 13-20/10  $\mu\text{m}$ , L: 4-40  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3.5-7  $\mu\text{m}$ .

***Achnanthes lanceolata* var. *Lanceolata***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Achnanthaceae* (Kützing 1844)

Género: *Achnanthes*

Especie: *lanceolata* var. *Lanceolata* (Brébisson) Grunow Cleve & Grunow 1880

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas. Monorafida y recto, estrías paralelas, Str: 10-15/10  $\mu\text{m}$ , L: 6-40  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4.5-10  $\mu\text{m}$ .

***Achnanthes exigua***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Achnanthaceae* (Kützing 1844)

Género: *Achnanthes*

Especie: *exigua* Grunow in Cleve & Grunow 1880

Morfología: Forma de las valvas lineales a elíptica con ápices capitados a sub-capitados, monorafida, rafe recto en los extremos curvado hacia los lados opuestos, estrías lineales a ligeramente radiales, Str: 20-24/10  $\mu\text{m}$ , L: 5-17  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4-8  $\mu\text{m}$ .

***Achnanthes exigua* var. *exigua***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Achnanthaceae* Kützing 1844

Género: *Achnanthes*

Especie: *exigua* var. *exigua* Grunow in Cleve & Grunow 1880

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos capitados, monorafida y recto, estrías paralelas ligeramente convergentes hacia el centro, Str: 20-24/10  $\mu\text{m}$ , L: 5-7  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4-8  $\mu\text{m}$ .

***Achnanthes grana***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Achnanthaceae* (Kützing 1844)

Género: *Achnanthes*

Especie: *grana* Hohn y Hellerman 1963

Morfología: Forma de las valvas elípticas, monorafida y recto, estrías convergentes hacia el centro, Str: 5-17/10  $\mu\text{m}$ , L: 7.4-9  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3.6-4.2  $\mu\text{m}$ .

***Achnanthes lanceolata ssp. bipomora***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Achnanthaceae* (Kützing 1844)

Género: *Achnanthes*

Especie: *lanceolata ssp. bipomora* (Hohn y Hellerman) Lange Bertalot., 1999

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos ligeramente rostrados, área central con forma de moño, desprovista de estrías, monorafida y recto, estrías paralelas ligeramente convergentes hacia el centro, Str: 10-15/10  $\mu\text{m}$ , L: 6-64  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4.5-10  $\mu\text{m}$ .

***Achnanthes lanceolata ssp. Lanceolata var. boyei***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Achnanthaceae* (Kützing 1844)

Género: *Achnanthes*

Especie: *lanceolata ssp. lanceolata var. boyei* (Oestrup) Lange Bertalot y Krammer., 1989

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos sub rostrados, área central desprovista de estrías, monorafida y recto, estrías ligeramente convergentes hacia el centro, Str: 10-15/10  $\mu\text{m}$ , L: 6-40  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4.5-10  $\mu\text{m}$ .

***Achnanthes lanceolata var. rostrata***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Achnanthaceae* (Kützing., 1844)

Género: *Achnanthes*

Especie: *lanceolata var. rostrata* (Oestrup) Hustedt 1911

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos capitados a redondeados, monorafida y recto, estrías ligeramente convergentes hacia el centro, Str: 10-13/10  $\mu\text{m}$ , L: 4-40  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3.5-7  $\mu\text{m}$ .

***Achnanthidium minutissimum* (*Achnanthes minutissima*, Kütz. 1833)**

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Achnanthaceae* (Kützing 1844)

Género: *Achnanthes*

Especie: *minutissima*

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos ligeramente estirados, monorafida, estrías muy finas poco visibles, ligeramente convergentes hacia el centro, L: 5-25  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 2.5-4  $\mu\text{m}$ .

***Achnanthes subatomoides* (*Psammothidium subatomoides* (Hust.) Bukht y Round 1996)**

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Achnanthaceae* (Kützing 1844)

Género: *Achnanthes*

Especie: *subatomoides* (Hustedt) Lange Bertalot & Archibald in Krammer 1985

Morfología: Forma de las valvas elípticas, en la parte central se forma una expansión en forma de moño, monorafida y recto, estrías muy finas ligeramente convergentes hacia el centro, L: 6-15  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3.8-6.5  $\mu\text{m}$ .

***Caloneis bacillum* (*Stauroneis bacillum*, Grunow 1863)**

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Caloneis* Cleve 1894

Especie: *Bacillum* (Grunow) Cleve 1894

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas a elípticas monorafida y recto, estrías paralelas cortas, área central bastante amplia, Str: 20-30/10  $\mu\text{m}$ , L: 15-18  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4-9  $\mu\text{m}$ .

***Caloneis silicula***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* (Kützing 1844)

Género: *Caloneis* (Cleve., 1894)

Especie: *silicula* (Ehrenberg) Cleve 1894

Morfología: Forma de las valvas lineales, extremos sub-capitados engrosando visiblemente en el centro, vértices redondeados, rafe lateral y arqueado, estrías paralelas, Str: 15-20/10  $\mu\text{m}$ , L: 13-120  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 5-20  $\mu\text{m}$ .

***Cocconeis placentula* var. *Placentula***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Achnanthaceae* (Kützing 1844)

Género: *Cocconeis* (Ehrenberg 1838)

Especie: *placentula* var. *placentula*

Morfología: Valvas elongadas en forma de elipse, rafe recto, estrías radiales convergiendo hacia el centro, Str: 18-26/10  $\mu\text{m}$ , L: 7.5-98  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 8-40  $\mu\text{m}$ .

***Cocconeis placentula* var. *euglypta***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Achnanthaceae* Kützing 1844

Género: *Cocconeis*

Especie: *placentula* var. *euglypta*

Morfología: Valvas elongadas en forma de elipse, forma del rafe recto, estrías radiales, Str: 19-28/10  $\mu\text{m}$ , L: 10-46  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 8-40  $\mu\text{m}$ .

***Cyclotella meneghiniana***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Thalassiosiraceae*

Género: *Cyclotella* (Kützing) Brébisson 1838

Especie: *meneghiniana* Kützing 1844

Morfología: Valvas en forma de disco, sin rafe, estrías radiales, Str: 6-10/10  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 5-43  $\mu\text{m}$ .

***Cymatopleura aff. brunii***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Surirellaceae* Kützing 1844

Género: *Cymatopleura* W. Smith 1851

Especie: *aff brunii* Petut ex Brun 1895

Morfología: Forma de las valvas elípticas, extremos ligeramente rostrados, monorafida alojado en el margen de la valva, estrías no visibles, L: 80-100  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 70-100  $\mu\text{m}$ .

***Cymbella caespitosa***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Cymbellales*

Familia: *Cymbellaceae*

Género: *Cymbella* (*Cymbiformis* Agardh., 1830)

Especie: *caespitosa* (Kützing) Brun 1880

Morfología: Forma de las valvas arqueadas, extremos redondeados, birafida, estrías paralelas a ligeramente radiales hacia el centro, Str. dorsal 9.5-12.5/10 $\mu\text{m}$ , Str. ventral 11-15/10 $\mu\text{m}$ , L: 18-58  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 8-13  $\mu\text{m}$ .

***Cymbella minuta***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Cymbellales*

Familia: *Cymbellaceae*

Género: *Cymbella* (Agardh., 1830)

Especie: *minuta* Hilse (ex Rabenhorst., 1862)

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas y arqueadas, birafida, estrías paralelas, ligeramente radiadas hacia el centro, Str. dorsal 10.5-15/10 $\mu\text{m}$ , Str. ventral 14-20/10 $\mu\text{m}$ , L: 7-32  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3.9-7  $\mu\text{m}$ .

***Cymbella naviculiformis***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Cymbellales*

Familia: *Cymbellaceae*

Género: *Cymbella* Agardh 1830

Especie: *naviculiformis* (Auerswald) Cleve 1894

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos capitados, birafida, estrías paralelas en el margen ventral, y convergentes hacia el centro en el margen contrario, Str. dorsal 12-14/10µm, Str. Ventral 15-18/10µm, L: 26-52 µm, Φ: 9-16 µm.

***Cymbella perpusilla***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Cymbellales*

Familia: *Cymbellaceae*

Género: *Cymbella* (Agardh 1830)

Especie: *perpusilla* (Cleve 1895)

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas y curvadas, ápices ligeramente cuneados, birafida, estrías paralelas convergentes en el centro, Str. dorsal 10-13/10µm, Str. ventral 14-16/10µm, L: 12-30 µm, Φ: 3-5 µm.

***Cymbella tumida***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Bacillariaceae*

Género: *Cymbella* Agardh 1830

Especie: *tumida* (Brébisson) Van Heurck 1880

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos ligeramente cuneados, birafida de forma curvado, estrías radiadas al centro, paralelas hacia los extremos, Str: 8-10/10µm, L: 35-120 µm, Φ: 12-25 µm.

***Denticula eximia***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariales*

Familia: *Bacillariaceae* Ehrenberg 1840

Género: *Denticula*

Especie: *eximia* (Grunow en Van Heurck 1885)

Morfología: Forma de las valvas elípticas, ápices convexos, monorafida, aureolas visibles, Str: 15-18/10µm, L: 20-63 µm, Φ: 6-12 µm.

***Denticula valida***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariales*

Familia: *Bacillariaceae* Ehrenberg 1840

Género: *Denticula*

Especie: *valida*

Morfología: Forma de las valvas lineales-lanceoladas, extremos cuneados a redondeados, monorafida, estrías lineales y aureolas equidistantes, Str: 15-18/10µm, L: 20-63 µm, Φ: 6-12 µm.

***Epithemia adnata***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Rhopalodiaceae*

Familia: *Epithemiaceae* Grunow 1860

Género: *Epithemia*

Especie: *adnata*

Morfología: Forma de las valvas arqueada, extremos cuneados a redondeados, monorafida, estrías lineales y aureolas equidistantes, Str: 15-18/10µm, L: 20-63 µm, Φ: 6-12 µm.

***Epithemia sorex***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Rhopalodiaceae*

Familia: *Epithemiaceae* Grunow 1860

Género: *Epithemia*

Especie: *sorex*

Morfología: Forma de las valvas arqueadas, monorafida, estrías lineales ligeramente convergentes hacia el centro, Str: 15-18/10µm, L: 20-63 µm, Φ: 6-12 µm.

***Eunotia arcus***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Eunotiales*

Familia: *Eunotiaceae* Kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *Arcus* (Ehrenberg., 1837)

Morfología: Forma de las valvas rectangulares, extremos semi-cuneados, área ventral ligeramente cóncava, monorafida, estrías lineales, Str: 8-14/10 $\mu$ m, L: 17-90  $\mu$ m,  $\Phi$ : 3-9  $\mu$ m.

***Eunotia arculus***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Eunotiaceae* Kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *arculus*

Morfología: Forma de las valvas rectangulares, área central cóncava, apoces sub redondeados, monorafida, estrías paralelas, Str: 16-24/10 $\mu$ m, L: 14-50  $\mu$ m,  $\Phi$ : 3-4  $\mu$ m.

***Eunotia exigua***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Eunotiaceae* Kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *exigua* (Brébisson ex kützing) Rabenhorst 1864

Morfología: Forma de las valvas arqueadas, cóncava en el área ventral, monorafida, estrías paralelas, Str: 18-24/10 $\mu$ m, L: (5)8-28(60)  $\mu$ m,  $\Phi$ : 2-4(5)  $\mu$ m.

***Eunotia bilunaris* var. *bilunaris***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Eunotiaceae* Kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *bilunaris* (Ehrenberg) Mills 1934 var. *Bilunaris*

Morfología: Forma de las valvas arqueada, extremos sub-redondeados a redondeados, monorafida, estrías paralelas, Str: 20/10 $\mu$ m, L: 10-150(205)  $\mu$ m,  $\Phi$ : 1.9-6 (5)  $\mu$ m

***Eunotia silvahercynia***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Eunotiaceae* Kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *silvahercynia* (Norpel, Van Sull y Lange Bertalot., 1991)

Morfología: Forma de las valvas rectangulares, ligeramente curvadas, monorafida, estrías paralelas, Str: 16-22/10µm, L: 12-40 µm, Φ: 4 µm

### ***Eunotia denticulata***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Eunotiaceae* Kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *denticulata* (Brébisson) Rabenhorst 1864

Morfología: Forma de las valvas curvadas, extremos redondeados, ligeramente cuneados, parte ventral ligeramente cóncava, monorafida, estrías rectas, ligeramente radiales, Str: 15-22/10µm, L: 16-60(90) µm, Φ: (3)3.5-5 µm

### ***Eunotia elegans***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Eunotiaceae* Kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *elegans* Oestrup 1910

Morfología: Forma de las valvas curvadas, extremos estrangulados, monorafida, estrías paralelas, Str: 18-24/10µm, L: 20-30 µm, Φ: 2.5 µm

### ***Eunotia septentrionalis***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Eunotiaceae* Kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *septentrionalis* (Oestrup 1897)

Morfología: Forma de las valvas rectangulares, ligeramente cuereada en la zona ventral, ápices redondeados, monorafida estrías paralelas, Str: 8-19/10µm, L: 11-140 µm, Φ: 3-6 µm.

***Eunotia implicata***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Eunotiaceae* Kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *implicata* Norpel, Lange-Bertalot y Alles 1991

Morfología: Forma de las valvas rectangulares, extremos sub capitados, monorafida, estrías paralelas, Str: 14-22/10µm, L: 20-40 µm, Φ: 3-6 µm.

***Eunotia meisteri***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Eunotiaceae* Kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *meisteri* Hustedt 1930

Morfología: Forma de las valvas curvadas, extremos estrangulados, monorafida, estrías paralelas, Str: 18-24/10µm, L: (5)8-28(60) µm, Φ: 3.5- 4.5 µm.

***Eunotia minor***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Eunotiaceae* Kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *minor* (Kützing) Grunow en Van Heurck 1881

Morfología: Forma de las valvas rectangulares, ápices sub redondeados, monorafida, estrías paralelas a radiales, Str: 19-15/10µm, L: 20-60 µm, Φ: 4.5-8 µm

***Eunotia paludosa***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Eunotiaceae* Kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *paludosa* Grunow 1862

Morfología: Forma de las valvas rectangulares, en el área central débilmente curvada, monorafida, estrías paralelas, Str: 19-25(32) /10µm, L: 6-60 µm, Φ: 2-3 (4) µm.

***Eunotia naegelii***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Eunotiaceae* Kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *naegelii* Migula en Thomé 1907

Morfología: Forma de las valvas ligeramente arqueadas, estrecha hacia los extremos, monorafida, estrías equidistantes, Str: 14-27/10µm, L: 6-60 µm, Φ: 1.5-3.5 µm.

***Eunotia rhyncephala***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Eunotiaceae* kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *rhyncephala* Hustedt 1936

Morfología: Forma de las valvas rectangulares, área ventral ligeramente curvada, monorafida, estrías paralelas, Str: 12-15/10µm, L: 6-60 µm, Φ: 2-3 (4) µm.

***Eunotia steineckeii***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Eunotiaceae* Kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *steineckeii* (Petersen 1950)

Morfología: Forma de las valvas rectangulares, monorafida, estrías paralelas, Str: 18-24/10µm, L: 18-50 µm, Φ: 2-5 µm.

***Eunotia subarcutoides***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Eunotiaceae* Kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *subarcutoides* (Alles, Norpel y Lange Bertalot 1991)

Morfología: Forma de las valvas rectangulares, extremos sub cuneados, monorafida, estrías paralelas, Str: 18-23/10 $\mu$ m, L: 6-35(40)  $\mu$ m,  $\Phi$ : 2.7-4.5  $\mu$ m.

### ***Eunotia tenella***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Eunotiaceae* Kützing 1844

Género: *Eunotia* Ehrenberg 1837

Especie: *tenella* (Grunow) Hustedt en A. Schmidt et al.1913

Morfología: Forma de las valvas rectangulares, ápices redondeados monorafida, estrías paralelas, Str: 14-19/10 $\mu$ m, L: 6-60  $\mu$ m,  $\Phi$ : 2-3 (4)  $\mu$ m.

### ***Fragilaria ulna***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Fragilariaceae* Hustedt 1930

Género: *Fragilaria* Lynbye 1819

Especie: *ulna* (Nitzsch) Lange Bertalot 198: *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehrenberg 1832.

Morfología: Forma de las valvas lineales, ápices alargados y redondeados, área central desprovista de estrías, monorafida, estrías paralelas, Str: 7-24/10 $\mu$ m, L: 27-600  $\mu$ m,  $\Phi$ : 1.5-2.9  $\mu$ m.

### ***Fragilaria capucina***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Fragilariaceae* Hustedt 1930

Género: *Fragilaria* (Lynbye 1819)

Especie: *capucina* (Desmazières., 1925)

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas- lineales, estrecha, ápices capitados, sin rafe, estrías paralelas, cortas, área central amplia extendida a los extremos, Str: más de 22/10 $\mu$ m, L: más de 100  $\mu$ m,  $\Phi$ : 2-6.5  $\mu$ m.

***Fragilaria capucina var. capitellata***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Fragilariaceae* Hustedt 1930

Género: *Fragilaria* Lynbye 1819

Especie: *capucina* var. *capitellata*

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, ápices capitados, sin rafe, estrías distintas,

Str: 15-18/10µm, L: más de 100 µm, Φ: 4-5 µm.

***Fragilaria capucina var. perminuta***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Fragilariaceae* Hustedt 1930

Género: *Fragilaria* Lynbye 1819

Especie: *capucina* var. *perminuta*

Morfología: Forma de las valvas lineales- lanceoladas, estrecha, ápices rostrados, sin rafe,

estrías paralelas, Str: 17-21/10µm, L: 7-40 µm, Φ: 3-5 (4) µm.

***Fragilaria capucina var. vaucheriae***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Fragilariaceae* Hustedt 1930

Género: *Fragilaria* Lynbye 1819

Especie: *capucina* var. *vaucheriae* (Kützing) Lange Bertalot 1980

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos sub redondeados, arrafida, estrías

paralelas, Str: 9-14/10µm, L: hasta 100 µm, Φ: 4-5 µm.

***Fragilaria construens var. venter***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Fragilariaceae* Hustedt 1930

Género: *Fragilaria* Lynbye 1819

Especie: *construens* var. *venter* (Ehrenberg) Hustedt 1957

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas-elípticas, arrafida, estrías paralelas a ligeramente radiales en los extremos, Str: 12-20/10µm, L: 4-35 µm, Φ: 2-12 µm.

***Fragilaria tenera***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Fragilariaceae* Hustedt 1930

Género: *Fragilaria* Lynbye 1819

Especie: *tenera*

Morfología: Forma de las valvas lineales y estrechas, extremos alargados y rostrados, arrafida, estrías indistintas, parte central desprovista de estrías, Str: 2-8/10µm, L: 3-35(60) µm, Φ: 2-12 µm.

***Fragilaria pinnata* var. *Pinnata***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Fragilariaceae* Hustedt 1930

Género: *Fragilaria* Lynbye 1819

Especie: *pinnata* var. *pinnata* Ehrenberg

Morfología: Forma de las valvas ovoides, extremos redondeados, arrafida, estrías paralelas al centro, irradian hacia los extremos, Str: 2-8/10µm, L: 3-35(60) µm, Φ: 2-12 µm.

***Frustulia romboide***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Frustulia* Rabenhorst 1853

Especie: *Romboides* (Ehrenberg) de Toni 1891

Morfología: Valvas en forma de rombo, monorafida, bordeado por dos líneas paralelas, estrías muy finas, Str: 20-40/10µm, L: 40-160 µm, Φ: 12-30 µm.

***Frustulia rhomboides* var. *crassinervia***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Frustulia* Rabenhorst 1853

Especie: *romboides* var. *crassinervia* (Brébisson) Ross 1947

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, monorafida, bordeado por dos líneas paralelas, estrías muy finas, Str: 36-42/10µm, L: 30-50 µm, Φ: 12-30 µm.

### ***Frustulia spicula***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Frustulia* Rabenhorst 1853

Especie: *spicula* Amossé 1932

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas ápices capitados, márgenes rectos, monorafida, bordeado por dos líneas paralelas, estrías muy finas, Str: 23-30/10µm, L: 27-52 µm, Φ: 5-8.5 µm.

### ***Frustulia vulgaris***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Frustulia* Rabenhorst 1853

Especie: *vulgaris* (Thwaites) de Toni 1891

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, ligeramente capitada en los extremos, ápices redondeados, monorafida, bordeado por dos líneas paralelas, estrías muy finas, Str: 23-34/10µm, L: 50-70 µm, Φ: 10-13 µm.

### ***Gomphonema angustum***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Gomphonema* Ehrenberg 1832

Especie: *angustum* Agardh 1831, non Kützing 1844 nec Brébisson fide Grunow in Van Heurck 1880

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, parte central ensanchada, extremos redondeados, monorafida, estrías radiales en el centro, paralelos a los extremos, L: 12-130  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3-12  $\mu\text{m}$ .

***Gomphonema clavatum***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Gomphonema* Ehrenberg 1832

Especie: *clavatum* Ehrenberg 1832

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, parte superior de la valva ensanchada y estrecha hacia la parte inferior, monorafida, curvado en los extremos, estrías paralelas, ligeramente inclinadas hacia el centro, Str: 9-15/10 $\mu\text{m}$ , L: 20-95  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 6-14  $\mu\text{m}$ .

***Gomphonema gracile***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Gomphonema* Ehrenberg 1832

Especie: *gracile* Ehrenberg 1838

Morfología: Valvas en forma de rombo alargado, extremos simétricos, monorafida forma recta, estrías paralelas, ligeramente radiadas hacia el centro, Str: 9-17/10 $\mu\text{m}$ , L: 20-100 $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4-11  $\mu\text{m}$ .

***Gomphonema parvulum***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Gomphonema* Ehrenberg 1832

Especie: *parvulum* (Kützing) Kützing 1849

Morfología: Forma de la valva lanceolada, extremos redondeados a capitados, monorafida, estrías paralelas, Str: 7-20/10 $\mu\text{m}$ , L: 10-36  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4-8  $\mu\text{m}$ .

***Gomphonema parvulum var lagenula***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Gomphonema* Ehrenberg 1832

Especie: *parvulum* (Kützing) Kützing 1849

Morfología: Forma de la valva lanceolada, extremos capitados monorafida forma recta, estrías paralelas, ligeramente radiadas, Str: 7-20/10µm, L: 10-36 µm, Φ: 4-8 µm.

***Gomphonema truncatum***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Gomphonema* Ehrenberg 1832

Especie: *truncatum* Ehrenberg 1843

Morfología: Valvas en forma globosa de la parte superior, monorafida, estrías ligeramente radiales, Str: 9-12/10µm, L: 13-75 µm, Φ: 7-17 µm.

***Gyrosigma obscurum***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Gyrosigma* Hassal 1843

Especie: *obscurum* (W. Smith) Griffith y Henfrey 1856

Morfología: Valvas en forma sigmoidea, birafida, sigmoidea, estrías paralelas, finas, espaciadas uniformemente, Str: 26-30/10µm hasta 40, L: 85-200 µm, Φ: 10-15 µm.

***Hantzschia amphioxys***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Bacillariaceae*

Género: *Hantzschia*

Especie: *amphioxys* (Ehrenberg) Grunow in Cleve & Grunow 1880

Morfología: Forma de las valvas lineales, extremos capitados, área ventral ligeramente cóncava monorafida, contenido dentro de un canal y colocado excéntricamente en el margen de la válvula, estrías muy finas, Fíbulas: 4-14/10 $\mu$ m, L: 20-210(300)  $\mu$ m.,  $\Phi$ : 5-15(25)  $\mu$ m.

***Luticola goeppertiana***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Luticola*

Especie: *goeppertiana*

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos redondeados, área central rectangular, birafida estrías puntiagudas, ligeramente irradiadas hacia el centro, Str: 15-18/10 $\mu$ m hasta 40, L: 9-27  $\mu$ m,  $\Phi$ : 5.5-7.3 $\mu$ m

***Navicula cryptotenella***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *cryptotenella* Lange Bertalot 1985

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos redondeados, monorafida, estrías radiales en el centro, convergente en los extremos, Str: 14-16 (18) /10 $\mu$ m, L: 14-40  $\mu$ m,  $\Phi$ : 5-7  $\mu$ m.

***Navicula constans***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *constans* Hustedt 1944

Morfología: Forma de las valvas elípticas – lanceoladas, extremos capitado, monorafida  
estrías radiales a convergentes hacia el centro, Str: 10-12/10µm 30 en los extremos, L: 25-  
44 µm, Φ: 10-14 µm.

***Navicula contenta (Humidophila contenta (Grunow) Lowey y Cot. 2014)***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *contenta* Grunow in Van Heurck 1884-1887

Morfología: Forma de las valvas lineales, márgenes ligeramente cóncavos, birafida, estrías  
no visibles, Str: 25-40/10µm, L: 4-30µm, Φ: 2-6 µm.

***Navicula decussis***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *decussis* (Østrup 1910)

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, ápices prolongados, área central circular,  
birafida forma recta, estrías radiales al centro convergentes en los vértices, Str: 4-18/10µm,  
L: 15-27 µm, Φ: 6-9 µm.

***Navicula cryptocephala***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *Cryptocephala* Kützing 1844

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, ápices prolongados, área central circular,  
birafida en forma recta, estrías radiales al centro, convergentes en los vértices, Str: 14-  
17/10µm, L: 20-40 µm, Φ: 5-7 µm.

***Navicula difficillima*,**

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *difficillima* Hustedt 1950

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, márgenes rectos, birafida, recto, estrías muy finas, Str: 55-65/10µm, L: 8-15 µm, Φ: 3-4 µm.

***Navicula erifuga***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *erifuga* (Lange Bertalot., 1985)

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos redondeados, birafida, estrías radiales a convergentes hacia los extremos, Str: 12-14/10µm, 30-35/10 µm, L: 30-35 µm, Φ: 5-7 µm.

***Navicula expecta***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *expecta* (Van Landingham 1975)

Morfología: Forma de las valvas Lanceolada, extremos redondeados, birafida, prominente, estrías radiales al centro, paralelas hacia los extremos, Str: 10-25/10µm, 30-35/10 µm, L: hasta 40 µm, Φ: hasta 9 µm.

***Navicula halophila***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *halophila* (Grunow) Cleve 1894

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos redondeados, birafida, estrías radiales al centro, paralelas hacia los extremos, Str: 15-24/10µm, L: 7-140 µm, Φ: 4.5-18 µm.

***Navicula libonesis***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *libonesis* (Schoeman 1970)

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, birafida en forma recta, estrías convergentes hacia el centro, Str: 12-13.5/10 µm. Hasta 26, L: 25-40 µm, Φ: 5.5-8µm.

***Navicula minima***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *minima* Grunow in Van Heurck 1880

Morfología: Valvas en forma de elipse, birafida, estrías rectas, Str: 25-30/10 µm, L: 5-18 µm, Φ: 2-4.5 µm.

***Navicula pelliculosa***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *pelliculosa* (Brébisson Ex Kützing) Hilse 1863

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas-ovaladas, birafida, estrías muy finas, Str: 45-55/10 µm, L: 9-12.5 µm, Φ: 4-6.2 µm.

***Navicula phyllepta***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *phyllepta* Kützing 1844

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, birafida, estrías radiales, Str: 14-20/10  $\mu\text{m}$  hasta 45, L: 12-45  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4-8  $\mu\text{m}$ .

### ***Navicula rhyncephala***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *rhyncephala* Kützing 1844

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, ápices redondeados sub-capitados, birafida en forma recta estrías convergentes hacia el centro, Str: 7-25/10  $\mu\text{m}$ , L: 35-80  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 9-14  $\mu\text{m}$ .

### ***Navicula schroeterii***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *schroeterii* (Meisteri 1932)

Morfología: Valvas en forma de elipse, márgenes rectos, birafida forma recta, estrías convergentes hacia el centro, Str: 20-28/10  $\mu\text{m}$ , Str. radial: 12-16/  $\mu\text{m}$ , L: 30-55  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 5-9  $\mu\text{m}$ .

### ***Navicula subrhyncephala***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *subrhyncephala* (Hustedt 1935)

Morfología: Forma de las valvas Lanceolada, extremos sub capitados, área central circular, birafida, estrías radiales al centro, paralelas hacia los extremos, Str: 12-15/10  $\mu\text{m}$  hasta 24, L: 30-45  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 6-9  $\mu\text{m}$ .

***Navicula trivialis***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *trivialis* Lange-Bertalot 1980

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos sub rostrados, birafida, estrías radiales a convergentes hacia el centro, Str: 11-32/10  $\mu\text{m}$ , L: 25-65  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 8-12.5  $\mu\text{m}$ .

***Navicula veneta***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *veneta* Kützing 1844

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, área central circular, márgenes rectos, ápices convexos, birafida forma filiforme, estrías radiales en el centro, paralelas en los extremos, Str: 14-20/10  $\mu\text{m}$ , L: 12-45  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4-8  $\mu\text{m}$ .

***Navicula viridula var. rostellata***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Navicula* Bory de st. Vincent 1822

Especie: *viridula var. rostellata* (Kützing) Cleve 1895

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, área central circular, márgenes rectos, ápices convexos, birafida con forma filiforme, estrías radiales en el centro, paralelas en los extremos, Str: 11-15/10  $\mu\text{m}$  hasta 30, L: 34-50  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 7-10  $\mu\text{m}$ .

***Nitzschia clausii***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Bacillariaceae*

Género: *Nitzschia*

Especie: *clausii* Hantzsch 1860

Morfología: Valvas en forma de sigma, márgenes rectos, extremos capitados, monorafida se aloja en uno de los márgenes, estrías predominantes y punteadas no espaciadas uniformemente, Fíbulas: 10-13/10  $\mu\text{m}$ , L: 20-55  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3-5  $\mu\text{m}$ .

***Nitzschia bryophila***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Bacillariaceae*

Género: *Nitzschia*

Especie: *bryophila* Grunow in Cleve & Grunow 1880

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos redondeados, monorafida, se aloja en uno de los márgenes, estrías predominantes y punteadas, no guardan un orden, Fíbulas: 12-13/10  $\mu\text{m}$ , L: 15-26.5  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4-5  $\mu\text{m}$ .

***Nitzschia amphibia f. amphibia***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Bacillariaceae*

Género: *Nitzschia*

Especie: *amphibia f. amphibia* Grunow in Cleve & Grunow 1880

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos redondeados, monorafida, se aloja en uno de los márgenes, estrías predominantes y punteadas, no guardan un orden, Fíbulas: 7-9/10  $\mu\text{m}$ , L: 6-50  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4-6  $\mu\text{m}$ .

***Nitzschia fructicosa***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Bacillariaceae*

Género: *Nitzschia*

Especie: *Fructicosa* Hustedt 1957

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, márgenes lineales, extremos estrangulados, monorafida, se aloja en uno de los márgenes, estrías muy finas, Fíbulas: 13-18/10  $\mu\text{m}$ , L: 20-83  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 2.5-4.5  $\mu\text{m}$ .

### ***Nitzschia fonticola***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Bacillariaceae*

Género: *Nitzschia*

Especie: *fonticola* Hustedt 1957

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, márgenes curvos, vértices redondeados, monorafida se aloja en uno de los márgenes, estrías paralelas, Fíbulas: 13-18/10  $\mu\text{m}$ , L: 20-83  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 2.5-4.5  $\mu\text{m}$ .

### ***Nitzschia inconspicua***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Bacillariaceae*

Género: *Nitzschia*

Especie: *inconspicua* Grunow 1862

Morfología: Forma de las valvas lanceolada, estrecha, ápices redondeados, monorafida, se aloja en uno de los márgenes, estrías no visibles, L: 3-22  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 2.5-3.5  $\mu\text{m}$ .

### ***Nitzschia gracilis***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Bacillariaceae*

Género: *Nitzschia*

Especie: *gracilis* (Hantzsch 1860)

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas extremos ligeramente alargados y capitados, monorafida se coloca en uno de los márgenes, estrías muy finas, Fíbulas: 12-18/10  $\mu\text{m}$ , L: 130-110  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 2-5.4  $\mu\text{m}$ .

***Nitzschia microcephala***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Bacillariaceae*

Género: *Nitzschia*

Especie: *microcephala* (Grunow in Cleve & Möller 1878)

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas – lineales, lados paralelos, nódulo en la parte central de uno de los márgenes, monorafida, se coloca en uno de los márgenes, estrías muy finas, Fíbulas: 8-17/10  $\mu\text{m}$ , L: 7-19 $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 2.3-4  $\mu\text{m}$ .

***Nitzschia linearis***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Bacillariaceae*

Género: *Nitzschia*

Especie: *linearis* (Gardh) W. Smith 1853

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas – lineales, lados paralelos, nódulo en la parte central de uno de los márgenes, monorafida, se coloca en uno de los márgenes, estrías muy finas, Fíbulas: 8-17/10  $\mu\text{m}$ , L: 34-228  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 2.5-7.5  $\mu\text{m}$ .

***Nitzschia nana***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Bacillariaceae*

Género: *Nitzschia*

Especie: *nana* Grunow in Van Heurck 1881

Morfología: Valvas en forma de sigma, estrecha, monorafida, le aloja en uno de los márgenes, estrías muy finas, Fíbulas: 7-11/10  $\mu\text{m}$ , L: 35-120  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3-4.5  $\mu\text{m}$ .

***Nitzschia palea***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Bacillariaceae*

Género: *Nitzschia*

Especie: *palea* (Kützing) W. Smith 1856

Morfología: Forma de las valvas lanceolada – lineales, estrecha, extremos ligeramente redondeados, monorafida, le aloja en uno de los márgenes estrías muy finas no visibles, Fíbulas: 9-17/10  $\mu\text{m}$ , L: 15-70  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 2.5-5  $\mu\text{m}$ .

### ***Nitzschia tubícola***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Bacillariaceae*

Género: *Nitzschia*

Especie: *tubícola* Grunow in Cleve & Grunow 1880

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas – lineales, estrecha, extremos redondeados monorafida, se aloja en uno de los márgenes, estrías muy finas no visibles, Fíbulas: 7-13/10  $\mu\text{m}$ , L: 14-70  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3.5-6  $\mu\text{m}$ .

### ***Nitzschia recta***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Bacillariaceae*

Género: *Nitzschia*

Especie: *recta* Hantzschin Rabenhorst (1861-1870)

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas – lineales, estrecha, extremos redondeados, monorafida, le aloja en uno de los márgenes, estrías muy finas no visibles, Fíbulas: 5-10/10  $\mu\text{m}$ , L: 35-100  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3-5  $\mu\text{m}$ .

### ***Nitzschia sinuata var. delognei***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Bacillariaceae*

Género: *Nitzschia*

Especie: *sinuata var. delognei* (Thwaites en W. Smith) Grunow en Cleve y Grunow 1880

Morfología: Forma de las valvas con aspecto romboidal, extremos capitados, costillas irregulares, monorafida, le aloja en uno de los márgenes, estrías muy finas no visibles, Fíbulas: 5-18/10  $\mu\text{m}$ , L: 10-50  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3-8  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia acidophila***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *acidophila* Hoffman y Krammer nov. spec

Morfología: Valvas en forma de elipse alargada, birafida, estrías convergentes hacia el centro, cambio repentino a convergentes hacia los vértices, Str: 13-16/10  $\mu\text{m}$ , L: 12-22  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3-3.3  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia appendiculata***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *appendiculata* (Agardh) Cleve 1895

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, márgenes curvados, área central amplia extendida ligeramente hacia los extremos, birafida, estrías paralelas a ligeramente convergentes hacia el centro, Str: 16-23/10  $\mu\text{m}$ , L: 14-35  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3.2-6  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia acoricola***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *acoricola* Hustedt 1934

Morfología: Forma de la valva lineal-lanceolada, extremos redondeados, birafida, estrías convergentes hacia el centro y cambio repentino a convergentes hacia los extremos, Str: 13-16/10  $\mu\text{m}$ , L: 8-35  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3-6  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia borealis var. rectangularis***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *borealis* var. *rectangularis* (Carlson 1913)

Morfología: Forma de la valva lineal-elíptica, ápices rectangulares birafida de forma recta, estrías anchas y paralelas muy separadas, Str: 4-6/10  $\mu\text{m}$ , L: 14-48  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 5-10  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia brandelii***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *brandelii* Cleve 1891

Morfología: Forma de las valvas lineales-lanceoladas, ligeramente más estrecha en la parte central, ápices redondeados, birafida, estrías radiales hacia el centro a convergentes hacia los extremos, Str: 11-14/10  $\mu\text{m}$ , L: 53-90  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 7-13  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia braunii***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *braunii* (Grunow) Cleve 1895

Morfología: Valva lanceolada en forma de rombo, extremos sub-capitados, birafida, estrías radiales en el centro, divergentes en los extremos, Str: 10-12/10  $\mu\text{m}$ , L: 30-60  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 7-12  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia divergens* var. *media***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *divergens* var. *media*

Morfología: Forma de la valva lineal-lanceolada, poros centrales, birafida, estrías radiales en medio, convergente hacia las puntas, Str: 10-11/10  $\mu\text{m}$ , L: 40-70  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 10-13  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia divergentissima var. divergentissima***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *divergens var. divergentissima*

Morfología: Forma de las valvas lineales-lanceoladas, ápices sub-rostrados, área central amplia, birafida en forma recta, estrías radiantes, cambio repentino en los extremos formando un ángulo agudo, Str: 12-14/10  $\mu\text{m}$ , L: 25-46  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 5.8-6.3  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia gibba***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *gibba* Ehrenberg 1841

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas extremos redondeados, capitados, área central en forma de círculo, birafida, estrías convergentes en los extremos, radiales en el centro, Str: 9-12/10  $\mu\text{m}$ , L: 50-140  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 7-13  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia gibba var. linearis***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *gibba var. linearis* Hustedt 1930

Morfología: Forma de las valvas lineal-lanceoladas, extremos ligeramente estrangulados, birafida, terminaciones en forma de gancho, estrías radiales hacia el centro convergentes hacia los extremos, Str: 9-12/10  $\mu\text{m}$ , L: 50-140  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 7-13  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia interrupta***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *interrupta* W. Smith 1853

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, márgenes curvados, área central amplia, birafida, estrías ligeramente radiales, Str: 9-15/10  $\mu\text{m}$ , L: 26-80  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 6.7-16  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia kuetzingii***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *kuetzingii* Krammer 1992

Morfología: Forma de las valvas lineal-lanceoladas extremos redondeados, área central amplia, birafida estrías lineales ligeramente inclinadas hacia lo extremos, Str: 18-20/10  $\mu\text{m}$ , L: 18-46  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3.8-6.7  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia microstauron***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *microstauron* (Ehrenberg) Cleve 1891

Morfología: Forma de las valvas lineal-lanceoladas, ápices rostrados, área central forma de rombo, birafida en forma de signos de interrogación, estrías radiales en el centro, convergentes hacia los vértices, Str: 10-13/10  $\mu\text{m}$ , L: 20-90  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 9-11  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia microstauron* var. *brebissonii***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *microstauron* var. *brebissonii* (Kützing) Mayer 1912

Morfología: Forma de las valvas ovaladas, márgenes lineales, birafida, estrías paralelas, radiales en el centro, Str: 10-13/10  $\mu\text{m}$ , L: 20-90  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 7-11  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia microstauron var. Rostrata***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *microstauron var. rostrata*

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos redondeados, parte central amplia ligeramente estrangulada, birafida, estrías convergentes hacia los extremos a ligeramente radiales en el centro, Str: 10-11/10  $\mu\text{m}$ , L: 30-50  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 6-7  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia obscura***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *obscura* Krasske 1942

Morfología: Valvas lanceoladas con forma ovalada, área central amplia, birafida, estrías paralelas, Str: 11-15/10  $\mu\text{m}$ , L: 19-23  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4-5  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia obscura morphotype 1***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *obscura* Krasske 1932

Morfología: Valvas en forma de elipse, extremos ligeramente rostrados, birafida, estrías ligeramente inclinadas, Str: 10-13/10  $\mu\text{m}$ , L: 12-25  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3.5-4.7  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia parvulissima***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *parvulissima*

Morfología: Forma de las valvas lineal-lanceoladas, ápices rostrados, área central forma de rombo, birafida en forma de signos de interrogación, estrías paralelas, Str: 8-10/10  $\mu\text{m}$ , L: 34-70  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 10-12  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia rhombarea var. variarea***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *rhombarea var. variarea*, Krammer en Metzeltin y Lange-Bertalot 1998

Morfología: Forma de las valvas lineal-lanceoladas, ápices rostrados, área central forma de rombo, birafida en forma de signos de interrogación, estrías radiales del centro hacia los vértices, Str: 9-11/10  $\mu\text{m}$ , L: 40-100  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 10.5-16  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia saprophila***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *saprophila* Lange-Bertalot Kobayasi y Krammer

Morfología: Forma de las valvas lineal-lanceoladas, ápices rostrados, área central forma de rombo, birafida en forma de signos de interrogación, estrías radiales del centro hacia los vértices, Str: 9-11/10  $\mu\text{m}$ , L: 21-45  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 5.7-7.5  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia sinistra***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *sinistra* Krammer 1992

Morfología: Forma de las valvas lineal-lanceoladas, ápices redondeados, birafida, estrías paralelas, Str: 11-14/10  $\mu\text{m}$ , L: 17-52  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4-6.5  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia subcapitata***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *subcapitata* Gregory 1856

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, extremos sub capitados, birafida, estrías paralelas a ligeramente convergentes hacia el centro, Str: 12-14/10  $\mu\text{m}$ , L: 22-62  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4-7  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia subcapitata var. subrostrata***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *subcapitata* Gregory 1856 *var. subrostrata*

Morfología: Forma de las valvas lineales, ápices redondeados, parte central ligeramente estrangulada, birafida, estrías convergentes hacia el centro, a convergentes hacia los extremos, Str: 10-14/10  $\mu\text{m}$ , L: 17-57  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4-8  $\mu\text{m}$ .

***Pinnularia viridiformis type 1***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Naviculaceae* Kützing 1844

Género: *Pinnularia* Ehrenberg 1843

Especie: *viridiformis type 1*

Morfología: Forma de las valvas lineales ápices redondeados, área central extendida hacia los vértices, birafida, estrías paralelas a ligeramente convergentes en el centro, Str: 7-9/10  $\mu\text{m}$ , L: 67-145  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 14-21  $\mu\text{m}$ .

***Rhopalodia brebissonii***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Rhopalodiaceae*

Género: *Rhopalodia*

Especie: *Brebissonii* Krammer 1987

Morfología: Forma de las valvas curvadas, en el margen ventral, con vértices doblados hacia el margen ventral, birafida, estrías radiales, muy finas, aveolos 2-4/10µm, L: 15-40 µm, Φ: 12-20 µm.

### ***Rhopalodia gibba***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Rhopalodiaceae*

Género: *Rhopalodia*

Especie: *gibba* (Ehrenberg) O. Müller 1895

Morfología: Forma de las valvas lineales, con vértices doblados hacia el margen ventral, birafida a lo largo del margen dorsal, estrías paralelas, radiadas hacia los extremos, aveolos 2-4/10 µm, L: 2-300 µm, Φ: 18-30 µm.

### ***Sellaphora atomoides***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Sellaphoraceae*

Género: *Sellaphora*

Especie: *atomoides* (Grunow) Wetzel y Van de Vijver 2015

Morfología: Forma de las valvas lineal-elípticas, área central rectangular, birafida filiforme, estrías paralelas, radiadas hacia los extremos, Str: 30-36/10 µm, L: 4.6-14.5 µm, Φ: 2.6-3.5 µm.

### ***Sellaphora rexii***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Bacillariophyceae*

Familia: *Sellaphoraceae*

Género: *Sellaphora*

Especie: *rexii* Potapova y Ponader 2008

Morfología: Forma de las valvas elípticas, extremos redondeados, área central en forma de moño, birafida, recto, estrías ligeramente convergentes hacia el centro, Str: 20-22/10  $\mu\text{m}$ , L: 22-33  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 7.1-8.6  $\mu\text{m}$ .

***Stauroneis smithii***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Naviculales*

Familia: *Stauroneidaceae*

Género: *Stauroneis*

Especie: *smithii* Grunow 1860

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, ápices capitados, parte central ensanchada, área central en forma de cruz, birafida forma recta, estrías muy finas, Str: 20-30/10  $\mu\text{m}$ , L: 12-55  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 4.9  $\mu\text{m}$ .

***Stenopterobia delicatissima***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Surirellales*

Familia: *Surirellaceae*

Género: *Stenopterobia*

Especie: *delicatissima* Lewis Brébisson ex Van Heurck 1896

Morfología: Forma de las valvas lanceoladas, márgenes rectos, ápices capitados, rafe ubicado en el canal a lo largo del margen de la valva, estrías no visibles, Fíbulas: 40-75/10  $\mu\text{m}$ , L: 30-100  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 3.5-9  $\mu\text{m}$ .

***Stephanodiscus neoastraea***

Clase: *Coscinodiscophyceae*

Orden: *Thalassiosirales*

Familia: *Stephanodiscaceae*

Género: *Stephanodiscus*

Especie: *neoastraea* Håkansson y Hickel 1986

Morfología: Forma de las valvas circulares, espinas en el margen de la valva, sin rafe, estrías radiales, Str: 7-9/10  $\mu\text{m}$ , L: 18-52  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 18-52  $\mu\text{m}$ .

***Surirella angusta***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Surirellales*

Familia: *Surirellaceae*

Género: *Surirella*

Especie: *angusta* Kützing. 1844

Morfología: Forma de las valvas lineales, con vértices rostrados hendidas con apariencia de aureolas alrededor de la valva, monorafida se coloca alrededor del margen, cuenta con aureolas 2-5/10  $\mu\text{m}$ , L: 18-70  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 6-15  $\mu\text{m}$ .

***Surirella linearis***

Clase: *Bacillariophyceae*

Orden: *Surirellales*

Familia: *Surirellaceae*

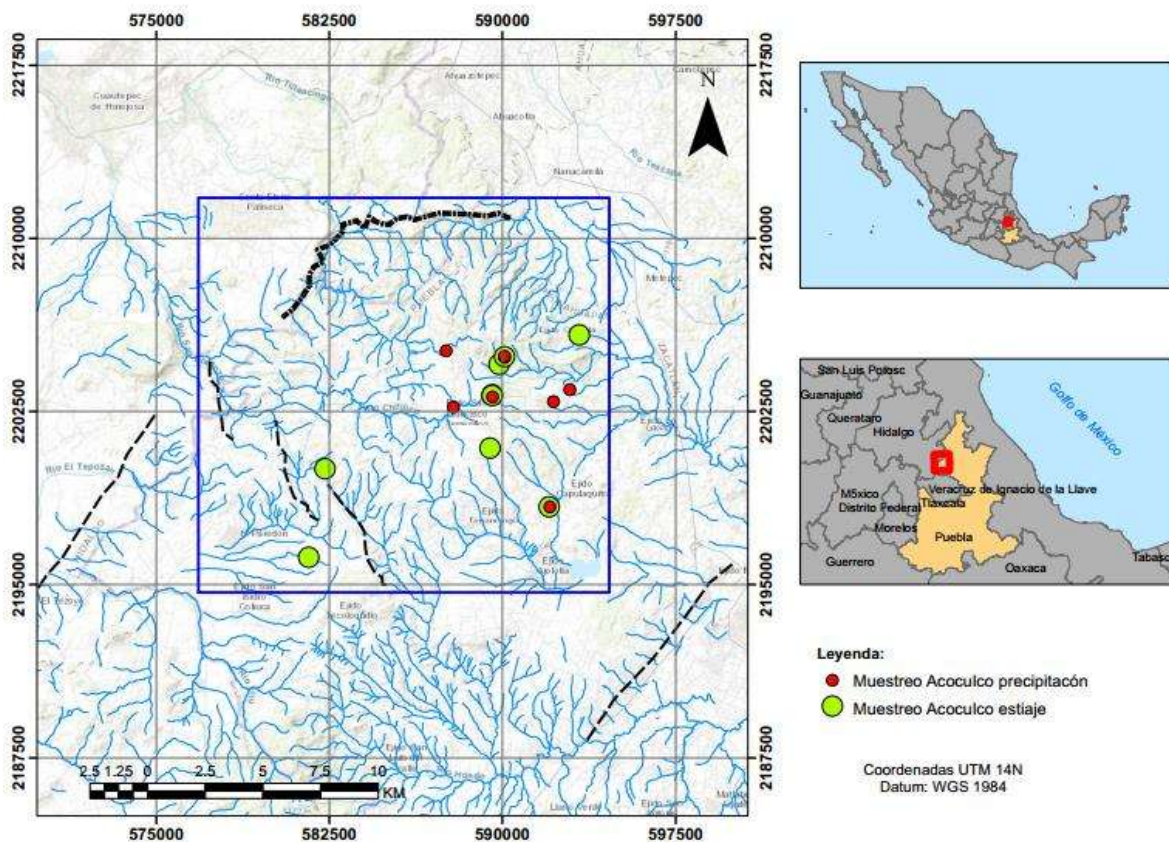
Género: *Surirella*

Especie: *linearis* W. Smith 1853

Morfología: Forma de las valvas linear-lanceoladas, con extremos ligeramente cóncavos, monorafida alrededor del margen, estrías finas paralelas, alveolos paralelos a ligeramente convergentes hacia el centro, L: 20-120  $\mu\text{m}$ ,  $\Phi$ : 9-25  $\mu\text{m}$ .

## Ubicación de los puntos de muestreo donde se hallaron comunidades de diatomeas

- 7 sitios de muestreo para la temporada de precipitación (Octubre 2017) y 8 sitios para la temporada de estiaje (Abril 2018) en Aocolco, Puebla (Figura. 8).
- 4 sitios de muestreo para temporada de estiaje (Abril 2018) y para la temporada de precipitación (Junio 2018) en Humeros, Puebla (Figura. 9).



**Figura 8.** Mapa con el muestreo donde se encontraron diatomeas en Aocolco en temporada de precipitación y estiaje.



## **Caracterización de parámetros fisicoquímicos:**

- **Acoculco estiaje y precipitación**

Se registraron nitritos en un rango de 19.5 a 2.5 (mg/L) rebasando la norma de calidad en los puntos A18AC03 (pozo de agua), A18AC09 (Riachuelo de punto de control) y A18AC06 (Laguna los Azufres); La alcalinidad en la mayoría de los cuerpos de agua se mantiene neutra, con excepción de las manifestaciones termales Alcaparrosa y Laguna los Azufres donde se encontró un pH de 2-4 mostrando acidez en estos sitios. En cuanto a las temperaturas tomadas ninguna rebasó los 24°C (Anexo III).

Se registró la presencia de elementos traza por encima de la norma de Fe y Mn en todos los puntos de muestreo en la época de precipitación y S en las manifestaciones termales en la Laguna Los Azufres y Alcaparrosa (Anexo III). Para la época de estiaje los sitios Alcaparrosa, Laguna los azufres, el jardín Japonés y el pozo de agua, se encontraron elementos traza de Fe y Mn por encima de la norma, el elemento S se reportó con valores elevados solo en las manifestaciones termales, mientras el arsénico (As) solo estuvo presente en la Laguna Los Azufres (Anexo III)

- **Humeros estiaje y precipitación**

Se reportó la presencia de nitritos en un rango de 647358458 en los puntos B18LH01 (Poza de lava), B18LH05 (Arroyo) y B18LH16 (Arroyo) en temporada de precipitación. La alcalinidad de la caldera se mantiene neutra para todos los puntos de muestreo en ambas temporadas del año. Mientras que la temperatura máxima fue de 80°C registrada en el pozo de aguas de descarga (A18LH10) de la época de estiaje.

Los sitios de muestreos dentro de la caldera de Los Humeros, donde se reportó la presencia de elementos traza y cationes mayoritarios (Anexo III), fueron el pozo de agua de descarga (A18LH10) con As y Na, en la poza de lava (B18LH11) Fe y Mn, en temporada de precipitación, mientras que para la temporada de estiaje la poza de lava (A18LH11) se encontró Fe. Por otra parte, en la presa de desecación (B18LH01) en época de precipitación se halló el Na, K, Ca, S, Mn, Fe y Zn por encima de las normas de calidad de agua.

## Riqueza y diversidad de especies

Se encontró un total de 135 especies de diatomeas. Para Acoculco se reportaron 115 especies y Humeros 40 especies. Se observan diferencias entre el número de especies encontradas en la época de estiaje y de precipitación. Encontrándose mayor diversidad en Acoculco durante el estiaje. En Acoculco se observó una mayor abundancia de individuos durante el estiaje, mientras que para Humeros la mayor abundancia se presentó durante las lluvias (Cuadro 1, 2, 3, 4).

Punto	Sitio de muestreo	Taxa_S	Individuos	Dominancia_D	Simpson_1-D	Shannon_H
ACO4	Riachuelo	18	256	0.1356	0.8644	2.249
ACO9	Capulaquito	14	294	0.1917	0.8083	2.016
ACO11	Represa	15	245	0.3395	0.6605	1.642
ACO12	Cruz Colorado	22	248	0.1415	0.8585	2.381
ACO13	Alcaparrosa	10	253	0.1913	0.8087	1.84
ACO13D	Alcaparrosa	5	265	0.5817	0.4183	0.8059
ACO16	Laguna Los Azufres	10	241	0.3023	0.6977	1.636
ACO18	Rio 18	20	273	0.1237	0.8763	2.488

**Tabla 1.** Resultados de los índices de diversidad Shannon y Simpson para Acoculco, Puebla para temporada de precipitación 2017.

Punto	Sitio de muestreo	Taxa_S	Individuos	Dominancia_D	Simpson_1-D	Shannon_H
A18AC01	Riachuelo	17	220	0.1207	0.8793	2.322
A18AC03	Pozo de agua	7	221	0.4545	0.5455	1.043
A18AC06	Lago los Azufres	3	209	0.9439	0.05613	0.1485
A18AC06_A	Lago los Azufres_A	14	201	0.2097	0.7903	1.922
A18AC07_A	Jardín Japonés A	10	211	0.3042	0.6958	1.522
A18AC07_B	Jardín Japonés B	11	209	0.3907	0.6093	1.442
A18AC08	Alcaparrosa	7	213	0.2341	0.7659	1.656
A18AC09	Rio	16	225	0.2129	0.7871	1.944
A18AC10_C	Cuautelelulco Laguna	20	211	0.1401	0.8599	2.356
IA18AC11	Manantial	17	216	0.1313	0.8687	2.329
A18AC30	Ocojala manantial	10	211	0.2196	0.7804	1.747

**Tabla 2.** Resultados de índices de diversidad para Acoculco, Puebla para temporada de estiaje 2018.

Punto	Sitio de muestreo	Taxa_S	Individuos	Dominancia_D	Simpson_1-D	Shannon_H
A18LH05	Arroyo	14	207	0.1638	0.8362	2.176
A18LH10	Pozo de descarga	5	226	0.3523	0.6477	1.217
A18LH11	Poza de lava	7	223	0.4238	0.5762	1.198

**Tabla 3.** Resultados de índices de diversidad para Humeros, Puebla para temporada de estiaje 2018.

Punto	Sitio de muestreo	Taxa_S	Individuos	Dominancia_D	Simpson_1-D	Shannon_H
B18LH01	Presa de desecación	4	208	0.369	0.631	1.168
B18LH05	Arroyo	12	219	0.3128	0.6872	1.54
B18LH11	Poza de lava	5	216	0.3482	0.6518	1.243
B18LH16	Arroyo	13	216	0.212	0.788	1.869

**Tabla 4.** Resultados de índices de diversidad para Humeros, Puebla para temporada de precipitación 2018.

### Índice de similitud

- **Acoculco estiaje y precipitación**

Los porcentajes de mayor similitud se encontraron entre el jardín Japonés (A18AC07) y lago Los Azufres con un 74 y 87%; la Laguna Los Azufres y Alcaparrosa un 62% en época de estiaje y en época de precipitación una similitud del 86%. (Tabla 5 y 6)

Las muestras del Jardín Japonés y la Laguna Los Azufres (manifestación termal) tienen una similitud del 74% y 87%. Las dos muestras tomadas del jardín Japonés y Alcaparrosa tienen una similitud del 66 y 73%.

- **Humeros estiaje y precipitación**

Para los sitios localizados en Humeros, los valores de similitud durante el estiaje fueron muy bajos, indicando que los sitios son diferentes (Tabla 7), mientras que durante la época de lluvias el punto B18LH05 (Arroyo) y B18LH11 (poza de lava) compartieron el 45.9% de las especies, siendo éste el valor más alto para los Humeros (Tabla 8).

Sitio	Aco4	Aco9	Aco11	Aco12	Aco13	Aco13D	Aco16	Aco18
ACO4	100.00	6.04	0.03	7.25	0.34	-	-	6.49
ACO9		100	0.05	0.22	-	-	-	2.36
ACO11			100	2.59	1.49	3.28	3.25	6.97
ACO12				100	32.38	56.91	64.00	59.80
ACO13					100	38.91	49.09	34.31
ACO13D						100	86.23	57.65
ACO16							100	65.93
ACO18								100

**Tabla 5.** Resultados del índice de similitud, para Acozulco, Puebla para temporada de precipitación 2017.

Sitio	A18AC01	A18AC03	A18AC06	A18AC06_A	A18AC07_A	A18AC07_B	A18AC08	A18AC09	A18AC10_C	A18AC11	A18AC30
A18AC01	100.00	0.82	-	0.59	-	-	-	2.17	27.47	36.31	-
A18AC03		100.00	-	-	-	-	-	0.22	0.03	0.87	-
A18AC06			100.00	41.05	74.50	87.80	62.03	-	-	-	-
A18AC06_A				100.00	47.21	49.62	45.93	-	5.27	-	-
A18AC07_A					100.00	94.22	66.80	-	0.34	0.81	-
A18AC07_B						100.00	73.56	-	-	0.55	-
A18AC08							100.00	-	-	-	-
A18AC09								100.00	0.04	1.43	27.32
A18AC10_C									100.00	4.75	-
A18AC11										100.00	3.53
A18AC30											100.00

**Tabla 6.** Resultados del índice de similitud, para Acozulco, Puebla para temporada de sequía 2018.

Sitio	A18LH05	A18LH10	A18LH11
A18LH05	100.00	2.39	0.21
A18LH10		100.00	0.06
A18LH11			100.00

**Tabla 7.** Resultados del índice de similitud, para Humeros, Puebla para temporada de sequía 2018.

Sitio	B18LH01	B18LH05	B18LH11	B18LH16
B18LH01	100.00	12.31	27.87	9.07
B18LH05		100.00	45.98	9.24
B18LH11			100.00	-
B18LH16				100.00

**Tabla 8.** Resultados del índice de similitud, para Humeros, Puebla para temporada de precipitación 2018.

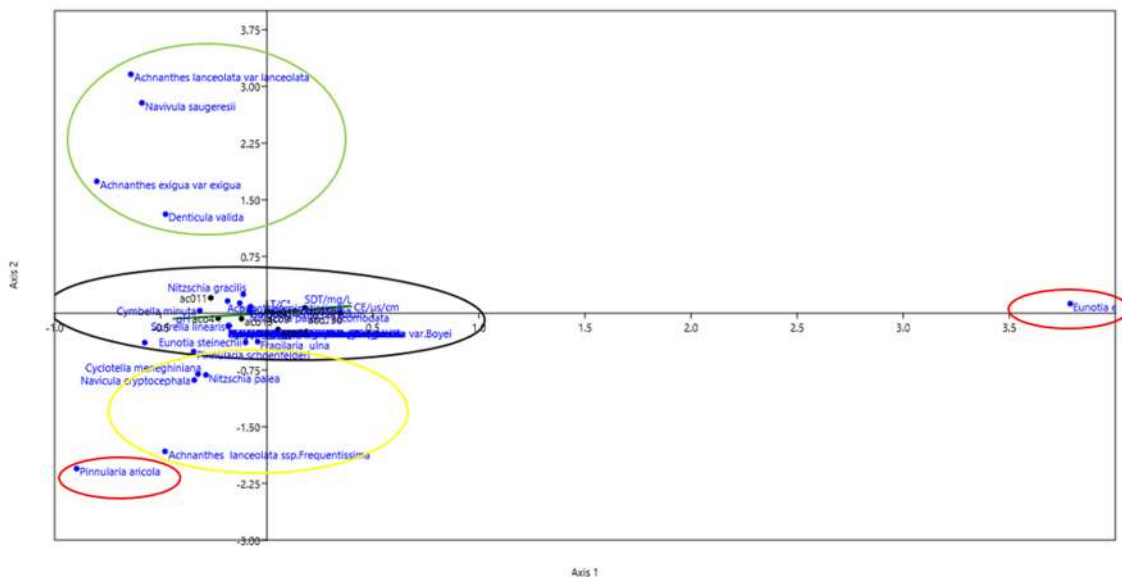
### **Análisis canónico de correspondencia**

- **Acoculco, temporada de precipitación**

Las especies encerradas con rojo (Figura. 10) son especies representativas de los puntos de muestreo pertenecientes a las manifestaciones termales, *Eunotia exigua* que es una de las especies más alejadas, es una especie que representa la similitud casi en todos los puntos de muestreo pues se encontró en la mayoría, *Pinnularia aricola* por otra parte se aleja del resto siendo una especie que aparece únicamente en una de las manifestaciones termales.

*Achnanthes lanceolata var lanceolata*, *Achnanthes exigua var exigua*, *Navicula saugeressi*, y *Denticula valida* encerradas en verde, representan al punto ACO11 (Represa).

*Nitzschia palea*, *Cyclotella meneghiniana*, *Navicula cryptocephala* y *Achnanthes lanceolata ssp. Frequentissima* encerradas con amarillo representan especies del punto ACO4 (Riachuelo) y el punto (ACO09) Manantial,



**Figura 10.** Ordenamiento obtenido por el análisis de correspondencia canónica (ACC), basado en la abundancia de las especies y parámetros físico-químicos tomados en campo, en Aocolulco, Puebla en temporada de precipitación 2017.

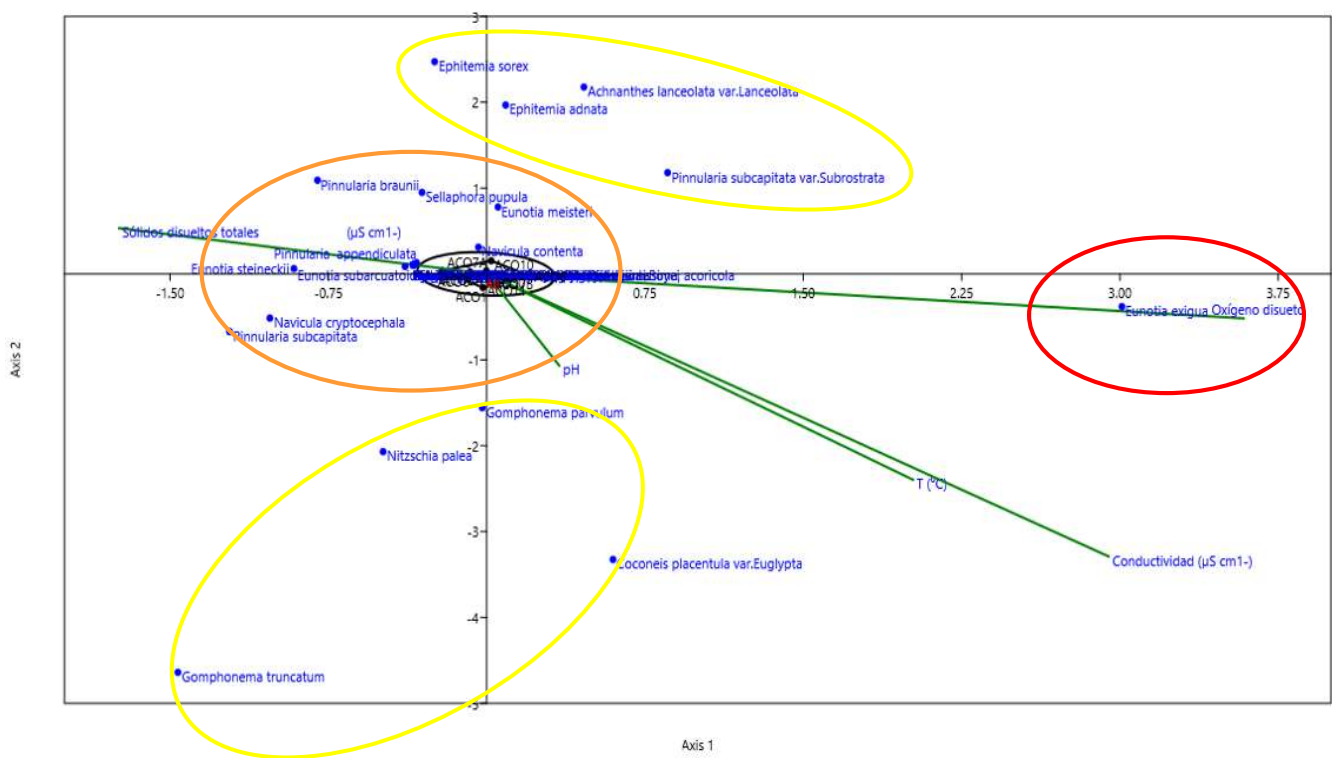
- **Acocolulco en temporada de estiaje**

Las especies *Gomphonema truncatum*, *Nitzschia palea*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Gomphonema parvulum*, *Epithemia sorex*, *Epithemia adnata*, *Pinnularia subcapitata* var *subcapitata* y *Achnanthes lanceolata* var *lanceolata*, encerrados con amarillo (Figura. 11) se alejan del resto teniendo en común que pertenecen a puntos de control alejados de la cuenca de Acocolulco, serian de las aguas más limpias, y donde tenemos una conductividad eléctrica más elevada que le resto de los puntos muestreados, inclusive estos géneros son los más dominantes en estos sitios, a excepción de *Epithemia adnata* que no es tan dominante.

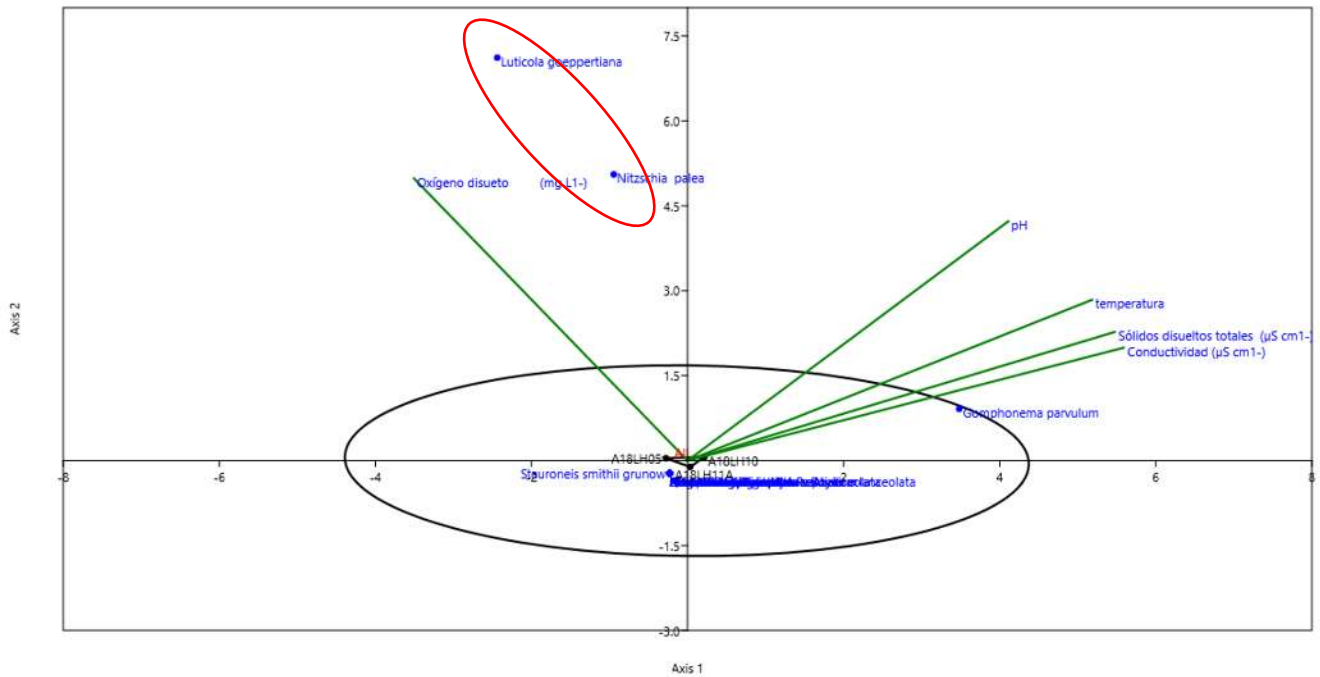
La especie *Eunotia exigua* es la más alejada del resto, es una especie que fue encontrada principalmente en las manifestaciones termales y puntos cercanos a las mismas manifestaciones, y donde el pH al menos en dos de los sitios es ácido, además de que fue una especie dominante por lo menos un 50% de cada punto.

- **Los Humeros temporada de estiaje**

Las especies *Luticola goeppertiana* y *Nitzschia palea* encerradas en rojo (Figura. 12) representan una pequeña similitud entre punto ACO01 (Riachuelo) punto de control y los puntos de manifestaciones termales, las especies para ambos ámbitos ecológicos es muy diferente por ello el hecho de que haya especies que unan a estos ámbitos ecológicos tan diferentes representa una variable en el análisis canónico, aun cuando no exista una dominancia de estas especies pues apenas en cada punto la encontramos entre el 1% y 7% como máximo, del mismo modo podemos definir a estas especies como bastante tolerantes a cambios ecológicos y por lo tanto cosmopolitas.



**Figura 11.** Ordenamiento obtenido por el análisis de correspondencia canónica (ACC), basado en la abundancia de las especies y parámetros físico-químicos tomados en campo, en Acoculco, Puebla en temporada de estiaje 2018.

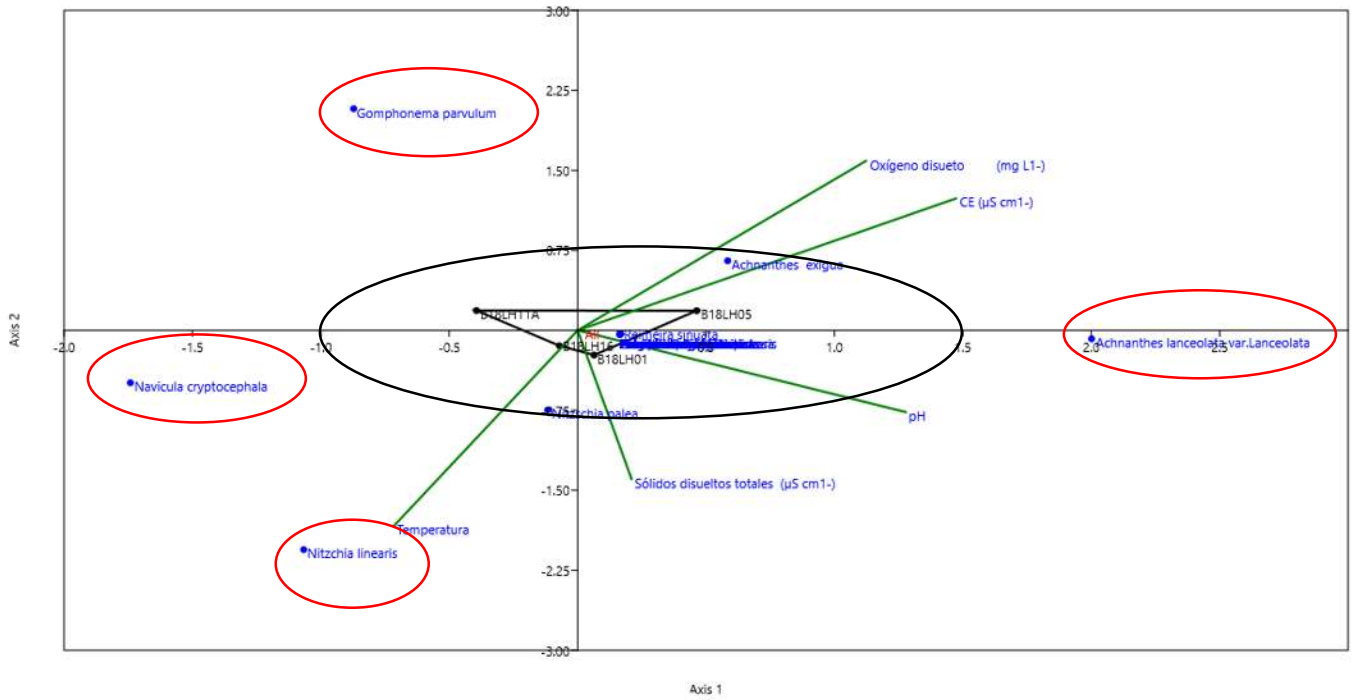


**Figura 12.** Ordenamiento obtenido por el análisis de correspondencia canónica (ACC), basado en la abundancia de las especies y parámetros físico-químicos tomados en campo, en Humeros, Puebla en temporada de estiaje 2018.

- **Los Humeros en temporada de precipitación**

Las especies que se encierran en rojo (Figura. 13) que se encuentran más alejadas representan cierta similitud entre los 4 lugares, *Nitzschia linearis* aparece ambos riachuelos de punto de control siendo más abundante en el Riachuelo 16, *Navicula cryptocephala* se encuentra en la presa de disecación y en la poza de lava cercana a una descarga de aguas de la actividad geotérmica; *Achnanthes lanceolata var lanceolata* es abundante en ambos riachuelos de punto de control (B18LH05 y B18LH16).

*Gomphonema parvulum* se encuentra en 3 puntos totalmente diferentes, B18LH01 (presa de disecación), B18LH05 (riachuelo) y B18LH11 (poza de lava).



**Figura 13.** Ordenamiento obtenido por el análisis de correspondencia canónica (ACC), basado en la abundancia de las especies y parámetros físico-químicos tomados en campo, en Humeros, Puebla en temporada precipitación 2018.

## 6. DISCUSIÓN

Se observan diferencias entre la composición y distribución de diatomeas entre Acoculco y Los Humeros. Ambos sitios tienen características fisicoquímicas particulares que ocasiona la generación de ambientes diferentes para estos organismos. En la caldera de Acoculco para los sitios más alejados tomados como puntos de control; esperando ambiente menos contaminados como manantiales y ríos, las especies dominantes en estos sitios fueron *Achnanthes lanceolata* var. *Lanceolata*, *Achnanthes lanceolata* ssp. *Frequentissima*, *Achantes minutissima* var. *minutissima*, *Achnanthes exigua*, *Fragilaria ulna*, *Fragilaria capucina*, *Fragilaria pinnata*, *Cocconeis Placentula* var. *euglypta*, *Nitzschia palea*, *Navicula contenta*, *Nitzschia fonticola* y *Navicula cryptocephala*, siendo el género *Achnanthes* presente en todos estos puntos, básicamente en estos sitios las condiciones químicas están en rangos bastante normales, con nutrientes bajos y elementos traza casi ausentes, existe la presencia de algunos cationes mayoritarios como Na y Ca, pero en rangos permisibles, *Cocconeis placentula* var. *euglypta* por su parte ha sido reportada en ambientes oligotrófica a eutrófica, presente en los lagos, ríos, con corrientes lentas, indicadora de bajos niveles lacustre, pH indiferente y conductividad eléctrica 400-20,000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ . Fosfatos totales 0.02-0.83 mg/L (Cantoral 1997). *Fragilaria pinnata* var. *pinnata* tiene preferencias en ambientes oligotrófica. Esta especie está presente en los lagos, charcas, estanques y ríos. Es una forma mesotérmica a eutérmica (Krammer y Large-Bertalot; 1991). *Achnanthes exigua* var. *exigua* es más frecuente en trópicos o subtropical que en la zona templada, donde está distribuida en aguas termales. Ríos, lagos, cascadas, manantiales, se presentan en estanques de acuarios. Cosmopolita, en unas condiciones muy amplias de temperatura y luz; pH 6.8 – 9; euritermicas (Krammer & Large-Bertalot; 1991. Especies como *Achnanthes minutissimum*, *Planothidium frequentissimum*, sensibles a la contaminación y reportadas para aguas oligotróficas a mesotróficas (Cox, 1996; Krammer y Lange Bertalot, 1997a, b; Krammer y Lange Bertalot, 2004a, b; Prygiel y Coste, 2000; Segura-García., 2011)

mientras que para los sitios de manifestaciones termales y puntos cercanos a estas manifestaciones las especies que más dominaron fueron *Eunotia exigua*, *Eunotia meisteri*, *Eunotia paludosa*, *Pinnularia oscura*, *Pinnularia subcapitata subrostrata*, *Pinnularia*

*acidophila*, siendo la especie *Eunotia exigua* característica para estos sitios de manifestaciones termales, las condiciones fisicoquímicas relevantes para estos sitios son el registro de pH ácido en un rango de 2-3, sólidos totales disueltos más altos que el resto de los sitios y el Mn, Fe, Zn y As por encima de la norma de consumo. La especie *Eunotia exigua* es tolerante a altas y abruptas variaciones pH (Alles *et al.*, 1991) aunque esencialmente el género *Eunotia* es frecuentemente asociado a aguas ácidas (Sladeczek, 1986; Patrick, 1948; Descy, 1979; Alles *et al.*, 1991; Cameron, 1995; Carter y Flower, 1988; Pierre, 1996) y a ambientes oligotróficos y distróficos (Patrick y Reimer, 1966; Descy, 1979; Koyabaysi *et al.*, 1981; Lange-Bertalot y Metzeltin, 1996). En el punto A18AC03 pozo de agua de consumo humano, se encontraron las especies *Nitzschia palea acomodata* y *Nitzschia palea synedra*, donde los habitantes confirmaron que el agua estaba saliendo sucia, mismo punto donde el Fe fue de 319 ug/L por encima de la norma de consumo.

Para la caldera de Humeros para los sitios de puntos de control ríos y riachuelos, las especies que dominaron principalmente fueron *Achnanthes lanceolata var lanceolata*, *Fragilaria ulna* y *Fragilaria capucina*, mientras que para el sitio más cercano a pozos de descarga de la actividad geotérmica fueron *Gomphonema parvulum*, *Navicula cryptocephala* y *Navicula veneta*. Previamente *Achnanthes exiguum*, *Gomphonema parvulum* han sido reportadas en temperaturas de 40-58°C (Quintela *et al.*, 2013; Covarrubias *et al.*, 2016) Además, *Achnanthes exiguum* ha sido registrado en todas las muestras recolectadas de los manantiales de Limnocreno de Bunica que se encuentran en el sur de Bosnia y Herzegovina, esta especie ha sido frecuentemente encontrado en muchas aguas termales alcalinas (DeDić *et al.*, 2015), (citado en Pumas *et al.*; 2018). *Gomphonema parvulum var. Parvulum* también se ha encontrada en ambientes eutróficos, mesotróficos y oligotrófico; en hábitats como arroyos, paredón, corrientes, aguas dulces con un mejor desarrollo en aguas ricas en nutrientes; aguas de baja a media conductividad, puede ser indicador de contaminación (Krammer & Lange-Bertalot 1986).

En el punto B18LH10 pozo de aguas de descarga donde las especies dominantes fueron *Navicula cryptocephala* y *Gomphonema parvulum* registrando una temperatura de 80°C siendo la temperatura más elevada en todo el muestreo de Los Humeros tanto para la época de estiaje y la época de precipitación, se encontraron As, Sb y Na en concentraciones que

rebasan la norma. Pumas et al (2018) reporta la diversidad de diatomeas en aguas termales en el norte de Tailandia donde las temperaturas registradas son de 45-100 °C, TDS bajos, pH de 6.5 a 9.5 y contenido de gas (CHuaviroj; 1988); Algunas de las especies encontradas en dichas aguas termales son *Achnantheidium exiguum*, *Anomoeneis sphaerophora*, *Anomoeneis*, *Craticula acidoclinata*, *Craticula ambigua*, *Craticula cuspidata*, *Diatomella balfouriana*, *Navicula grimmei*, *Navicula rostellata*, *Navicula subrhynchocephala*, *Nitzschia amphibia* Grunow, *Nitzschia clausii*, *Nitzschia ignorata*, *Nitzschia palea*, *Rhopalodia gibberula* y *Sellaphora lanceolata*.

Para la muestra de presa de disecación las especies dominantes fueron *Achnanthes minutissima*, *Navicula cryptocephala* y *Nitzschia palea*, con sólidos disueltos totales altos. *Navicula cryptocephala*; se reconoce como una especie cosmopolita, en algunos ambientes alcanza altos porcentajes como en los ríos poco contaminados de la Francia. Una exacta caracterización ecológica, Se presenta en aguas ácidas, también en ambientes eutróficos ricos en oxígeno y en sitios con contaminación orgánica. Aguas de corriente suave (Krammer & Large-Bertalot 1986).

## 7. CONCLUSIONES

Los géneros característicos para Acoculco tanto en época de estaje como de precipitación fueron principalmente de los géneros *Eunotia*, *Pinnularia*, *Achnanthes* y *Fragilaria*; en las manifestaciones termales fue notable la presencia de *Eunotia exigua*, y en los puntos de control como Riachuelos o manantiales alejados de la manifestación termal la especie en común fue *Achnanthes lanceolata var lanceolata*, mientras que para Los Humeros las especies características fueron de los géneros *Achnanthes*, *Gomphonema*, *Navicula* y *Nitzschia*, siendo *Achnanthes lanceolata var lanceolata* una especie compartida entre Acoculco y los Humeros para indicar aguas menos contaminadas, en cuanto a las especies indicadoras de la actividad geotérmica en los Humeros se hallaron principalmente *Navicula cryptocephala*, *Navicula venta*, *Gomphonema parvulum* y *Gomphonema gracile*.

Como principal diferencia entre ambas calderas encontramos la ausencia de *Eunotia* y una menor riqueza de *Pinnularia* en la caldera de Los Humeros, otra característica relevante es que en los Humeros hubo mayor dominancia de especies que en Acoculco; es decir que hubo menor riqueza de especies. Entre los factores que pueden dar pie a estas diferencias esta que la caldera los Humeros se encuentra más alejada de la población y hay menos cuerpos de agua por donde pueda haber la proliferación de la diversidad de las Diatomeas, La caldera de los Humeros es un campo que se encuentra en total actividad de explotación geotérmica, mientras que Acoculco tiene a la población más cercana y es un área que aún se encuentra en exploración.

Las comunidades de diatomeas fueron evidentes en cada sitio según la ecología del lugar, obtuvimos especies indicadoras para cuerpos contaminados, especies indicadoras de los cuerpos más limpios como manantiales y ríos y se hallaron especies indicadoras de la actividad geotérmica que alberga en las calderas, comprobando del mismo modo que las diatomeas son verdaderamente cosmopolitas y que son muy puntuales a la hora de definir la ecología del lugar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cantoral, E.A; Aboal, M;(2008), Diatomeas (Bacillariophyceae) del marjal Oliva-Pego (Comunidad Valenciana, España). 65(1): 111-128; Anales del Jardín Botánico de Madrid.
- Delong, M. 2005. Upper Mississippi River. En: Rivers of North America (Eds). Benke, A.C. y Cushing, C.E. 2005. Estados Unidos : 326-375.
- Diatoms of Europe, edited by H.Lange-Bertalot, volumen 1, K. Krammer, The genus pinnularia, A.R.G.Gantner Verlag K.G. 2000.(pag. 50,286)
- Gaston, K. J. 1996a. Species richness: measure and measurement. En K. J. Gaston(ed.).Biodiversity. A Biology of Numbers and Difference. Blackwell Science.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (1991) Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae In Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2(3): 1-576. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, Germany.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (2004) Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthes s.l; Navicula s.str; Gomphonema In Ettl, H., Gartner, G., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2(4): 1-468. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Germany.
- Krammer, K. and Lange-Bertalot, H. (2007) Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae In Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2(2): 1-610. Ergänztter Nachdruck der 1. Auflage, Germany.
- Krammer, K. y Lange-Bertalot, H. (2007) Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae En: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (Eds.). Süßwasserflora von Mitteleuropa. 2(1): 876 p. Durchgesehener Nachdruck der 1 Auflage, Germany.
- Krebs, C. J. 1978. Ecology; the experimental analysis of distribution and abundance. Harper&Row (eds.). Nueva York. 678 p.
- Lobo, E. A., & Leighton, G. 1986. Estructuras comunitarias de las fitocenosis planctónicas de los sistemas de desembocaduras de ríos y esteros de la Zona Central de Chile. Revista Biología Marina, Valparaíso. 22: 1-29.
- Lobo, E. A., Callegaro, V. L. M., Hermany, G., Bes, D., Wetzel, C. E., & Oliveira, M. A. 2004a. Use of epilithic diatoms as bioindicator from lotic systems in southern

- Brazil, with special emphasis on eutrophication. *Acta Limnologica Brasiliensia*. 16(1): 25-40.
- Lobo, E. A., Callegaro, V. L. M., Hermany, Gómez, N., & Ector, L. 2004b. Review of the use of microalgae in South America for monitoring rivers, with special reference to diatoms. *Vie et Milieu*. 53(2/3): 35-45.
- Lobo, E. A; Weber, N. F; y Hugo, V. S; 2019. Diatomeas como bioindicadores: Aspectos ecológicos de la respuesta de las algas a la eutrofización en América latina. *Mexican Journal of Biotechnology*, México. 4(1):1-24.
- Lopez Fuerte, F. O. y D. A. Siqueiros Beltrones. 2011. Diatomeas como indicadores de la calidad ecológica de los oasis de Baja California Sur, México. *CONABIO. Biodiversitas*, 99:8-11.
- Luján de Fabricius, A. 2004. Las algas, indicadores de calidad del agua. Facultad de Ciencias Exactas. Departamento de Ciencias Naturales. Córdoba, Argentina. *In: www.unrc.edu.ar/publicar/interciencia/004/dos.htm*
- Magurran, A. 1988. *Ecological diversity and its measurements*. Princeton University Press. New Jersey-U.S.A. 179 p.
- Minerovic, A. (2016). *Sellaphora saugerresii*. En diatomeas de América del Norte. [https://diatoms.org/species/sellaphora\\_saugerresii](https://diatoms.org/species/sellaphora_saugerresii)
- Mostacedo, B.&T.S. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR. Santa Cruz-Bolivia. 87 p.
- Palmer, M.W. 1993. Putting things in even better order: the advantages of canonical correspondence analysis. *Ecology* 74: 2215-2230p.
- Peet, R.K. 1975. *Relative Diversity Indices*. *Ecology*, 56: 496-498
- Pla, Laura Biodiversidad: inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza *Interciencia*, vol. 31, núm. 8, agosto, 2006, pp. 583-590 Asociación Interciencia Caracas, Venezuela.
- Potapova, M. (2009). *Navicula erifuga*. En diatomeas de América del Norte. [https://diatoms.org/species/navicula\\_erifuga](https://diatoms.org/species/navicula_erifuga)
- Potapova, M. (2010). *Sellaphora rexii*. En diatomeas de América del Norte. [https://diatoms.org/species/sellaphora\\_rexii](https://diatoms.org/species/sellaphora_rexii)
- Potapova, M. (2011). *Navicula cryptocephala*. In *Diatoms of North America*. [https://diatoms.org/species/navicula\\_cryptocephala](https://diatoms.org/species/navicula_cryptocephala)
- Potapova, M. (2011). *Navicula subrhynchocephala*. In *Diatoms of North America*. [https://diatoms.org/species/navicula\\_subrhynchocephala](https://diatoms.org/species/navicula_subrhynchocephala)

- Roldán, G. 2003. La bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Editorial Universidad del Antioquia, Medellín. 170p.
- Sonco, R. 2013. Estudio de la diversidad alfa ( $\alpha$ ) y beta ( $\beta$ ) en tres localidades de un bosque Montano en la región de Madidi, La Paz-Bolivia. (Tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés. Bolivia.
- Spaulding, S. (2010). Epithemia En diatomeas de América del Norte.  
<https://diatoms.org/genera/epithemia>
- Spaulding, S., Edlund, M. (2008). Cymbella En diatomeas de América del Norte.  
<https://diatoms.org/genera/cymbella>
- Spaulding, S., Edlund, M. (2008). Fragilaria En diatomeas de América del Norte.  
<https://diatoms.org/genera/fragilaria>
- Spaulding, S., Edlund, M. (2008). Nitzschia En diatomeas de América del Norte.  
<https://diatoms.org/genera/nitzschia>
- Spaulding, S., Edlund, M. (2009). Gomphonema En diatomeas de América del Norte.  
<https://diatoms.org/genera/gomphonema>
- Spaulding, S., Edlund, M. (2009). Gyrosigma En diatomeas de América del Norte.  
<https://diatoms.org/genera/gyrosigma>
- Spaulding, S., Edlund, M. (2010). Stenopterobia. En diatomeas de América del Norte.  
<https://diatoms.org/genera/stenopterobia>
- Tyree, M. (2018). Pinnularia brauniana. En diatomeas de América del Norte.  
<https://diatoms.org/species/pinnularia-brauniana>.
- Wichtige literatur: hustedt (1933), cleve-Euler (1953), McIntire & Reimer (1974), Geitler (1980), Kobayasi & Sawatari (1984), Lange Bertalot & Krammer (1989).

## **8. ANEXOS**

### **Anexo I.**

Tablas de conteo y medidas de las diferentes diatomeas encontradas en cada sitio, considerando largo, ancho y número de estrías o fíbulas de cada una de las diatomeas, en comparación con el anexo I. las medidas aquí descritas no fueron obtenidas de la bibliografía, sin embargo, si fueron base de comparación para poder llegar a la especie.

<b>Especie</b>	<b>#</b>	<b>Punto</b>
Achnanthes lanceolata ssp.frequentissima	9	Aco12B
Achnanthes lanceolata var.lanceolata	17	Aco12B
Achnanthes exigua var exigua	11	Aco11
Achnanthes exigua var exigua	2	Aco12B
Achnanthes grana	22	Aco11
Achnanthes lanceolata ssp. Bipomora	20	Aco4
Achnanthes lanceolata ssp.frequentissima	34	Aco4
Achnanthes lanceolata ssp.frequentissima	2	Aco9
Achnanthes lanceolata ssp.lanceolata var.boyei	14	Aco11
Achnanthes lanceolata var lanceolata	136	Aco11
Achnanthes lanceolata var.lanceolata	5	Aco18
Achnanthes minutissima	44	Aco9
Achnanthes subatomoides	5	Aco11
Achnanthes subatomoides	5	Aco12B
Achnanthidium minutissima var minutissima	2	Aco12B
Caloneis bacillum	1	Aco13
Cocconeis placentula var. Placentula	2	Aco4
Cyclotella meneghiniana	4	Aco4
Cyclotella meneghiniana	1	Aco12B
Cymbella caespitosa	24	Aco9
Cymbella minuta	1	Aco4
Cymbella minuta	12	Aco18
Denticula eximia	3	Aco12B
Denticula valida	5	Aco18
Denticula valida	1	Aco4
Denticula valida	5	Aco11
Epithemia sores	8	Aco9
Eunotia bilunaris	1	Aco4
Eunotia elegans	27	Aco16
Eunotia exigua	5	Aco11
Eunotia exigua	69	Aco12B
Eunotia exigua	49	Aco13
Eunotia exigua	196	Aco13D
Eunotia exigua	123	Aco16
Eunotia exigua	45	Aco18
Eunotia exigua	33	Aco16
Eunotia exigua	3	Aco4

<b>Especie</b>	<b>#</b>	<b>Punto</b>
Eunotia minor	9	Aco18
Eunotia paludosa	3	Aco12B
Eunotia paludosa	5	Aco12B
Eunotia rhynocephala	47	Aco13
Eunotia steineckeii	9	Aco13D
Eunotia steineckeii	7	Aco16
Eunotia subarcutoides	14	Aco13
Fragilaria capucina var.capitellata	106	Aco9
Fragilaria capucina var.perminuta	5	Aco18
Fragilaria construens var. Venter	5	Aco18
Fragilaria pinnata var.pinnata	47	Aco12B
Fragilaria ulna	63	Aco4
Frustulia rhomboides	3	Aco16
Frustulia rhomboides	8	Aco13
Frustulia rhomboides var.crassinervia	28	Aco18
Frustulia sin especie	15	Aco12B
Frustulia vulgaris	1	Aco11
Gomphonema angustum	11	Aco9
Gomphonema parvulum	20	Aco4
Gomphonema parvulum	23	Aco9
Gomphonema parvulum	13	Aco18
Gomphonema parvulum var lagenula	4	Aco11
Gomphonema truncatum	43	Aco9
Gyrosigma obscurum	2	Aco9
Hantzschia amphioxys	3	Aco9
Hantzschia amphioxys	3	Aco11
Hantzschia amphioxys	3	Aco12B
Luticola goeppertiana	13	Aco18
Navicula cryptotenella	2	Aco16
Navicula contenta	26	Aco12B
Navicula cryptocephala	41	Aco4
Navicula cryptocephala	8	Aco12B
Navicula difficillima	2	Aco12B
Navicula expecta	21	Aco18
Navicula libonesis	8	Aco13
Sellaphora saugeressi	3	Aco18
Sellaphora saugeressi	31	Aco11
Nitzschia clausii	1	Aco11

Especie	#	Punto
<i>Nitzschia amphibia</i>	2	Aco12B
<i>Nitzschia fructicosa</i>	12	Aco18
<i>Nitzschia gracilis</i>	6	Aco4
<i>Nitzschia gracilis</i>	11	Aco9
<i>Nitzschia linearis</i>	1	Aco4
<i>Nitzschia palea</i>	9	Aco9
<i>Nitzschia palea</i>	24	Aco4
<i>Nitzschia palea accomodata</i>	10	Aco12B
<i>Nitzschia palea accomodata</i>	5	Aco12B
<i>Nitzschia palea accomodata</i>	9	Aco18
<i>Nitzschia recta</i>	3	Aco11
<i>Nitzschia tenera</i>	6	Aco9
<i>Pinnularia 2 gibba var. Linearis</i>	2	Aco9
<i>Pinnularia acoricola</i>	47	Aco13D
<i>Pinnularia aricola</i>	75	Aco13
<i>Pinnularia aricola</i>	10	Aco16
<i>Pinnularia borealis var. Rectangularis</i>	1	Aco4
<i>Pinnularia brandelii</i>	9	Aco16
<i>Pinnularia gibba</i>	1	Aco13D
<i>Pinnularia interrupta</i>	2	Aco13
<i>Pinnularia interrupta</i>	13	Aco16
<i>Pinnularia kuetzingii</i>	3	Aco11
<i>Pinnularia microstauron</i>	4	Aco4
<i>Pinnularia microstauron</i>	9	Aco13
<i>Pinnularia microstauron</i>	2	Aco18
<i>Pinnularia obscura</i>	2	Aco12B
<i>Pinnularia schoenfelderi</i>	12	Aco18
<i>Pinnularia schoenfelderi</i>	5	Aco12B
<i>Pinnularia subcapitata</i>	4	Aco12B
<i>Pinnularia subcapitata</i>	27	Aco13
<i>Pinnularia subcapitata</i>	13	Aco13
<i>Pinnularia subcapitata</i>	12	Aco13D
<i>Pinnularia subcapitata</i>	2	Aco16
<i>Pinnularia subcapitata</i>	12	Aco16
<i>Pinnularia subcapitata</i>	1	Aco18
<i>Pleurosigma scalproides</i>	2	Aco12B
<i>Sellaphora laevisissima</i>	2	Aco4
<i>Stenopterobia delicatissima</i>	2	Aco18
<i>Surirella angusta</i>	1	Aco12B
<i>Surirella gracilis</i>	24	Aco4
<i>Surirella linearis</i>	36	Aco18

**Tabla 9.** Especies encontradas en el muestreo de Acoculco precipitación

<b>Especie</b>	<b>#</b>	<b>Punto</b>
Achnanthes exigua	75	A18AC30
Achnanthes inflata	5	A18AC30
Achnanthes lanceolata	7	A18AC30
Achnanthes lanceolata	17	A18AC30
Achnanthes lanceolata ssp.frequentissima	19	A18AC01
Achnanthes lanceolata ssp.lanceolata var.boyei	5	A18AC01
Achnanthes lanceolata var lanceolata	47	A18AC11
Achnanthes lanceolata var.lanceolata	9	A18AC01
Achnanthes lanceolata var.rostrata	5	A18AC10C
Achnanthes minutissima	16	A18AC10C
Achnanthes minutissima var. minutissima	33	A18AC30
Achnanthes minutissima var. minutissima	85	A18AC09
Achnanthes minutissima var.affinis	1	A18AC10C
Caloneis bacillum	1	A18AC30
Caloneis silicula	1	A18AC10C
Cocconeis placentula var.euglypta	43	A18AC01
Cocconeis placentula var.euglypta	1	A18AC06A
Cymbella caespitosa	49	A18AC10C
Cymbella minuta	4	A18AC11
Cymbella naviculiformis	1	A18AC09
Cymbella tumida	2	A18AC01
Epithemia adnata	2	A18AC01
Epithemia adnata	4	A18AC10C
Epithemia sores	27	A18AC01
Epithemia sores	52	A18AC10C
Epithemia sores	1	A18AC11
Eunotia arculus	7	A18AC07A
Eunotia arcus	3	A18AC09
Eunotia bilunaris	4	A18AC06A
Eunotia bilunaris var.bilunaris	4	A18AC09
Eunotia denticulata	10	A18AC06A
Eunotia exigua	201	A18AC07
Eunotia exigua	2	A18AC09
Eunotia exigua	49	A18AC06A
Eunotia exigua	41	A18AC07A
Eunotia exigua	17	A18AC07A
Eunotia exigua	43	A18AC07A

<b>Especie</b>	<b>#</b>	<b>Punto</b>
Eunotia exigua	54	A18AC07B
Eunotia exigua	80	A18AC08
Eunotia implicata	3	A18AC09
Eunotia meisteri	4	A18AC06A
Eunotia meisteri	51	A18AC08
Eunotia minor	11	A18AC30
Eunotia paludosa	21	A18AC07A
Eunotia paludosa	18	A18AC07B
Eunotia rhynocephala	72	A18AC07B
Eunotia steineckeii	4	A18AC08
Eunotia steineckeii	3	A18AC07B
Eunotia steineckeii	6	A18AC08
Eunotia subarcutoides	11	A18AC07B
Eunotia subarcutoides	12	A18AC08
Eunotia tenella	6	A18AC06A
Fragilaria capucina	27	A18AC09
Fragilaria capucina var.vaucheriae	12	A18AC10C
Fragilaria ulna	7	A18AC09
Frustulia rhomboides	3	A18AC07A
Frustulia rhomboides	8	A18AC07B
Frustulia spicula	5	A18AC11
Frustulia var.crassinervia	4	A18AC09
Gomphonema clavatum	1	A18AC01
Gomphonema gracile	2	A18AC10C
Gomphonema parvulum	5	A18AC01
Gomphonema parvulum	14	A18AC01
Gomphonema parvulum	6	A18AC09
Gomphonema parvulum	10	A18AC11
Gomphonema parvulum	10	A18AC11
Gomphonema parvulum	6	A18AC03
Gomphonema truncatum	37	A18AC01
Gomphonema truncatum	1	A18AC09
Gomphonema truncatum	3	A18AC10C
Hantzschia amphioxys	1	A18AC07A
Navicula constans	11	A18AC30
Navicula contenta	6	A18AC11
Navicula contenta	47	A18AC30
Navicula cryptocephala	10	A18AC06A

<b>Especie</b>	<b>#</b>	<b>Punto</b>
Navicula cryptocephala	13	A18AC06A
Navicula cryptocephala	2	A18AC07A
Navicula cryptocephala	17	A18AC10C
Navicula cryptotenella	3	A18AC30
Navicula erifuga	1	A18AC01
Navicula expecta	1	A18AC01
Navicula pelliculosa	12	A18AC11
Navicula phyllepta	1	A18AC07A
Navicula schroeterii	19	A18AC11
Navicula subrhynocephala	5	A18AC03
Navicula trivialis	5	A18AC01
Navicula viridula var.rostellata	3	A18AC10C
Navicula expecta	28	A18AC09
Nitzschia amphibia f.amphibia	2	A18AC01
Nitzschia clausii	1	A18AC11
Nitzschia fonticola	43	A18AC09
Nitzschia fructicosa	4	A18AC06A
Nitzschia linearis	20	A18AC11
Nitzschia nana	2	A18AC09
Nitzschia palea	28	A18AC01
Nitzschia palea	5	A18AC10C
Nitzschia palea	48	A18AC11
Nitzschia palea	64	A18AC03
Nitzschia palea accomodata	134	A18AC03
Nitzschia recta	11	A18AC10C
Nitzschia sinuata var.delognei	1	A18AC10C
Nitzschia tubicola	15	A18AC01
Pinnularia parvulissima	1	A18AC03
Pinnularia sinistra	2	A18AC06
Pinnularia acidophila	28	A18AC08
Pinnularia appendiculata	16	A18AC08
Pinnularia acoricola	3	A18AC07B
Pinnularia appendiculata	15	A18AC06A
Pinnularia borealis var.rectangularis	1	A18AC10C
Pinnularia braunii	16	A18AC07A
Pinnularia braunii	13	A18AC07B
Pinnularia braunii	5	A18AC11
Pinnularia gibba	1	A18AC30
Pinnularia interrupta	1	A18AC07B

<b>Especie</b>	<b>#</b>	<b>Punto</b>
<i>Pinnularia microstauron</i> var. <i>brebissonii</i>	1	A18AC06A
<i>Pinnularia microstauron</i> var. <i>rostrata</i>	9	A18AC07A
<i>Pinnularia microstauron</i>	9	A18AC03
<i>Pinnularia obscura</i>	20	A18AC08
<i>Pinnularia obscura</i>	71	A18AC06A
<i>Pinnularia obscura</i> morphotype 1	2	A18AC07B
<i>Pinnularia rhombarea</i> var. <i>variarea</i>	9	A18AC11
<i>Pinnularia sinistra</i>	1	A18AC06A
<i>Pinnularia subcapitata</i>	6	A18AC06A
<i>Pinnularia subcapitata</i>	3	A18AC06A
<i>Pinnularia subcapitata</i>	2	A18AC07B
<i>Pinnularia subcapitata</i> var. <i>subrostrata</i>	3	A18AC06A
<i>Pinnularia subcapitata</i> var. <i>subrostrata</i>	50	A18AC07A
<i>Pinnularia subcapitata</i> var. <i>subrostrata</i>	22	A18AC07B
<i>Pinnularia viridiformis</i> type 1	5	A18AC11
<i>Pleurosigma</i>	1	A18AC09
<i>Rhopalodia brebissonii</i>	4	A18AC11
<i>Rhopalodia gibba</i>	4	A18AC01
<i>Sellaphora pupula</i>	1	A18AC11
<i>Sellaphora pupula</i>	2	A18AC10C
<i>Sellaphora atomoides</i>	2	A18AC03
<i>Sirurella angusta</i>	9	A18AC11
<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	8	A18AC10C
<i>Sirurella linearis</i>	5	A18AC09

**Tabla 10.** Especies encontradas en el muestreo de Aocolco estiaje

<b>Especie</b>	<b>#</b>	<b>Punto</b>
Achnanthes exigua	2	A18LH05
Achnanthes lanceolata var. lanceolata	34	A18LH05
Achnanthes lanceolata var. lanceolata	68	A18LH05
Achnanthes conspicua	3	A18LH05
Eunotia arcus	7	A18LH11
Fragilaria capucina var. perminuta	18	A18LH05
Fragilaria ulna	6	A18LH05
Gomphonema gracile var. auritum	20	A18LH10
Gomphonema parvulum	24	A18LH10
Gomphonema parvulum	7	A18LH10
Gomphonema parvulum	51	A18LH10
Gomphonema parvulum	3	A18LH05
Luticola goeppertiana	15	A18LH05
Luticola goeppertiana	1	A18LH11
Navicula cryptocephala	103	A18LH10
Navicula cryptotenella	10	A18LH05
Sellaphora saugeressi	8	A18LH05
Navicula trivialis	15	A18LH05
Navicula veneta	169	A18LH11
Nitzschia linearis	13	A18LH05
Nitzschia fonticola	19	A18LH11
Nitzschia microcephala	27	A18LH11
Nitzschia palea	7	A18LH05
Nitzschia palea	6	A18LH10
Pinnularia gibba	15	A18LH10
Stauroneis smithii grunow	5	A18LH05

**Tabla 11.** Especies encontradas en el muestreo de Humeros seca

<b>Especie</b>	<b>#</b>	<b>Punto</b>
<i>Achnanthes exigua</i>	6	B18LH16
<i>Achnanthes exigua</i>	11	B18LH05
<i>Achnanthes lanceolata</i>	15	B18LH16
<i>Achnanthes lanceolata</i>	45	B18LH16
<i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i>	38	B18LH05
<i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i>	11	B18LH11A
<i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i>	5	B18LH05
<i>Achnanthes lanceolata</i> var. <i>lanceolata</i>	68	B18LH05
<i>Achnanthes minutissima</i>	112	B18LH01
<i>Amphora</i> aff. <i>montana</i>	1	B18LH05
<i>Caloneis schumanniana</i>	2	B18LH05
<i>Cocconeis placentula</i>	4	B18LH16
<i>Cymbella</i> aff. <i>caespitosa</i>	1	B18LH05
<i>Fragilaria capucina</i>	3	B18LH16
<i>Fragilaria ulna</i>	18	B18LH16
<i>Frustulia vulgaris</i>	2	B18LH16
<i>Gomphonema gracile</i>	27	B18LH11A
<i>Gomphonema parvulum</i>	17	B18LH01
<i>Gomphonema parvulum</i>	106	B18LH11A
<i>Gomphonema parvulum</i>	43	B18LH05
<i>Gomphonema parvulum</i>	12	B18LH05
<i>Navicula cryptocephala</i>	42	B18LH01
<i>Navicula cryptocephala</i>	3	B18LH05
<i>Navicula cryptocephala</i>	64	B18LH11A
<i>Navicula decussis</i>	6	B18LH16
<i>Navicula halophila</i>	4	B18LH05
<i>Sellaphora saugeressi</i>	6	B18LH16
<i>Nitzschia inconspicua</i>	3	B18LH05
<i>Nitzschia linearis</i>	5	B18LH05
<i>Nitzschia linearis</i>	69	B18LH16
<i>Nitzschia linearis</i> var. <i>linearis</i>	3	B18LH16
<i>Nitzschia bryophila</i>	6	B18LH16
<i>Nitzschia palea</i>	37	B18LH01
<i>Nitzschia palea</i>	23	B18LH05
<i>Nitzschia palea</i>	22	B18LH16
<i>Nitzschia palea</i>	10	B18LH16
<i>Pinnularia microstauron</i>	8	B18LH11A
<i>Reimeira sinuata</i>	1	B18LH16

**Tabla 12.** Especies encontradas en el muestreo de Humeros precipitación

## **Anexo II.**

Tablas de los parámetros físico-químicos tomados directamente en campo, como el pH, temperatura (T°C), conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (ODS), oxígeno disuelto (ODS) y Nutrientes como nitritos (NO<sub>2</sub>), nitratos (NO<sub>3</sub>), ortonitratos (NH<sub>4</sub>), fosfatos (PO<sub>4</sub>) y carbonatos (CO<sub>3</sub>); Tablas de elementos mayoritarios y elementos traza encontrados en los diferentes puntos de muestreo, que nos ayudaron a definir bajo qué condiciones se desarrollaron las diferentes comunidades de diatomeas, así como comparar con rangos de calidad de agua.

Punto	Sitio de muestreo	pH	T (°C)	CE (μS cm <sub>l</sub> -)	TDS (μS cm <sub>l</sub> -)	ODS (mg L <sub>l</sub> -)	NO <sub>2</sub> - (mg L <sub>l</sub> -)	NO <sub>3</sub> - (mg L <sub>l</sub> -)	CO <sub>3</sub> - (mg L <sub>l</sub> -)	PO <sub>4</sub> - (mg L <sub>l</sub> -)
ACO_4	Riachuelo	7.33	17.2	120.9	58	-	0.009	2.2	0	0
ACO_9	Capulaquito	6.96	20	114	56	-	0.125	8.6	0.7	0.7
ACO_11	Represa	6.99	15.3	137.7	81	-	0.006	1	0.15	0.15
ACO_12	Cruz colorado	6.59	18.4	137.7	67	-	0.001	0.6	0.08	0.08
ACO_13A	Riachuelo Alcaparrosa	6.76	15.9	61	30	-	0.003	0.1	0.09	0.09
ACO_13B	Riachuelo Alcaparrosa	2.49	15.7	1259	616	-	0.001	8.2	0.17	0.17
ACO_16	Laguna Los Azufres	3.51	17.5	519	256	-	0.014	14.2	0.16	0.16
ACO_18	Rio	6.5	13.8	54.6	27	-	0.002	5.5	0.07	0.07

**Tabla 13.** Tabla de datos tomados en campo para época de precipitación en Aocolcul. Puebla.

Punto	Sitio de muestreo	pH	T (°C)	CE (μS cm <sub>l</sub> -)	TDS (μS cm <sub>l</sub> -)	ODS (mg L <sub>l</sub> -)	NO <sub>2</sub> - (mg L <sub>l</sub> -)	NO <sub>3</sub> - (mg L <sub>l</sub> -)	NH <sub>4</sub> - (mg L <sub>l</sub> -)	PO <sub>4</sub> - (mg L <sub>l</sub> -)
A18AC01	Riachuelo	8.73	23.7	1222.00	294.00	5.91	13.00	0.25	0	0.25
A18AC03	Pozo de agua	6.88	22.5	6.45	88.57	5.50	2.50	0.80	0	0.18
A18AC06_A	Laguna Los Azufres	4.2	24.3	1556.00	396.00	22.15	0.75	0.80	0.15	0.05
A18AC06_B	Laguna Los Azufres	3.48	20	4.01	592.00	6.24	10.00	2.05	0	0
A18AC07	Jardín Japonés	6.41	19.1	2.80	382.00	6.20	4.00	0.60	0	0
A18AC08	Riachuelo Alcaparrosa	7.2	16.6	9.96	1470.00	6.36	19.50	5.10	0	0.02
A18AC10_C	Laguna Cuautelolulco	7.85	18.2	10.23	182.00	6.28	11.00	0.35	0	2.75
A18AC11	Manantial	7.5	18	646.00	128.00	6.30	11.00	1.20	0	1.43
A18AC30	Manantial La Presa	7.44	17.5	702.00	148.00	7.50	2.50	0.35	0	1.63

**Tabla 14.** Tabla de datos tomados en campo para época de estiaje en Aocolcul. Puebla.

Punto	Sitio de muestreo	pH	T (°C)	CE (μS cm <sub>l</sub> -)	TDS (μS cm <sub>l</sub> -)	ODS (mg L <sub>l</sub> -)	NO <sub>2</sub> - (mg L <sub>l</sub> -)	NO <sub>3</sub> - (mg L <sub>l</sub> -)	NH <sub>4</sub> - (mg L <sub>l</sub> -)	PO <sub>4</sub> - (mg L <sub>l</sub> -)
A18LH05	Rio	7.16	17.70	520.00	102.00	7.18	0.000	1.6	0	0.13
A18LH10	Pozo de descarga	8.45	80.30	5220.00	1008.00	6.46	0.000	1.7	0.58	0.44
A18LH11	Pozo de lava	6.93	27.60	1954.00	337.00	5.60	17.000	0.2	0	0.23

**Tabla 15.** Tabla de datos tomados en campo para época de estiaje en Humeros, Puebla.

Punto	Sitio de muestreo	pH	T (°C)	CE (μS cm <sub>l</sub> -)	TDS (μS cm <sub>l</sub> -)	ODS (mg L <sub>l</sub> -)	NO <sub>2</sub> - (mg L <sub>l</sub> -)	NO <sub>3</sub> - (mg L <sub>l</sub> -)	Cl <sup>-</sup> (mg L <sub>l</sub> -)	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg L <sub>l</sub> -)
B18LH01	Presas de disección	7.70	25.10	3.50	1231.25	6.02	-	-	-	-
B18LH05	Riachuelo	8.00	19.00	1800.00	84.38	6.53	10.00	1.70	0.00	0.00
B18LH11-A	Pozo de lava	7.20	21.30	350.00	65.63	6.19	0.00	1.10	0.32	0.05
B18LH16	Riachuelo	8.20	26.10	582.00	64.06	5.85	18.00	1.90	0.00	0.00

**Tabla 16.** Tabla de datos tomados en campo para época de precipitación en Humeros, Puebla.

Cationes mayoritarios	Aco4	Aco9	Aco11	Aco12	Aco13a	Aco13b	Aco16	Aco18
Na mg/L	5.283	5.901	7.453	7.748	3.474	5.213	11.427	3.279
Mg mg/L	3.69	4.282	3.7	2.424	0.761	0.78	6.552	0.622
K mg/L	1.849	3.65	3.166	2.753	2.242	4.121	6.135	1.941
Ca mg/L	12.59	8.079	15.35	8.363	4.365	3.771	26.979	3.217
Mn mg/L	0.031	0.115	0.02	0.08	0.023	0.152	1.371	0.052
Fe mg/L	0.402	4.074	0.185	0.183	0.061	1.505	3.077	0.078
P mg/L	0.014	0.097	0.008	0	0.026	0.026	0	0.002
S mg/L	4.786	1.503	12.774	5.673	4.306	54.358	68.182	4.717
Al mg/L	0.345	4.915	0.41	0.105	0.082	3.859	11.429	0.044
Cu mg/L	0	0.002	0	0	0.001	0.015	0	0.002
Zn mg/L	0.007	0.008	0.007	0.007	0.003	0.042	0.141	0.028
Elementos traza	Aco4	Aco9	Aco11	Aco12	Aco13a	Aco13b	Aco16	Aco18
V ug/L	1.07	11.0	1.33	0.22	0.17	1.87	0.28	0.06
Cr ug/L	0.27	2.48	0.14	0.03	0.02	0.39	0.22	0.02
Mn ug/L	29.7	90.5	20.7	82.0	21.3	158	1641	50.0
Fe ug/L	487	2457	140	190	47.8	1746	3757	73.6
Co ug/L	0.30	1.24	0.21	2.03	0.20	3.28	7.99	0.86
Ni ug/L	1.59	0.65	0.37	0.86	0.00	2.61	6.17	0.57
Cu ug/L	2.90	4.12	4.82	2.40	1.40	21.2	0.72	0.78
Zn ug/L	3.00	3.46	5.40	5.38	0.00	44.4	148	29.4
Cd ug/L	0.04	0.03	0.03	0.25	0.00	23.3	0.06	0.02
Sb ug/L	1.33	2.56	12.4	50.0	26.4	5.13	0.30	25.4
Pb ug/L	0.11	1.82	0.16	0.02	0.02	0.45	0.05	0.01
U ug/L	0.06	0.86	0.05	0.02	0.01	0.10	0.03	0.01
Al ug/L	311	3231	357	88.3	68.0	4716	14608	40.1
As ug/L	2.95	0.00	1.85	0.00	0.00	2.27	28.12	0.00
Ba ug/L	44.2	36.6	44.5	66.5	29.4	22.2	32.0	32.7
Cd ug/L	0.04	0.03	0.03	0.25	0.00	23.3	0.06	0.02
Mo ug/L	0.20	0.00	0.14	1.40	0.13	0.82	0.00	0.00
Ni ug/L	1.59	0.65	0.37	0.86	0.00	2.61	6.17	0.57
Rb ug/L	6.32	9.66	6.79	5.95	3.96	8.55	16.0	4.90
Sc ug/L	0.06	1.86	0.06	0.00	0.00	0.16	0.08	0.00
Sr ug/L	130	79.4	147	89.9	54.2	52.4	163	53.1
Th ug/L	0.02	0.30	0.02	0.01	0.01	0.04	0.01	0.00
Tl ug/L	0.06	0.10	0.07	0.10	0.04	0.10	0.10	0.07
Y ug/L	0.46	5.90	0.41	0.36	0.13	0.94	21.1	0.47

**Tabla 17.** Tabla de presencia de cationes mayoritarios y elementos traza en Aocolculco, Puebla, en época de precipitación.

Cationes mayoritarios	A18AC01	A18AC03	A18AC06	A18AC06a	A18AC07	A18AC08	A18AC10.3	A18AC30
Na mg/L	18.111	9.886	21.069	10.04	12.069	8.933	9.427	10.273
Mg mg/L	13.117	3.583	2.842	5.419	3.111	1.201	4.359	2.78
K mg/L	8.243	3.995	9.993	8.634	3.517	5.409	2.806	4.14
Ca mg/L	20.214	8.699	11.179	21.488	14.081	7.887	9.546	6.375
Mn mg/L	0	0.011	0.166	0.984	0.344	0.424	0.023	0.005
Fe mg/L	0.008	0.325	5.355	8.782	2.728	3.205	0.026	0.007
As mg/L	0	0	0.069	0	0.008	0.008	0.018	0.005
P mg/L	0.013	0.03	0	0	0	0.041	0	0.052
S mg/L	2.581	3.123	33.692	71.798	47.338	81.742	6.764	0.316
Elementos traza	A18AC01	A18AC03	A18AC06	A18AC06a	A18AC07	A18AC08	A18AC10.3	A18AC30
V ug/L	3.62	2.64	0.90	0.47	0.44	0.89	1.37	2.04
Cr ug/L	0.11	0.62	0.23	0.23	0.59	0.31	0.09	0.17
Mn ug/L	0.44	6.74	149.73	878.25	295.41	368.20	12.68	0.86
Fe ug/L	6.86	319.62	4913.06	7905.29	2395.61	2813.38	17.94	3.55
Co ug/L	0.19	0.10	0.23	4.36	2.55	3.84	0.14	0.01
Ni ug/L	1.16	0.36	0.41	4.90	3.16	1.53	0.37	0.21
Cu ug/L	1.03	0.42	0.17	0.27	10.73	0.11	0.30	0.15
Zn ug/L	1.25	2.85	4.45	87.72	30.94	37.88	2.71	1.47
As ug/L	2.12	0.30	85.40	14.14	0.37		0.98	0.36
Se ug/L	0.13	1.04	0.74	6.19	5.16	1.89	0.10	< 0.1
Cd ug/L	4.58	4.63	0.01	0.02	0.06	0.06	0.01	0.00
Sb ug/L	0.21	0.15	0.06	0.01	0.04	0.00	0.05	0.04
Pb ug/L	0.04	0.23	0.08	0.18	0.17	0.43	0.02	0.01
U ug/L	0.97	0.07	0.01	0.01	0.13	0.02	0.56	0.03

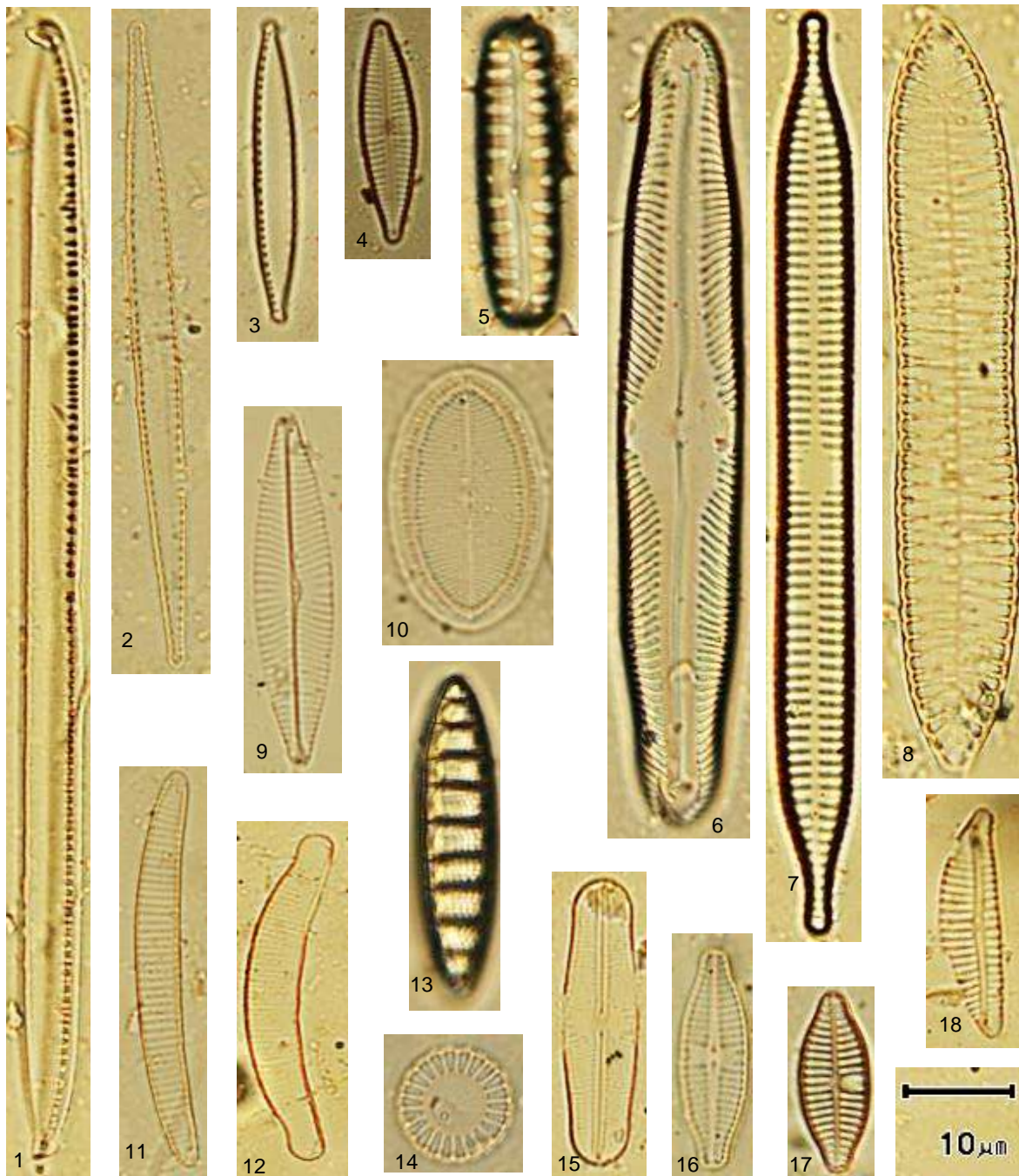
**Tabla 18.** Tabla de presencia de cationes mayoritarios y elementos traza en Acoculco, Puebla, en época de estiaje.

Humeros	estiaje			precipitación			
Cationes mayoritarios	A18LH05	A18LH10	A18LH11	B18LH01	B18LH05	B18LH11	B18LH16
Na mg/L	7.194	240.825	1.352	116.351	3.662	1.340	7.043
Mg mg/L	2.359	0	1.855	15.922	1.211	1.941	1.71
K mg/L	5.404	45.198	6.973	126.791	2.422	7.498	4.036
Ca mg/L	8.379	2.693	7.075	51.11	4.784	7.848	4.711
Mn mg/L	0	0.005	0.007	0.597	0.002	0.264	0.001
Fe mg/L	0.003	0.008	1.381	0.464	0.006	0.384	0.002
As mg/L	0	3.007	0	0	0.001	0	0.001
P mg/L	0.024	0	0.148	0.146	0.029	0.102	0.005
S mg/L	1.522	31.106	1.709	34.401	0.778	0.909	0.096
Elementos traza	A18LH05	A18LH10	A18LH11	B18LH01	B18LH05	B18LH11	B18LH16
V ug/L	2.712	21.746	1.125	4.530	2.179	0.203	3.828
Cr ug/L	0.175	0.041	0.160	2.323	0.133	0.119	0.148
Mn ug/L	0.398	0.556	3.742	492.346	1.328	252.385	0.601
Fe ug/L	2.753	2.804	1224.175	389.561	4.677	354.625	1.773
Co ug/L	0.008	0.003	0.140	1.721	0.007	0.434	0.010
Ni ug/L	0.332	0.281	2.374	7.177	0.072	1.081	0.070
Cu ug/L	0.748	0.333	0.898	2.519	0.117	0.763	0.114
Zn ug/L	5.658	2.939	9.725	84.507	1.975	3.558	0.776
As ug/L	0.068	2594.093	3.699	12.891	0.107	1.307	0.425
Se ug/L	< 0.1	1.001	0.174	1.074	< 0.1	0.121	< 0.1
Cd ug/L	4.145	3.636	4.130	0.021	0.003	0.005	0.002
Sb ug/L	0.143	103.883	0.352	0.439	0.020	0.080	0.032
Pb ug/L	0.032	0.031	0.446	0.737	0.012	0.067	0.011
U ug/L	0.030	0.001	0.003	5.970	0.024	0.003	0.013

**Tabla 19.** Tabla de presencia de cationes mayoritarios y elementos traza en Humeros, Puebla, en época de estiaje y precipitación.

### ANEXO III. LAMINAS

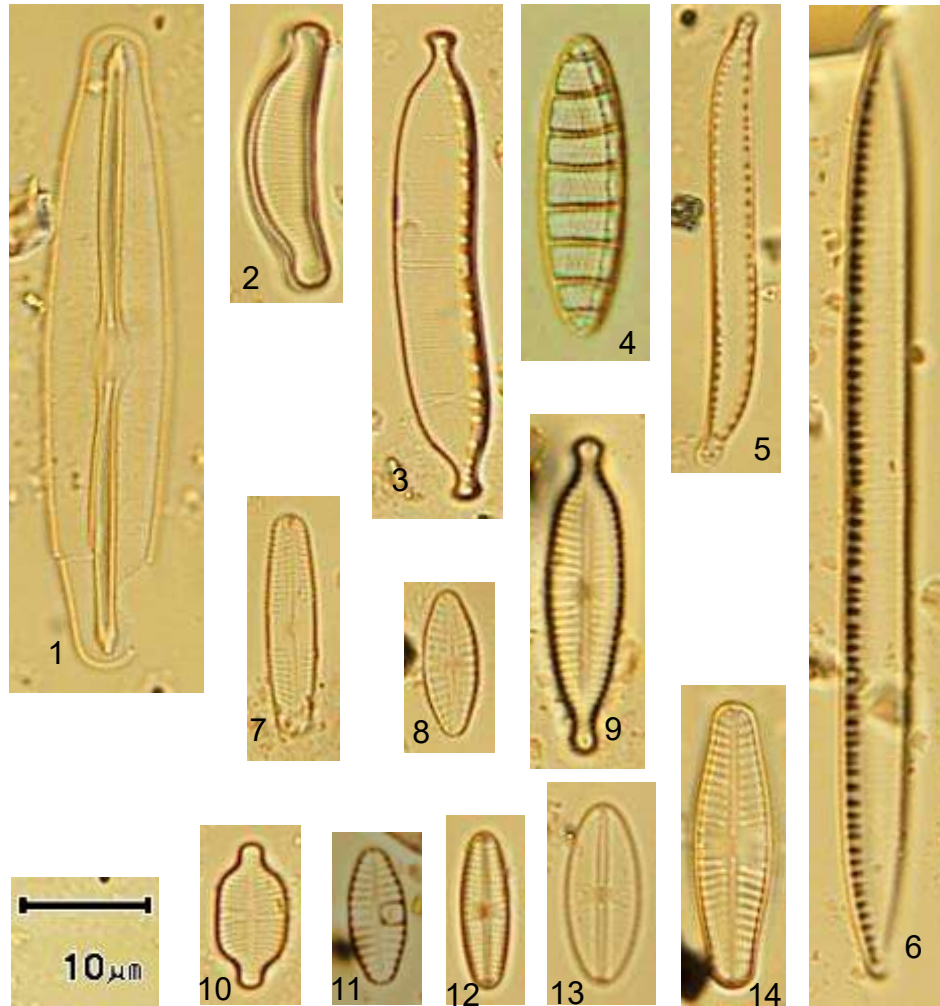
Catalogo florístico de las diferentes diatomeas encontradas en cada uno de los sitios de muestreo



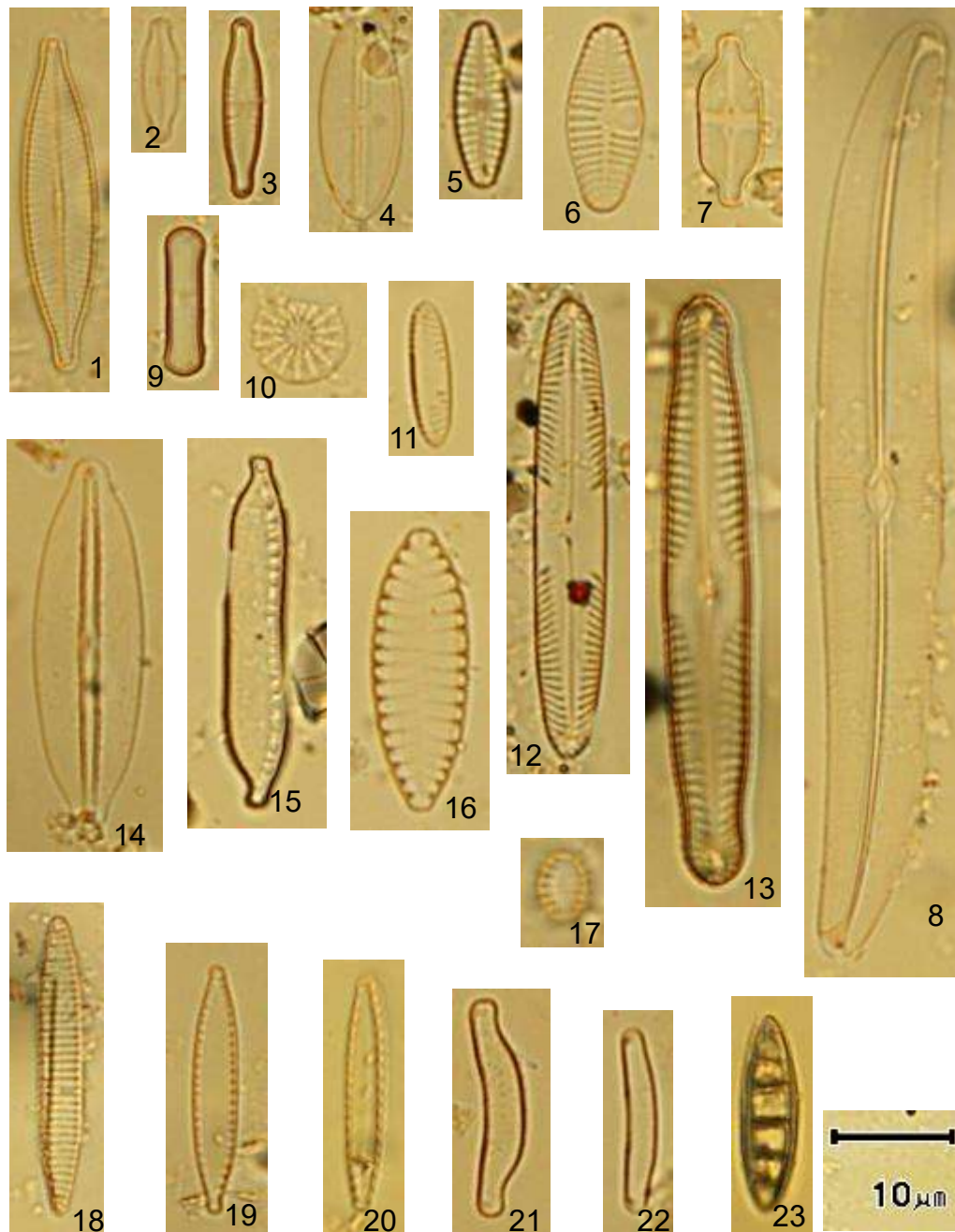
**Figura 14.** Diatomeas del punto ACO4 Riachuelo en Acoculco, Puebla en temporada de precipitación.; 1. *Nitzschia linearis*; 2. *Nitzschia gracilis*; 3. *Nitzschia palea*; 4. *Gomphonema parvulum*; 5. *Pinnularia borealis* var. *rectangularis*; 6. *Pinnularia microstauron*; 7. *Fragilaria ulna*; 8. *Surirella gracilis*; 9. *Navicula cryptocephala*; 10. *Cocconeis placentula* var. *placentula*; 11. *Eunotia bilunaris*; 12. *Eunotia exigua*; 13. *Denticula valida*; 14. *Cyclotella meneghiniana*; 15. *Sellaphora laevissima*; 16. *Achnanthes lanceolata* ssp. *frequentissima* 1991; 17. *Achnanthes lanceolata* ssp. *Bipomora*; 18. *Cymbella*



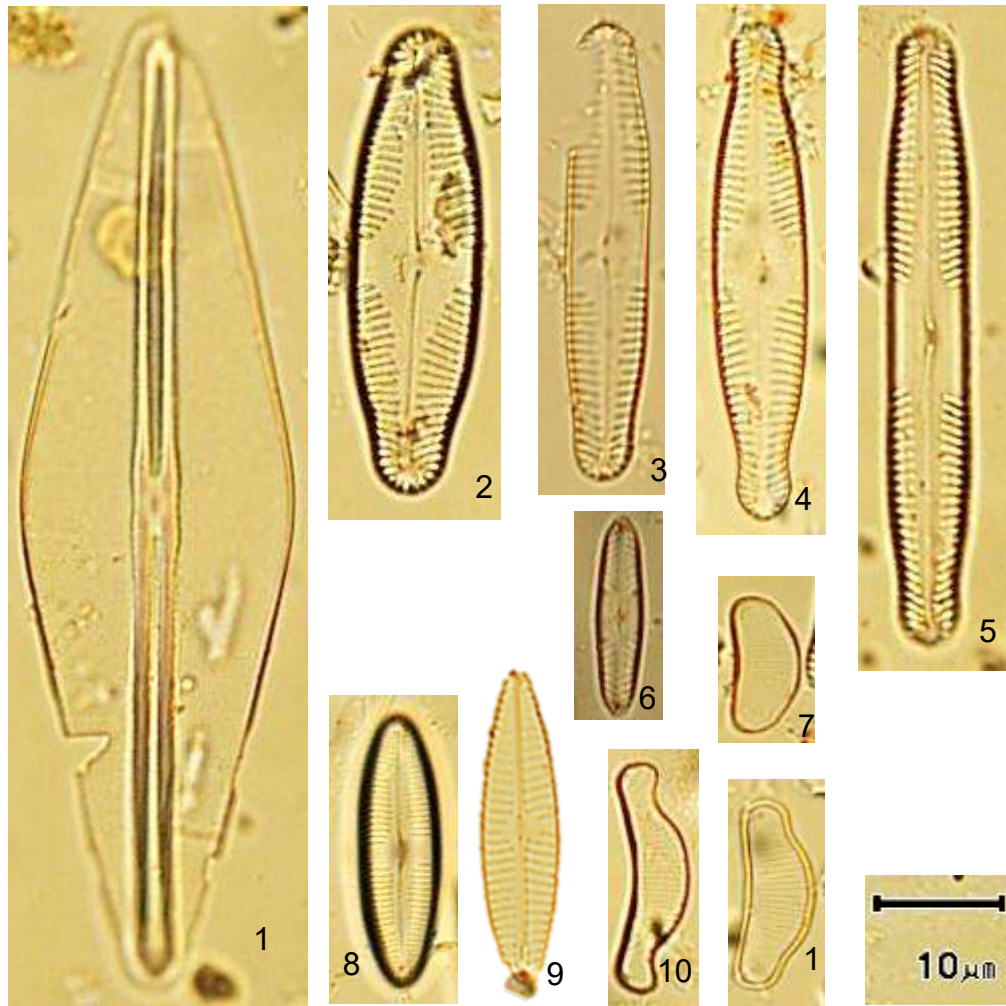
**Figura 15.** Diatomeas del punto ACO9 Capulaquito en Acozulco, Puebla en temporada de precipitación; 1. *Gyrosigma obscurum*; 2. *Pinnularia 2 gibba* var. *Linearis*; 3. *Nitzschia gracilis*; 4. *Nitzschia tenera*; 5. *Nitzschia palea*; 6. *Achnanthes lanceolata* ssp. *Frequentissima*; 7. *Achnanthes minutissima*; 8. *Hantzschia amphioxys*; 9. *Cymbella caespitosa*; 10. *Gomphonema angustum*; 11. *Gomphonema truncatum*; 12. *Gomphonema parvulum*; 13. *Epithemia sorex*; 14. *Fragilaria capucina* var. *capitellata*.



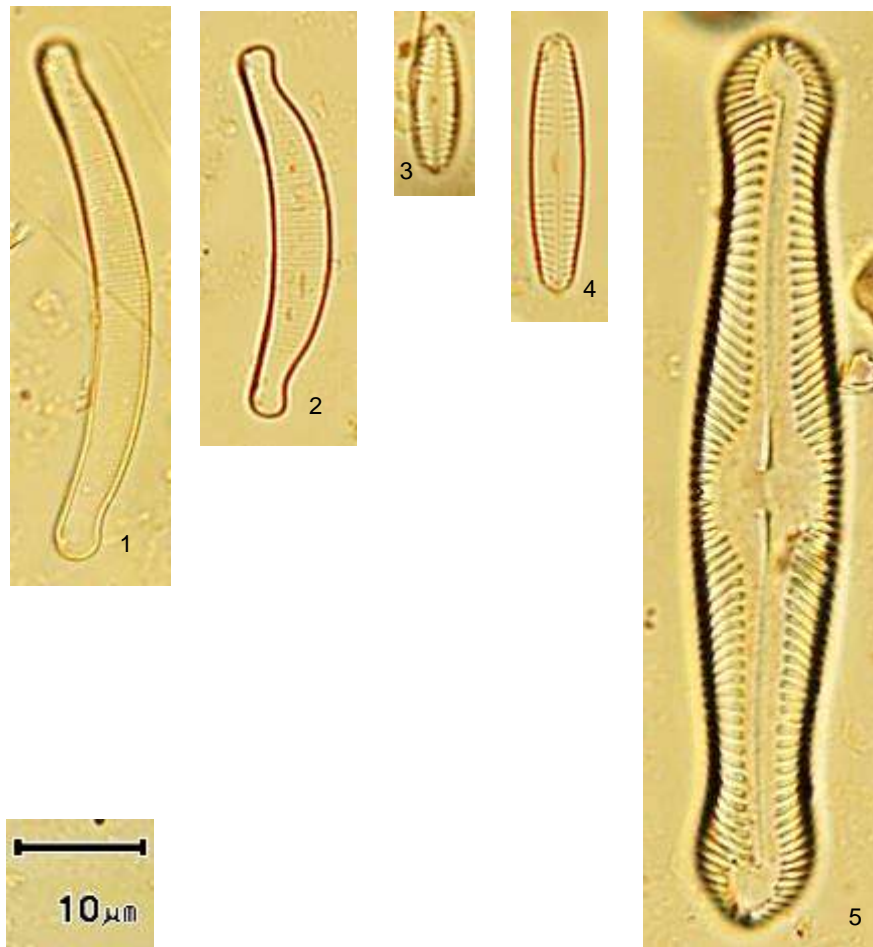
**Figura 16.** . Diatomeas del punto ACO11 Represa en Acoculco, Puebla en temporada de precipitación; 1. *Frustulia vulgaris*; 2. *Eunotia exigua*; 3. *Hantzschia amphioxys*; 4. *Denticula valida*; 5. *Nitzschia clausii*; 6. *Nitzschia recta*; 7. *Pinnularia kuetzingii*; 8. *Achnanthes grana*; 9. *Gomphonema parvulum* var *lagenula*; 10. *Achnanthes exigua*; 11. *Achnanthes lanceolata* var *lanceolata*; 12. *Sellaphora saugeressi*; 13. *Achnanthes subatomoides*; 14. *Achnanthes lanceolata* ssp. *Lanceolata*.



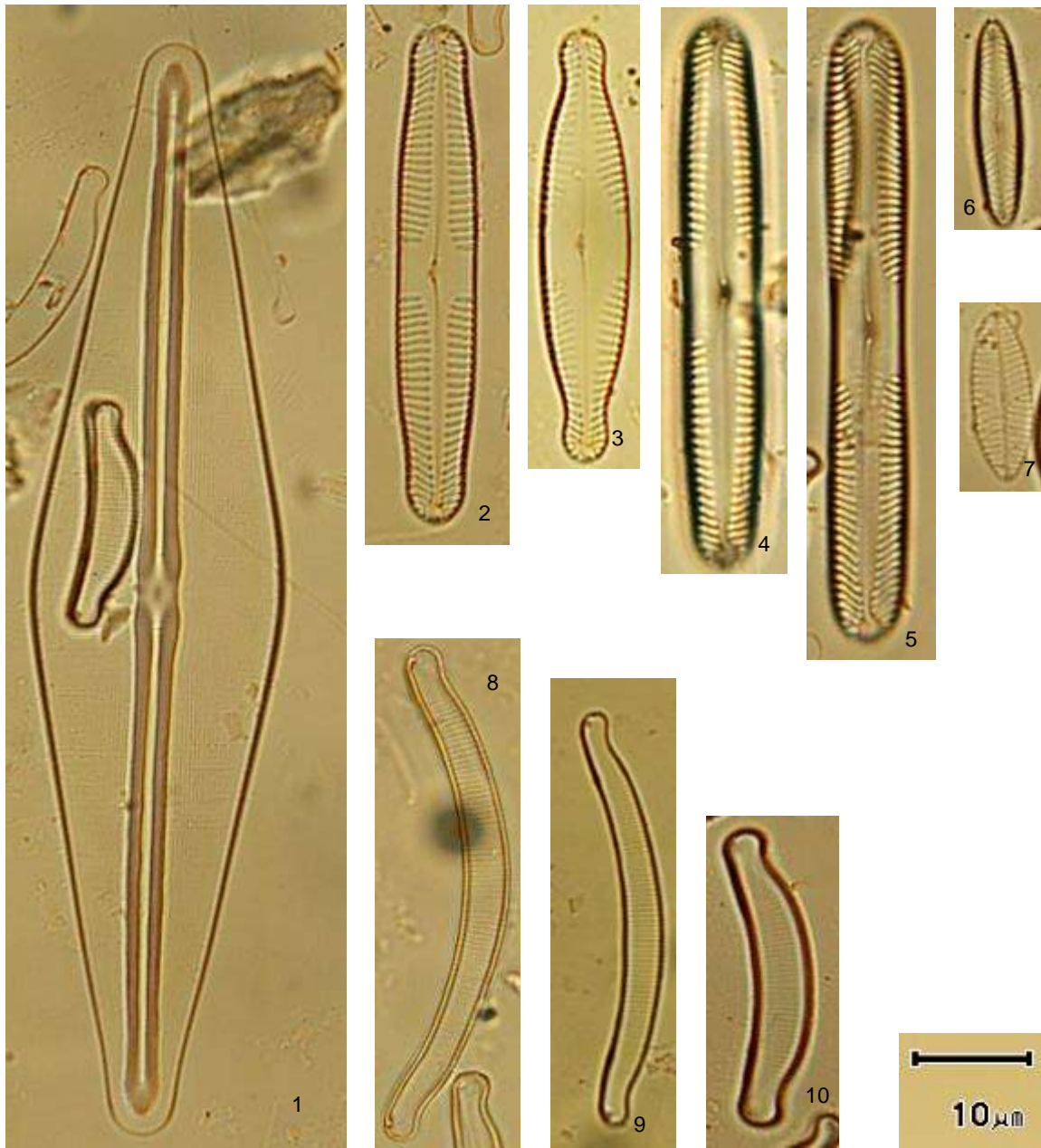
**Figura 17.** Diatomeas del punto ACO12B Cruz Colorado en Acapulco, Puebla en temporada de precipitación; 1. *Navicula cryptocephala*; 2. *Navicula difficillima*; 3. *Achnanthis minutissima* var. *minutissima*; 4. *Achnanthes subatomoides*; 5. *Achnanthes lanceolata* ssp. *frequentissima*; 6. *Achnanthes lanceolata* var. *lanceolata*; 7. *Achnanthes exigua* var. *exigua*; 8. *Pleurosigma scalproides*; 9. *Navicula contenta*; 10. *Cyclotella meneghiniana*; 11. *Pinnularia obscura*; 13. *Pinnularia subcapitata*; 14. *Frustulia* sin especie; 15. *Hantzschia amphioxys*; 16. *Surirella angusta*; 17. *Fragilaria pinnata* var. *pinnata*; 18. *Nitzschia amphibia*; 19. *Nitzschia palea acomodata*; 20. *Nitzschia palea acomodata*; 21. *Eunotia exigua*; 22. *Eunotia paludosa*; 23. *Denticula eximia*



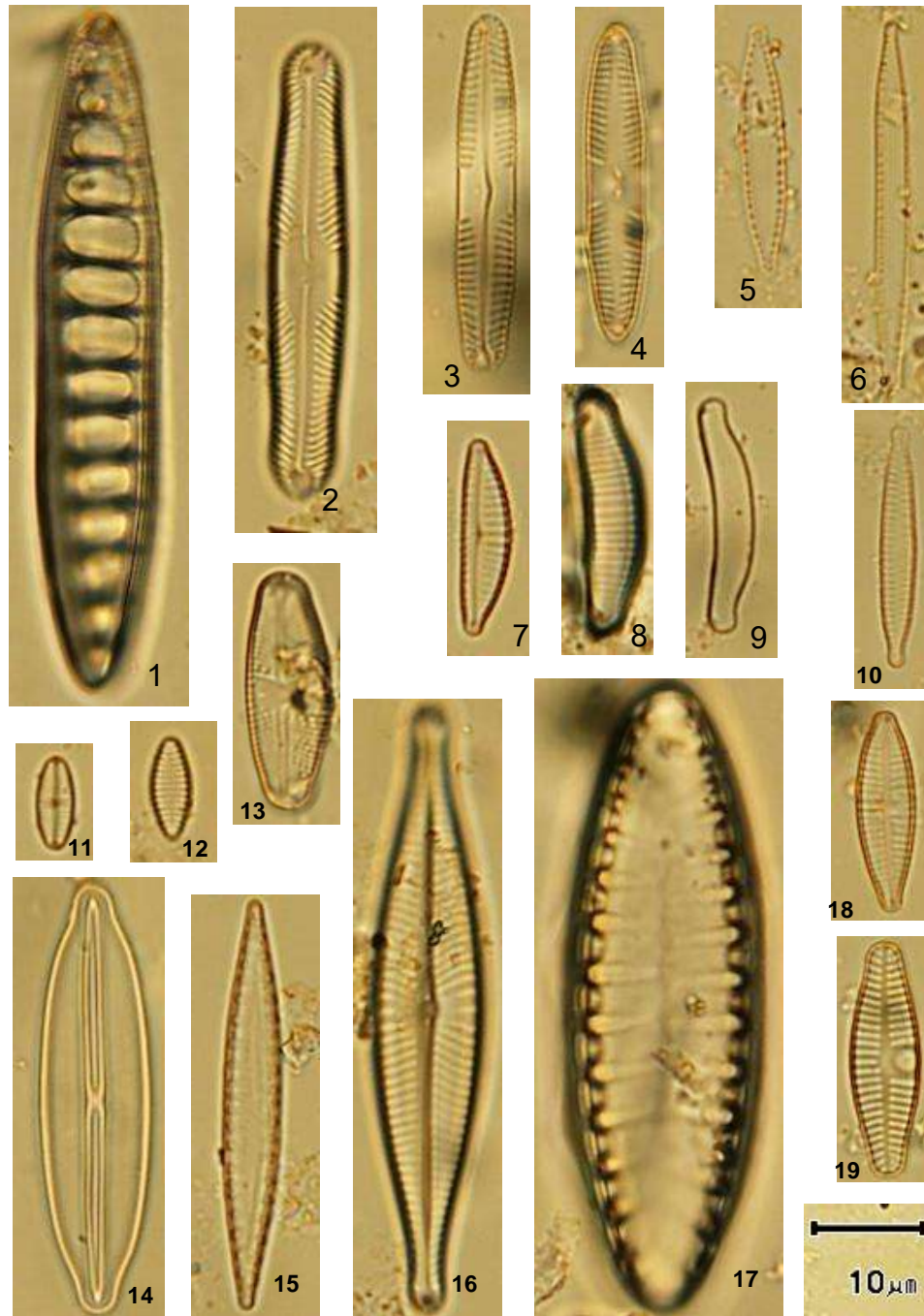
**Figura 18.** . Diatomeas del punto Aco13 Riachuelo Alcaparrosa en Acozulco, Puebla en temporada de precipitación; 1. *Frustulia romboides*; 2. *Pinnularia microstauron*; 3. *Pinnularia subcapitata*; 4. *Pinnularia interrupta*; 5. *Pinnularia subcapitata*; 6. *Pinnularia aricola*; 7. *Eunotia subarcutoides*; 8. *Caloneis bacillum*; 9. *Navicula libonesis*; 10. *Eunotia rhyncephala*; 11. *Eunotia exigua*



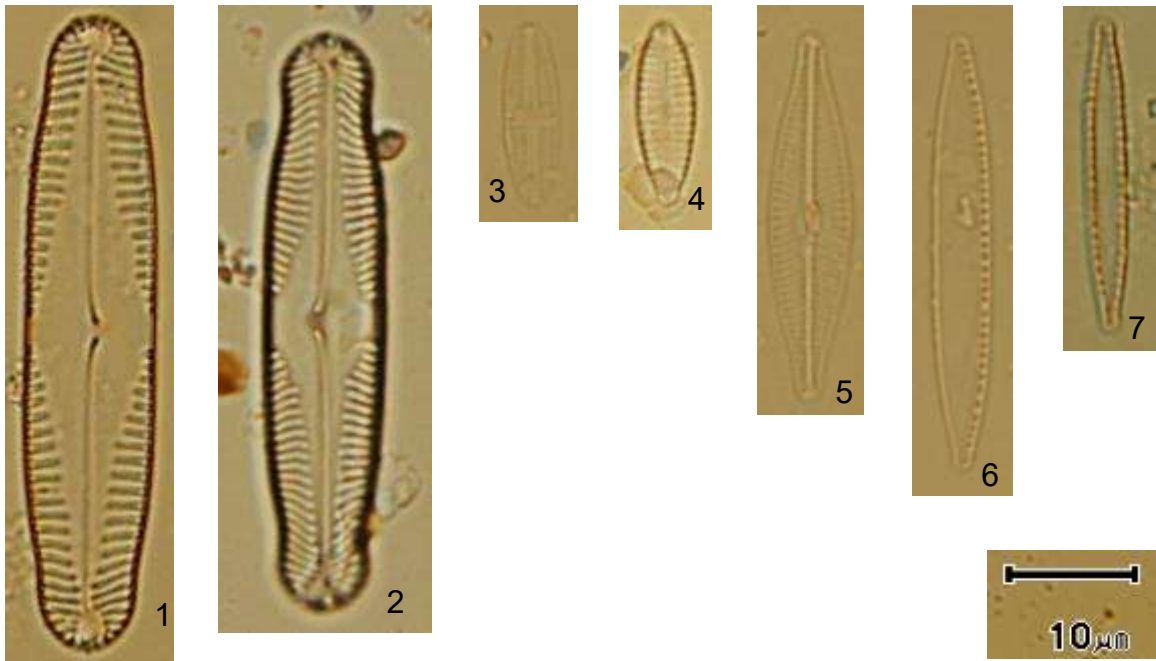
**Figura 19.** Diatomeas del punto ACO13D Riachuelo Alcaparrosa en Acozulco, Puebla en temporada de precipitación; 1. *Eunotia steineckeii*; 2. *Eunotia exigua*; 3. *Pinnularia acoricola*; 4. *Pinnularia subcapitata*; 5. *Pinnularia gibba*



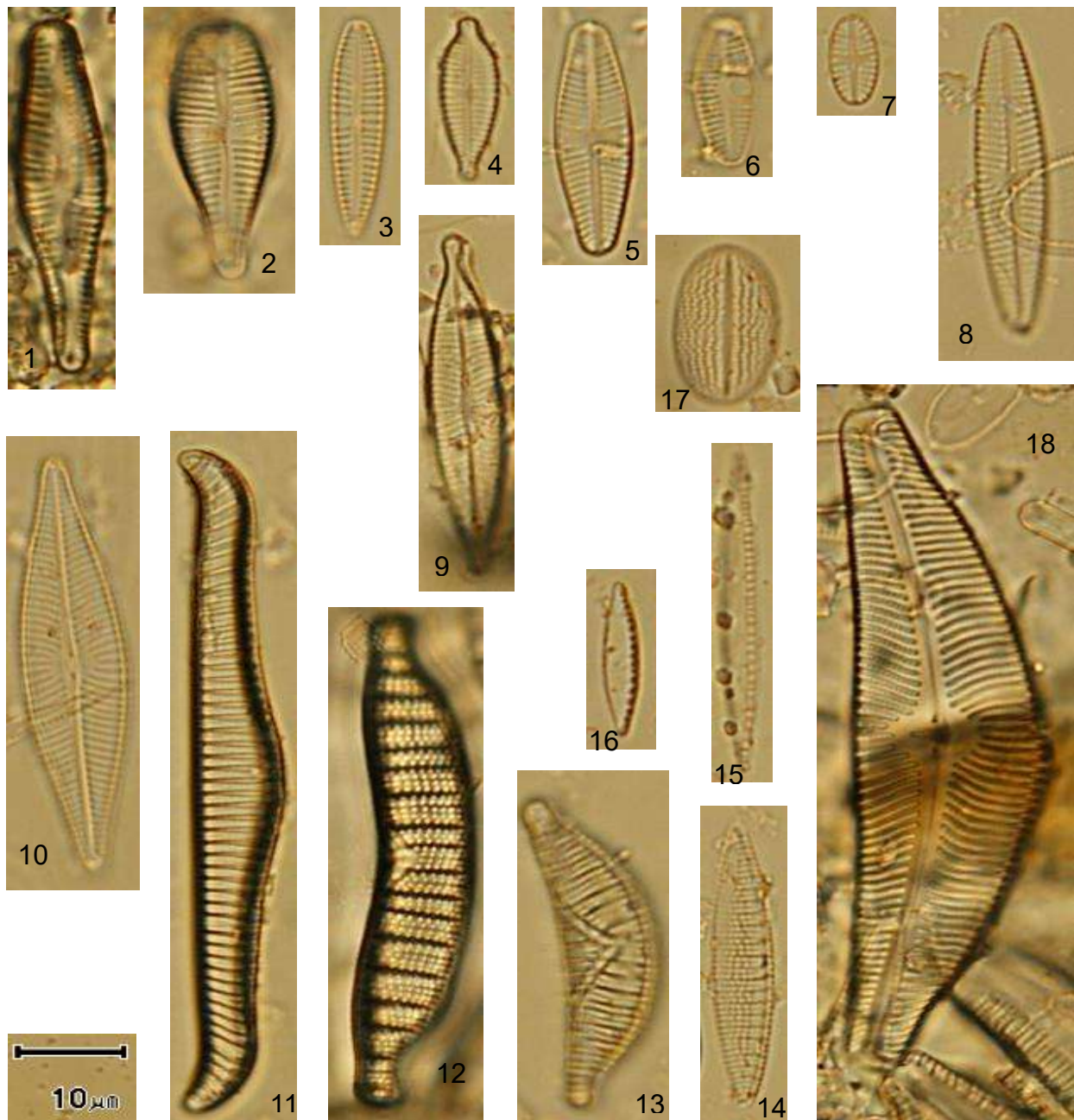
**Figura 20.** Diatomeas del punto Aco16 Laguna Los Azufres, en Acozulco, Puebla en temporada de precipitación; 1. *Frustulia rhomboides*; 2. *Pinnularia subcapitata*; 3. *Pinnularia interrupta*; 4. *Pinnularia subcapitata*; 5. *Pinnularia brandelii*; 6. *Pinnularia aricola*; 7. *Navicula cryptotenella*; 8. *Eunotia elegans*; 9. *Eunotia steineckeii*; 10. *Eunotia exigua*



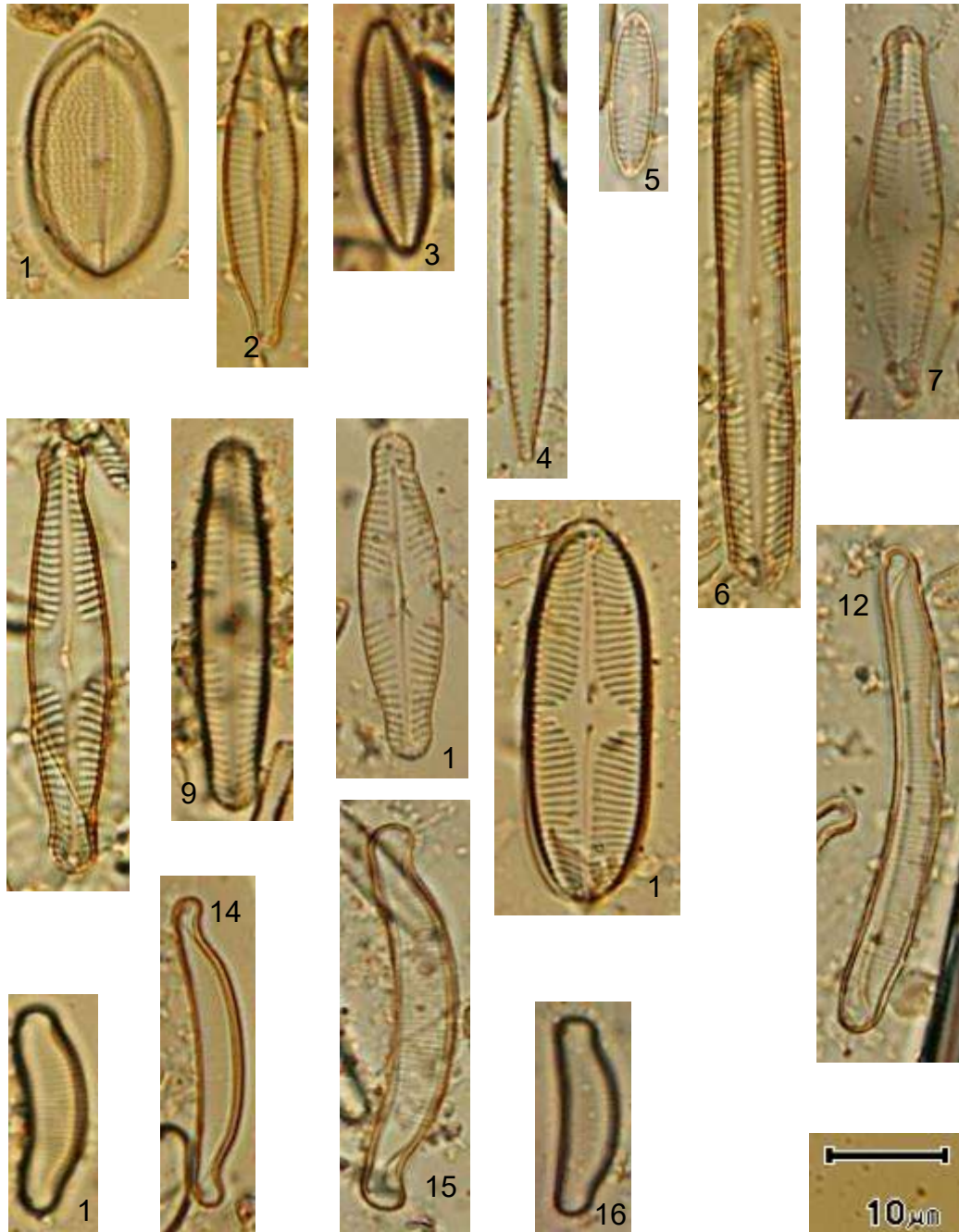
**Figura 21.** Diatomeas del punto Aco18 Rio en Acoculco, Puebla en temporada de precipitación; 1. *Denticula valida*; 2. *Pinnularia microstauron*; 3. *Pinnularia subcapitata*; 4. *Pinnularia schoenfelderi*; 5. *Nitzschia palea acomodata*; 6. *Nitzschia fructicosa*; 7. *Cymbella minuta*; 8. *Eunotia minor*; 9. *Eunotia exigua*; 10. *Fragilaria capucina* var. *perminuta*; 11. *Sellaphora saugeressi*; 12. *Fragilaria construens* var. *Venter*; 13. *Luticola goeppertiana*; 14. *Frustulia rhomboides* var. *crassinervia*; 15. *Stenopterobia delicatissima*; 16. *Navicula expecta*; 17. *Surirella linearis*; 18. *Gomphonema parvulum*; 19. *Achnanthes lanceolata* var. *Lanceolata*.



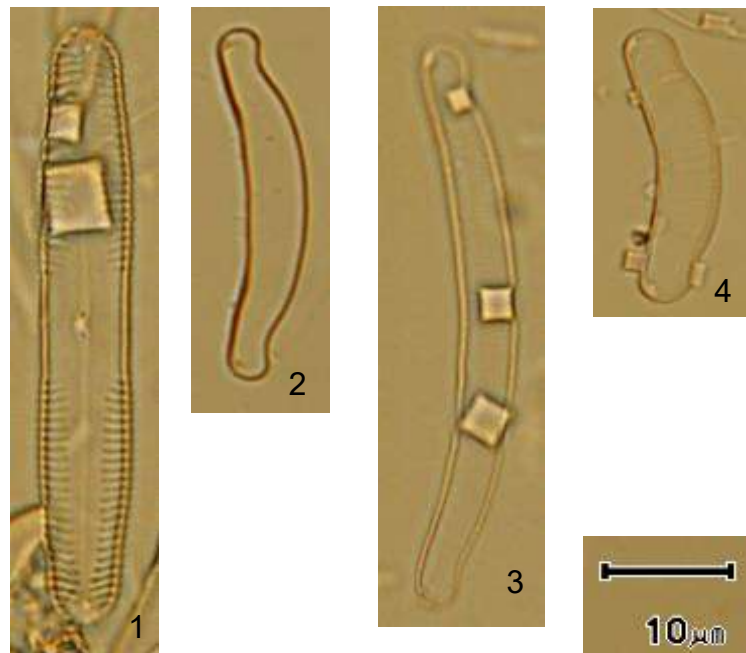
**Figura 22.** Diatomeas del punto A18AC03 Pozo de agua en Aocolco, Puebla en temporada de estiaje; 1. *Pinnularia parvulissima*, 2. *Pinnularia microstauron*, 3. *Sellaphora atomoides*, 4. *Gomphonema parvulum*, 5. *Navicula rhyncephala*, 6. *Nitzschia palea*, 7. *Nitzschia palea* var. *debilis*.



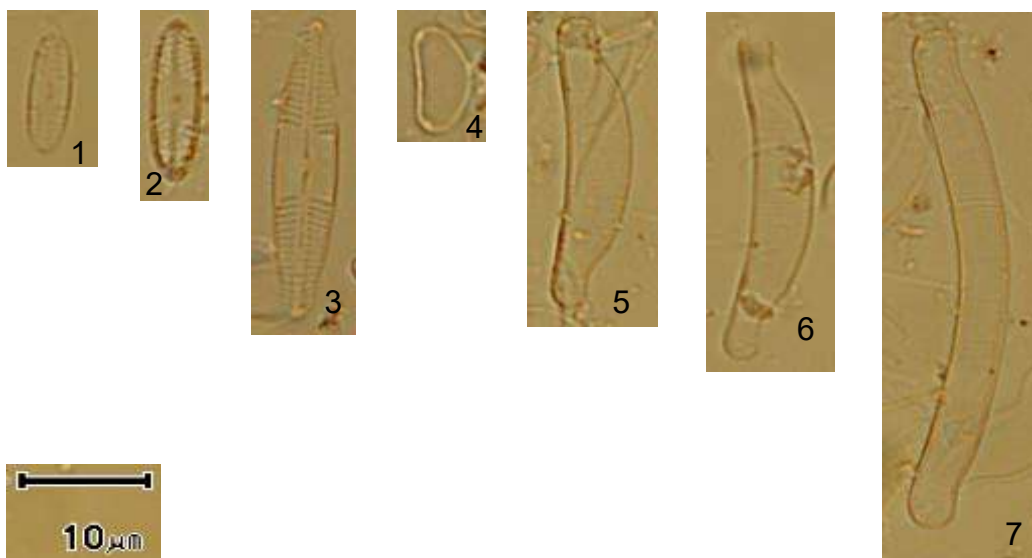
**Figura 23.** Diatomeas del punto A18AC01 Riachuelo camino al Paredón en Acapulco, Puebla en temporada de estiaje; 1. *Gomphonema clavatum*; 2. *Gomphonema truncatum*; 3. *Gomphonema parvulum*; 4. *Gomphonema parvulum*; 5. *Achnanthes lanceolata* ssp. *lanceolata* var. *boyei*; 6. *Achnanthes lanceolata* var. *lanceolata*; 7. *Achnanthes lanceolata* ssp. *frequentissima*; 8. *Navicula erifuga*; 9. *Navicula expecta*; 10. *Navicula trivialis*; 11. *Rhopalodia gibba*; 12. *Epithemia adnata*; 13. *Epithemia sores*; 14. *Nitzschia amphibia* f. *amphibia*; 15. *Nitzschia tubicola*; 16. *Nitzschia palea*; 17. *Cocconeis placentula* var. *euglypta*; 18. *Cymbella tumida*



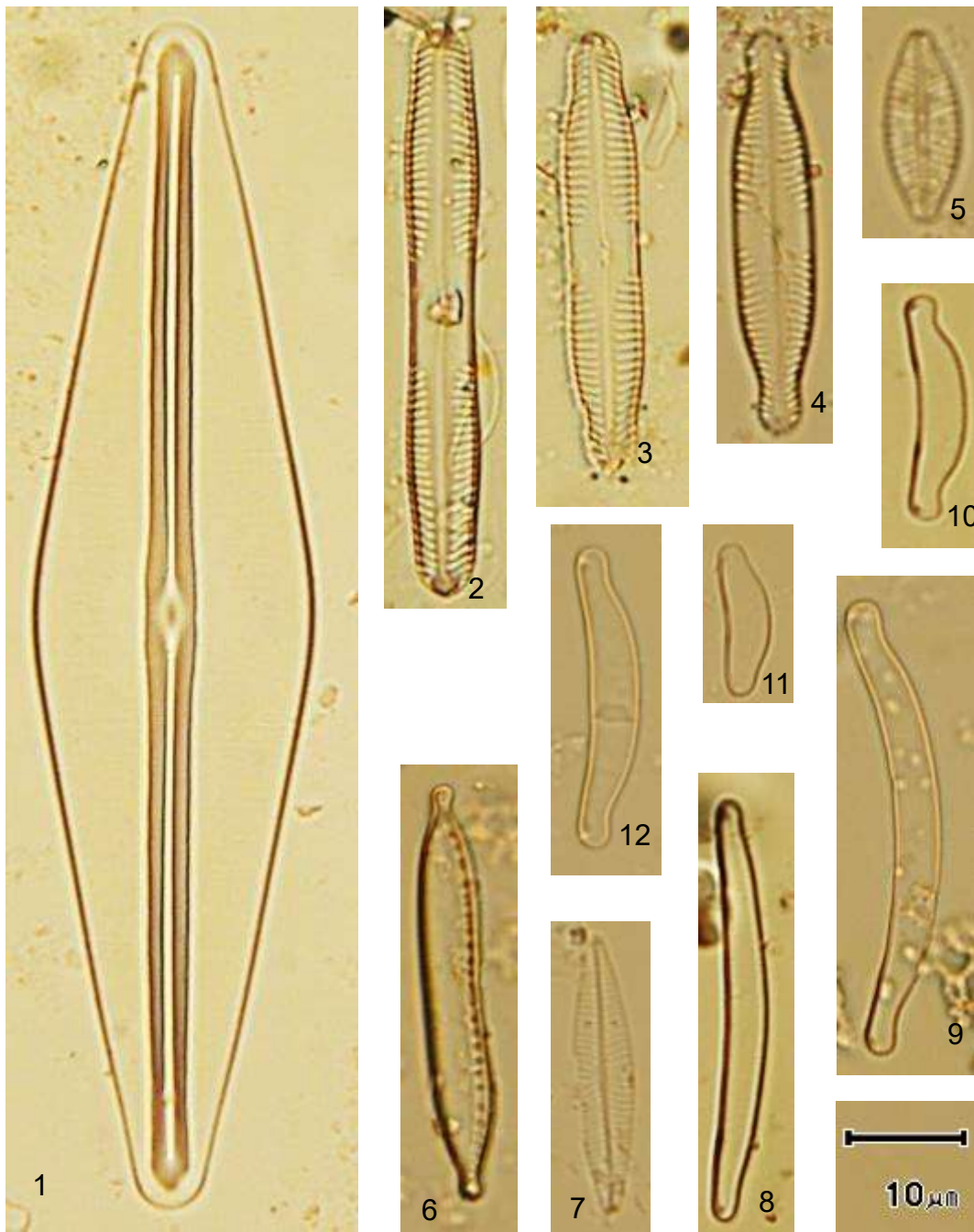
**Figura 24.** Diatomeas del punto A18AC06\_A Laguna Los Azufres en Acapulco, Puebla en temporada de estiaje; 1. *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, 2. *Navicula cryptocephala*, 3. *Navicula cryptocephala*, 4. *Nitzschia fruticosa*, 5. *Pinnularia obscura*, 6. *Pinnularia subcapitata* var. *subrostrata*, 7. *Pinnularia appendiculata*; 8. *Pinnularia sinistra*, 9. *Pinnularia subcapitata*; 10. *Pinnularia microstauron* var. *brebissonii*; 11. *Eunotia bilunaris*; 12. *Eunotia denticulata*; 13. *Eunotia meisteri*; 14. *Eunotia exigua*; 15. *Eunotia tenella*.



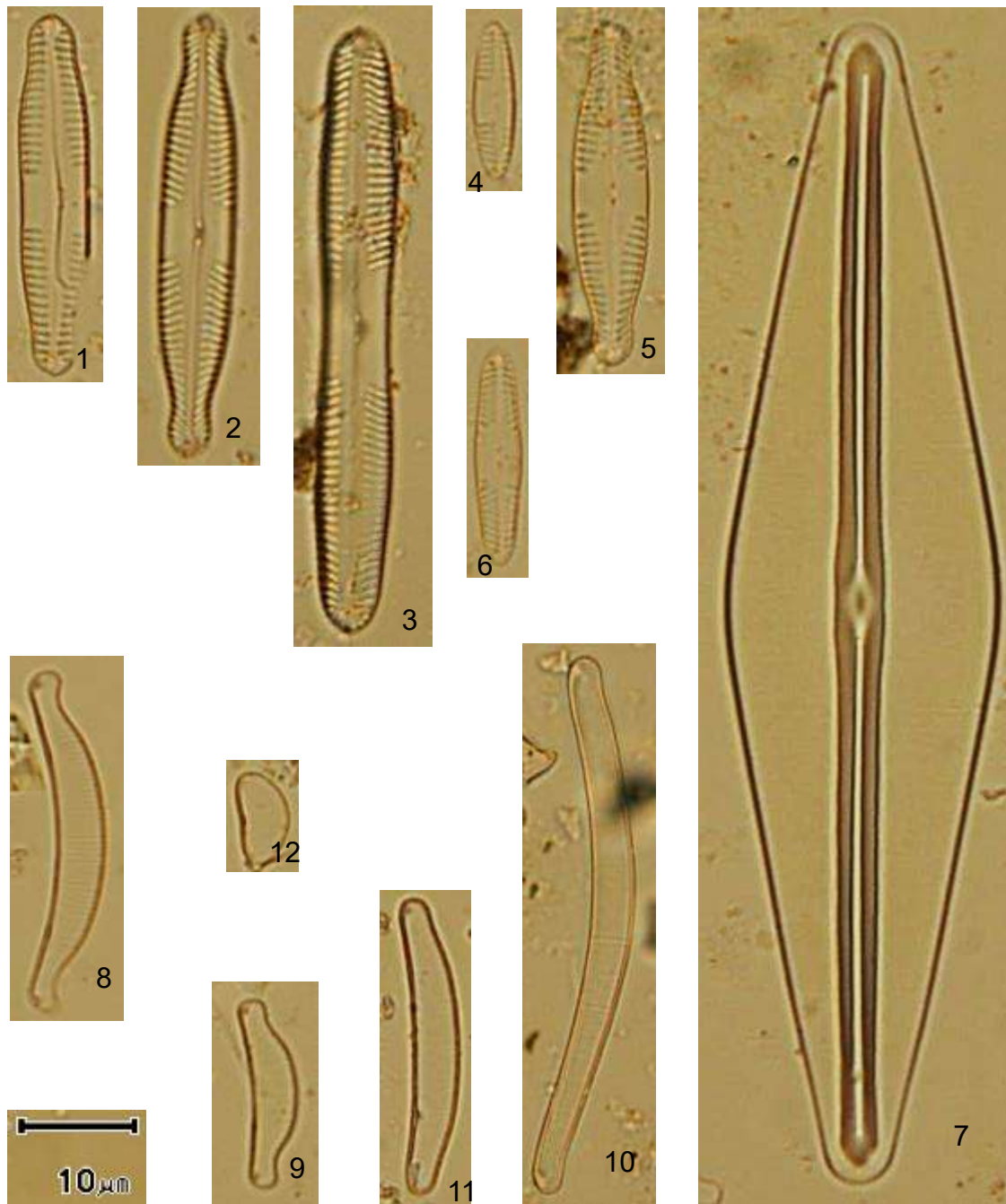
**Figura 25.** Diatomeas del punto A18AC06 Laguna Los Azufres Acozulco, Puebla en temporada de estiaje; 1. *Pinnularia sinistra*, 2. *Eunotia exigua*, 3. *Eunotia steineckeii*, 4. *Eunotia exigua*.



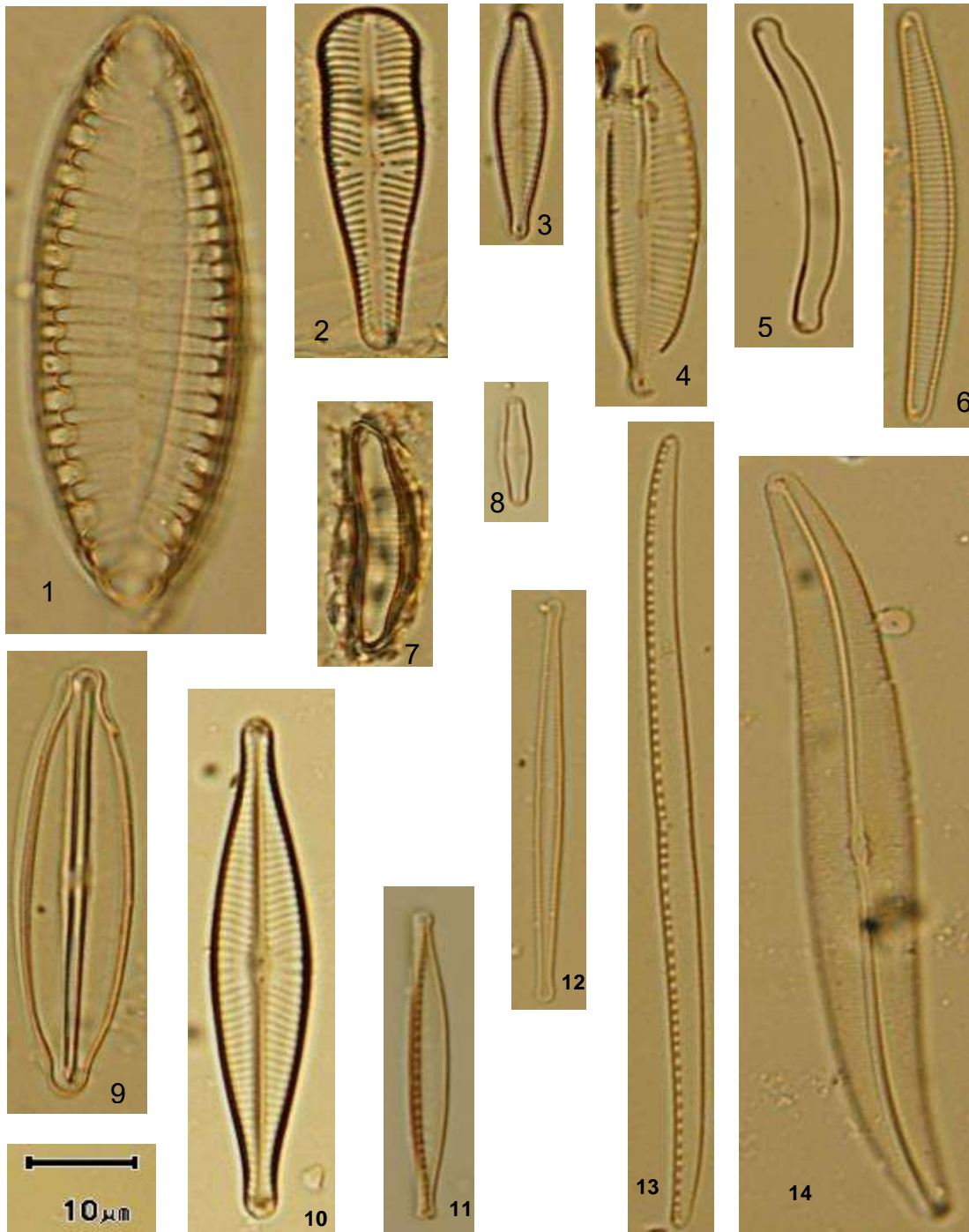
**Figura 26.** Diatomeas del punto A18AC08 Riachuelo Alcaparrosa en Acozulco, Puebla en temporada de estiaje; 1. *Pinnularia obscura*; 2. *Pinnularia acidophila*; 3. *Pinnularia appendiculata*; 4. *Eunotia subarcutoides*; 5. *Eunotia meisteri*; 6. *Eunotia exigua*; 7. *Eunotia steineckeii*.



**Figura 27.** Diatomeas del punto A18AC07A Jardín Japonés en Acoculco, Puebla en temporada de estiaje; 1. *Frustulia rhomboides*, 2. *Pinnularia subcapitata* var. *subrostrata*, 3. *Pinnularia subcapitata* var. *subrostrata*, 4. *Pinnularia braunii*, 5. *Navicula phyllepta*, 6. *Hantzschia amphioxys*, 7. *Navicula cryptocephala*; 8. *Eunotia paludosa*; 9. *Eunotia arculus*; 10. *Eunotia exigua*; 11. *Eunotia exigua*; 12. *Eunotia exigua*



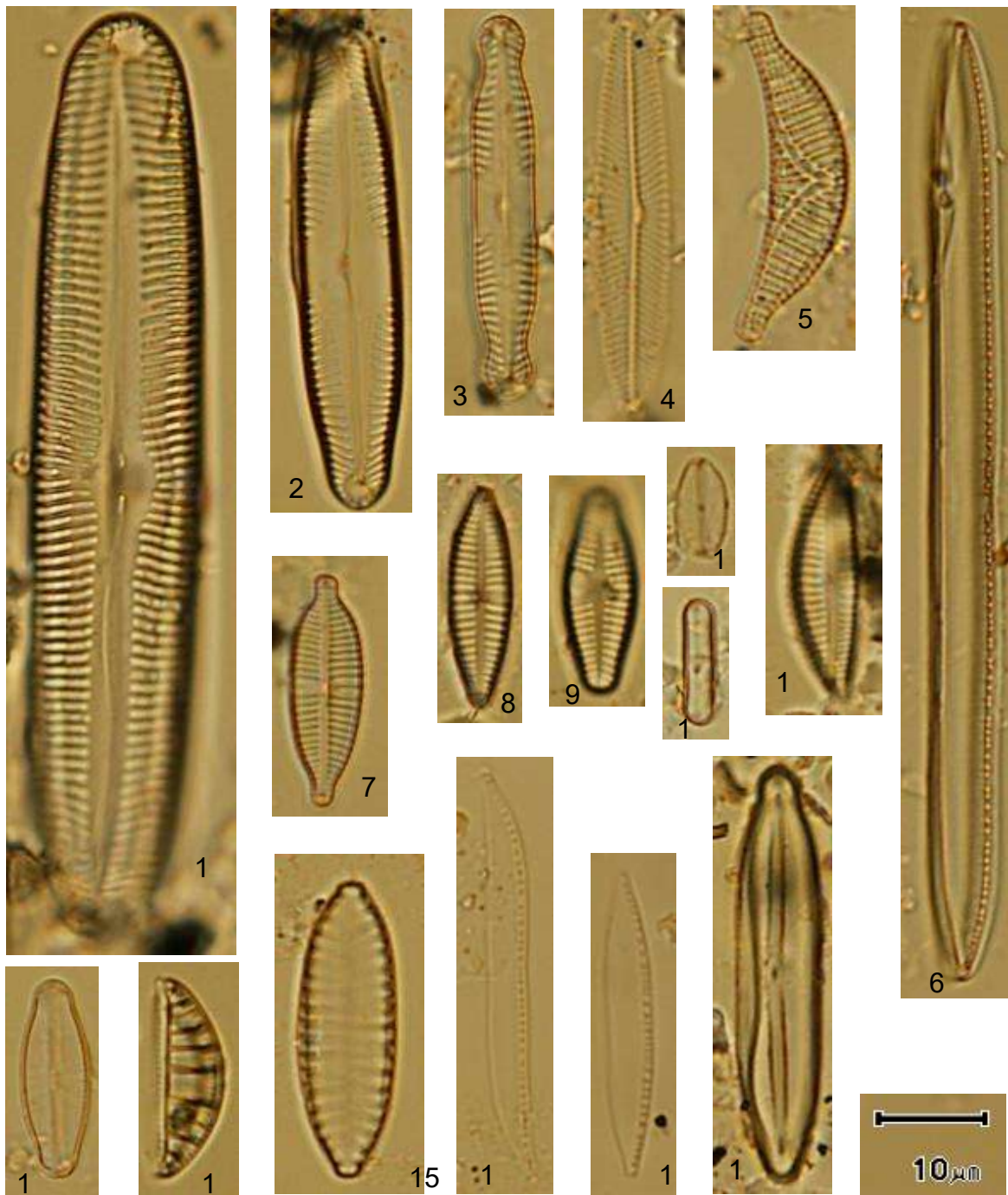
**Figura 28.** Diatomeas del punto A18AC07B Jardín Japonés en Acoculco, Puebla en temporada de estiaje; 1. *Pinnularia subcapitata*, 2. *Pinnularia braunii*, 3. *Pinnularia subcapitata* var. *subrostrata*, 4. *Pinnularia obscura* morphotype 1, 5. *Pinnularia interrupta*; 6. *Pinnularia Aricola*, 7. *Frustulia rhomboides*, 8. *Eunotia exigua*; 9. *Eunotia rhyncephala*; 10. *Eunotia steineckeii*; 11. *Eunotia paludosa*; 12. *Eunotia subarcutoides*



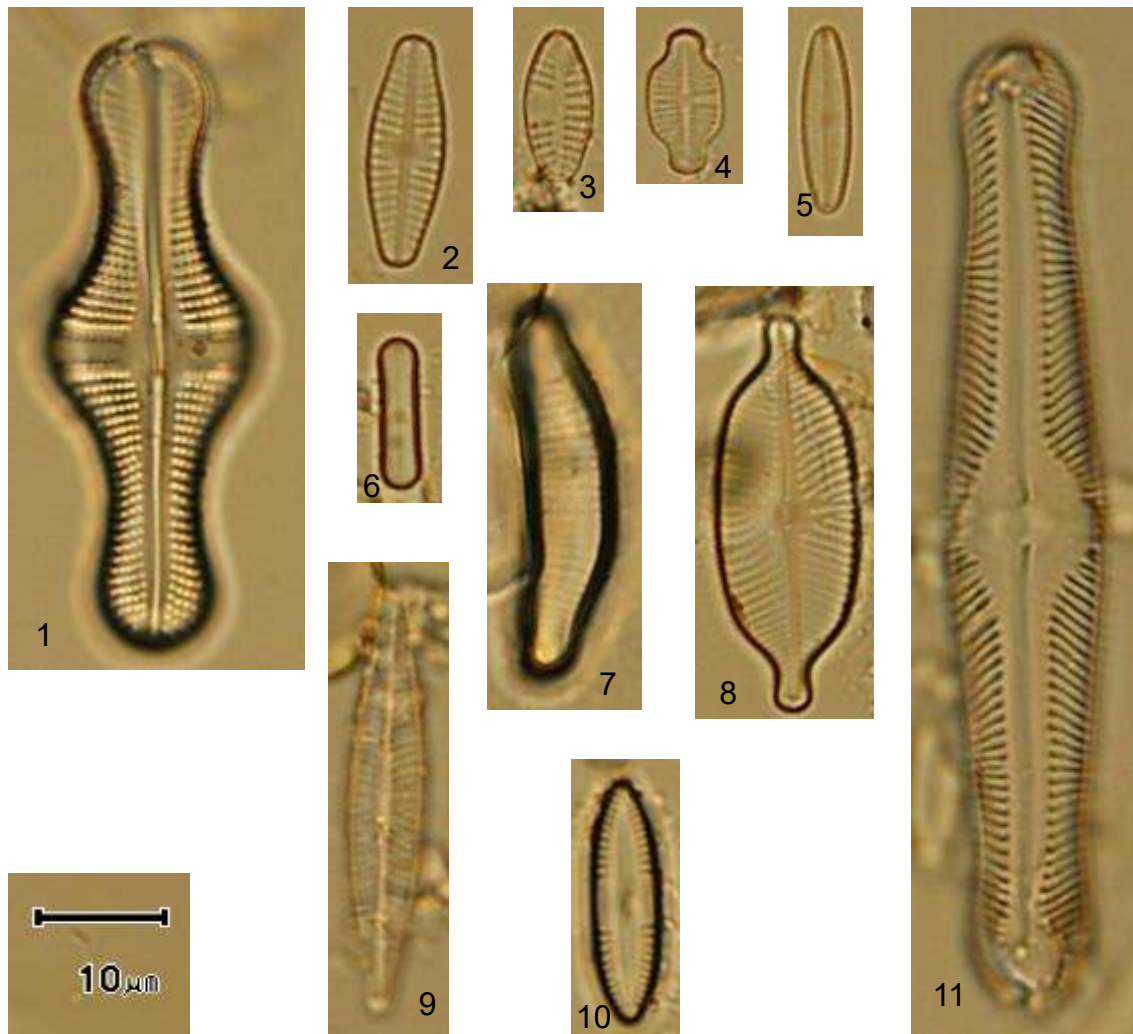
**Figura 29.** Diatomeas del punto A18AC09 Rio en Acapulco, Puebla en temporada de estiaje; 1. *Surirella linearis*, 2. *Gomphonema truncatum* 3. *Gomphonema parvulum*, 4. *Cymbella naviculiformis*, 5. *Eunotia arculus*, 6. *Eunotia bilunaris* var. *bilunaris*; 7. *Eunotia implicata*; 8. *Achnanthes minutissima* var. *minutissima*; 9. *Frustulia* var. *crassinervia*; 10. *Navicula expecta*; 11. *Nitzschia fonticola*; 12. *Fragilaria capucina*; 13. *Nitzschia nana*; 14. *Pleurosigma*; 15. *Fragilaria ulna*.



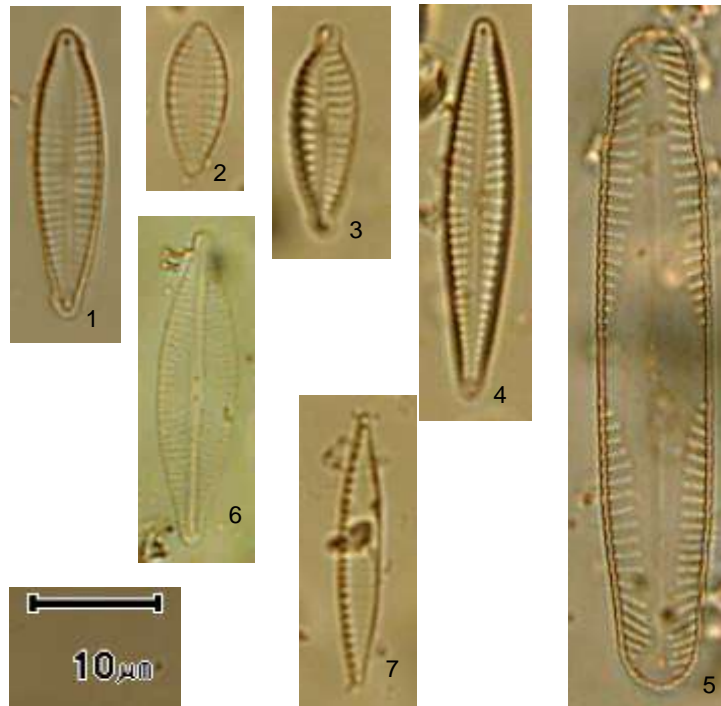
**Figura 30.** Diatomeas del punto A18AC10 Cuautelolulco en Acoculco, Puebla en temporada de estiaje; 1. *Nitzschia recta*; 2. *Epithemia adnata*; 3. *Navicula viridula* var. *rostellata*; 4. *Navicula cryptocephala*; 5. *Achnanthes minutissima*; 6. *Achnanthes minutissima* var. *affinis*; 7. *Sellaphora pupula*; 8. *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae*; 9. *Gomphonema gracile*; 10. *Cymatopleura* sin especie; 11. *Caloneis silicula*; 12. *Nitzschia palea*; 13. *Nitzschia sinuata* var. *delognei*; 14. *Cymbella caespitosa*; 15. *Gomphonema truncatum*; 16. *Achnanthes lanceolata* var. *rostrata*; 17. *Stephanodiscus neoastraea*; 18. *Pinnularia borealis* var. *rectangularis*; 19. *Epithemia sorex*.



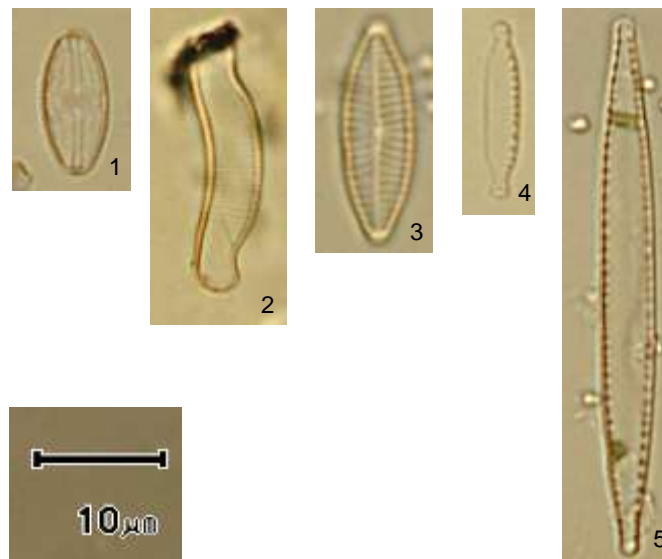
**Figura 31.** . Diatomeas del punto A18AC11 Manantial en Acoculco, Puebla en temporada de estiaje; 1. *Pinnularia viridiformis* type 1; 2. *Pinnularia rhombarea* var. *variarea*; 3. *Pinnularia braunii*; 4. *Navicula schroeterii*; 5. *Epithemia sores*; 6. *Nitzschia linearis*; 7. *Gomphonema parvulum*; 8. *Gomphonema parvulum*; 9. *Achnanthes lanceolata* var *lanceolata*; 10. *Navicula pelliculosa*; 11. *Navicula contenta*; 12. *Cymbella minuta*; 13. *Sellaphora pupula*; 14. *Rhopalodia brebissonii*; 15. *Surirella angusta*; 16. *Nitzschia clausii*; 17. *Nitzschia palea*; 18. *Frustulia spicula*.



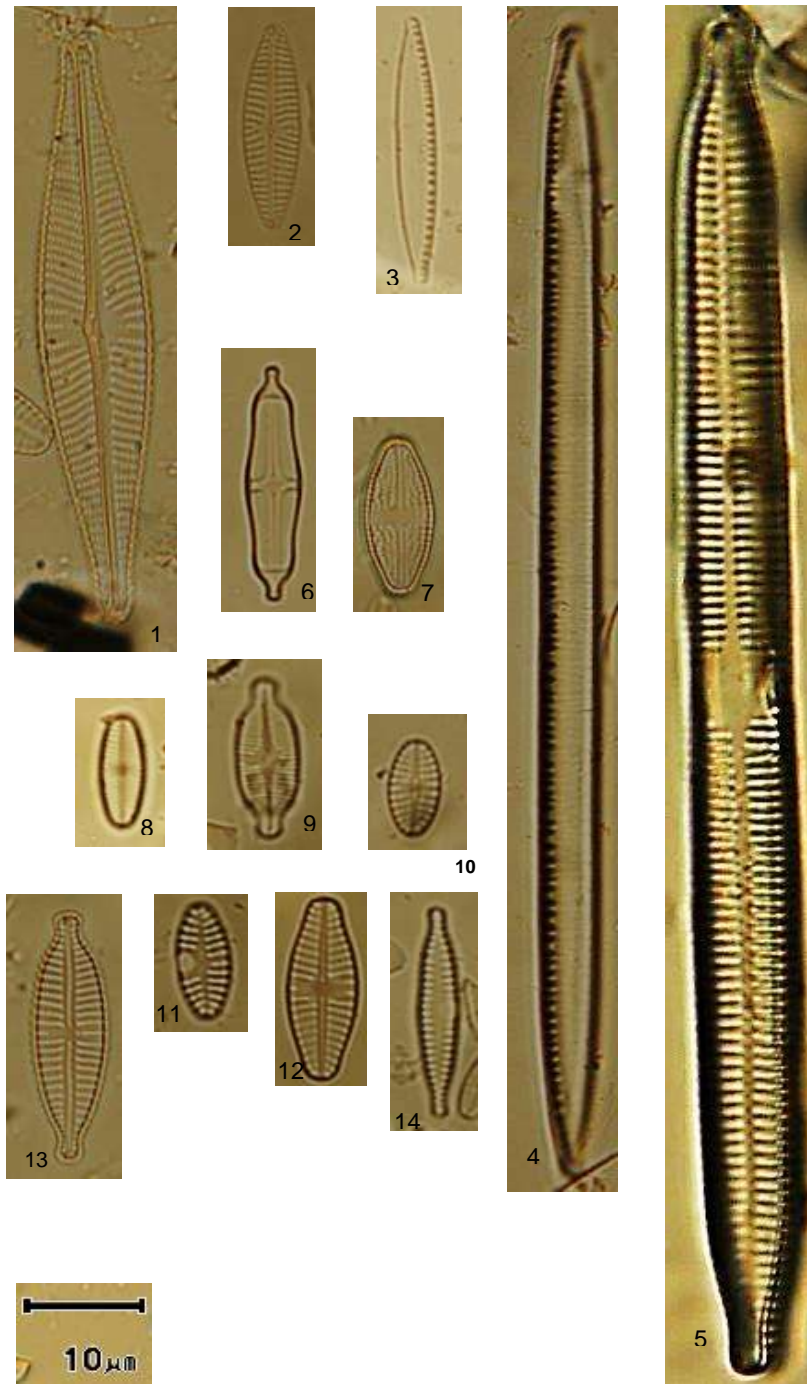
**Figura 32.** Diatomeas del punto A18AC30 Ocojala Manantial la Presa en Acoculco, Puebla en temporada de estiaje; 1. *Achnanthes inflata*, 2. *Achnanthes lanceolata*, 3. *Achnanthes lanceolata*, 4. *Achnanthes exigua*, 5. *Sellaphora saugeressi*, 6. *Navicula contenta*, 7. *Eunotia minor*, 8. *Navicula constans*, 9. *Navicula cryptotenella*, 10. *Caloneis bacillum*, 11. *Pinnularia gibba*.



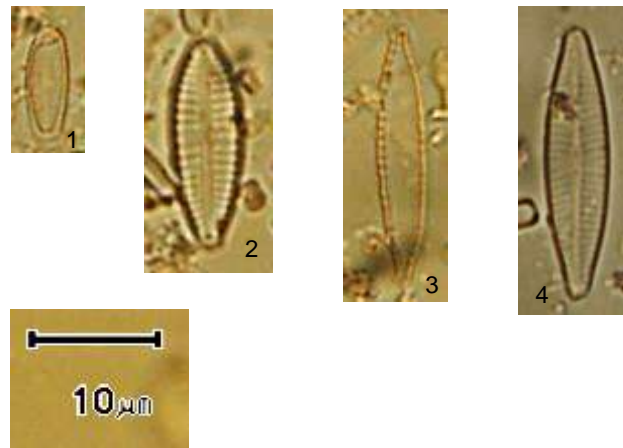
**Figura 33.** Diatomeas del punto A18LH10 Pozo de descarga en Humeros, Puebla en temporada de estiaje; 1. *Gomphonema parvulum*; 2. *Gomphonema Parvulum*; 3. *Gomphonema parvulum*; 4. *Gomphonema gracile var. auritum*; 5. *Pinnularia gibba*; 6. *Navicula cryptocephala*; 7. *Nitzschia palea*



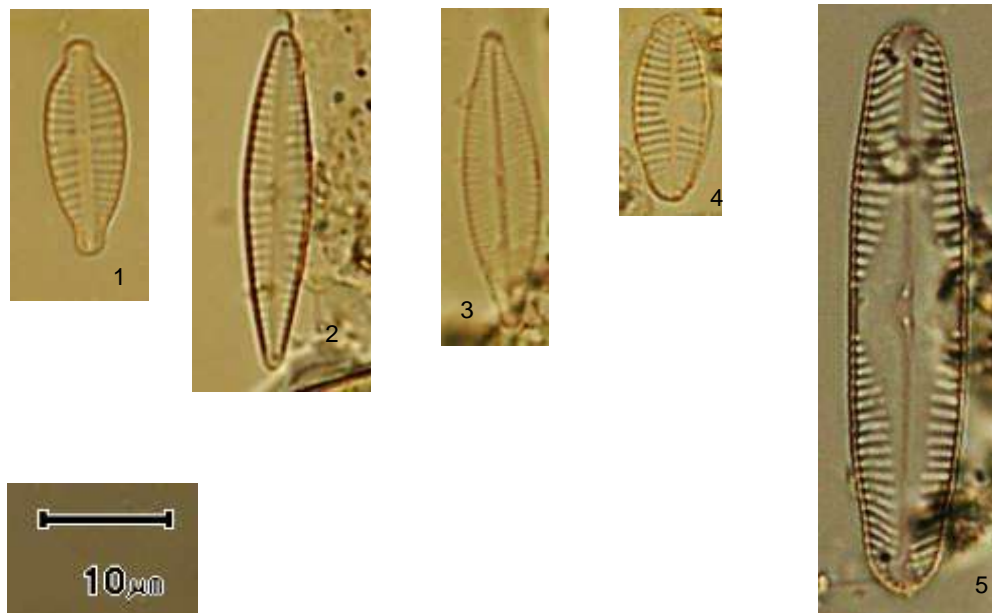
**Figura 34.** Diatomeas del punto A18LH11 Poza de lava en Humeros, Puebla en temporada de estiaje; 1. *Luticola geoppertiana*; 2. *Eunotia arcus*; 3. *Navicula veneta*; 4. *Nitzschia microcephala*; 5. *Nitzschia fonticola*



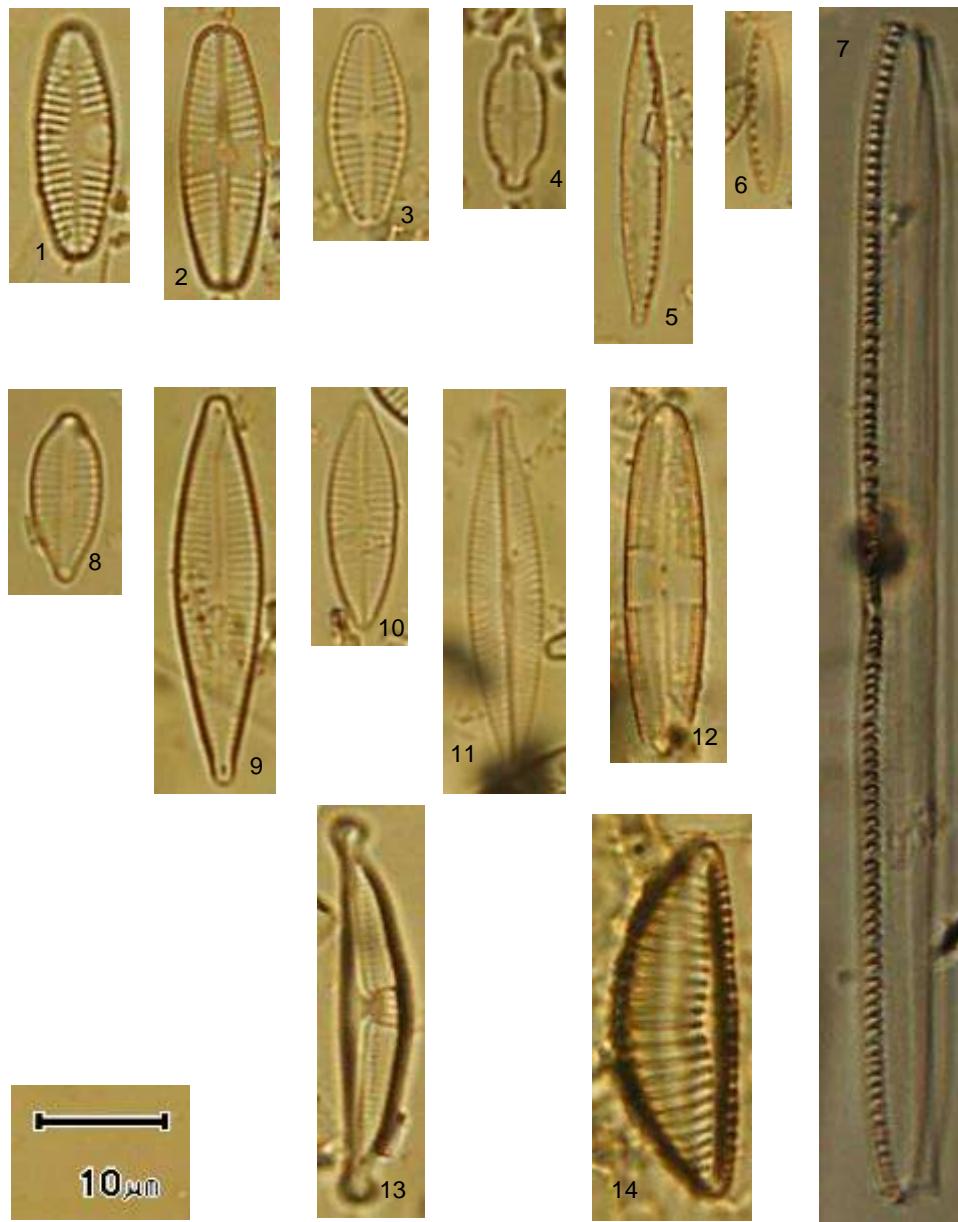
**Figura 35.** Diatomeas del punto A18LH05 arroyo en Humeros, Puebla en temporada de estiaje; 1. *Navicula trivialis*; 2. *Navicula cryptotenella*; 3. *Nitzschia palea*; 4. *Nitzschia linearis*; 5. *Fragilaria ulna* var. *Ulna*; 6. *Stauroneis Smithii* Grunow; 7. *Luticola goeppertiana*; 8. *Sellaphora saugeressi*; 9. *Achnanthes exigua*; 10. *Achnanthes conspicua*; 11. *Achnanthes lanceolata* var. *lanceolata*; 12. *Achnanthes lanceolata* var. *lanceolata*; 13. *Gomphonema parvulum*; 14. *Fragilaria capucina* var. *Perminuta*



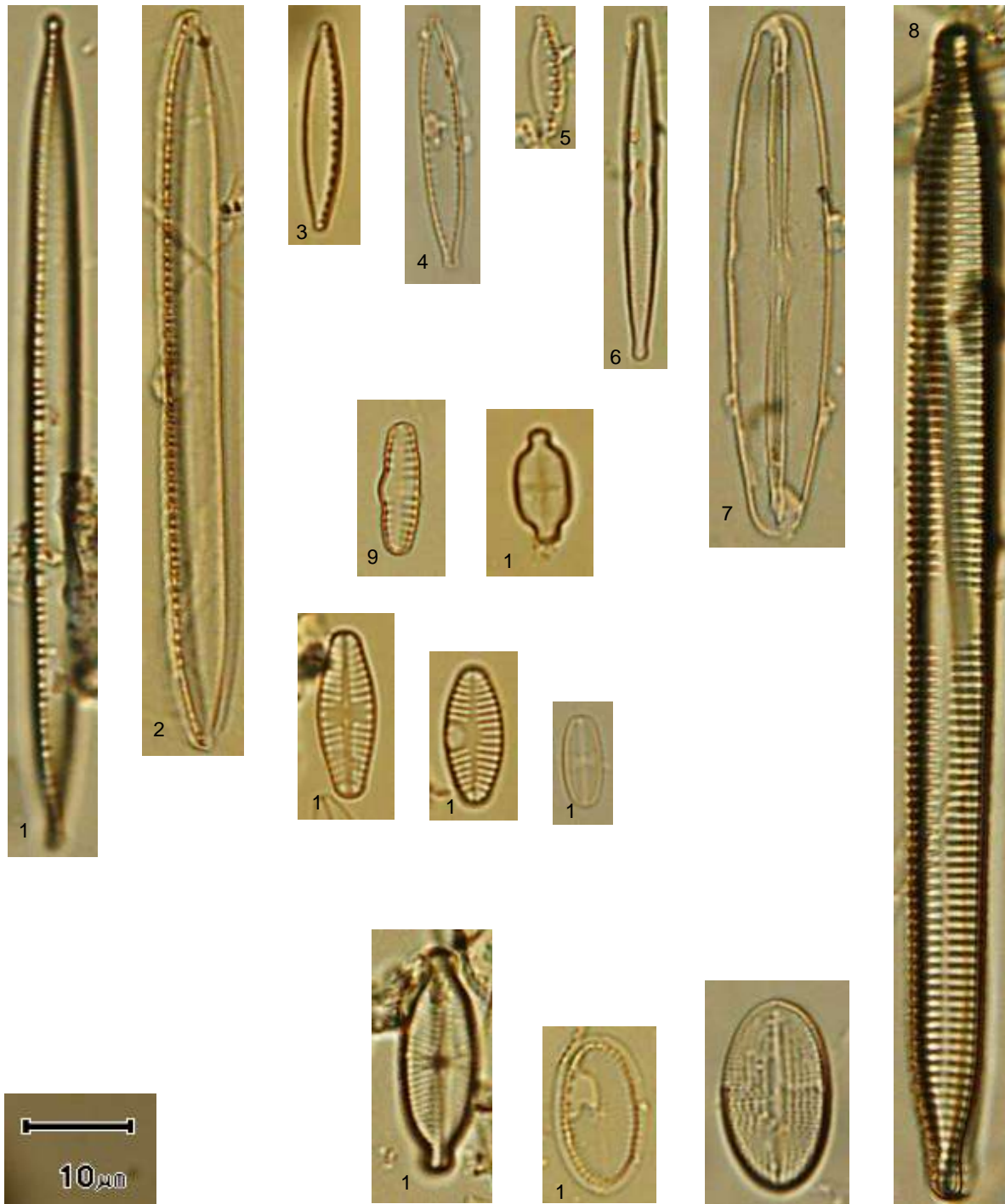
**Figura 36.** Diatomeas del punto B18LH01 Presa de disecación en Humeros, Puebla en temporada de precipitación; 1. *Achnanthes minutissima*; 2. *Gomphonema parvulum*; 3. *Nitzschia palea*; 4. *Navicula cryptocephala*



**Figura 37.** Diatomeas del punto B18LH11 Poza de lava en Humeros, Puebla en temporada de precipitación; 1. *Gomphonema parvulum*; 2. *Gomphonema gracile*; 3. *Navicula cryptocephala*; 4. *Achnanthes lanceolata* var. *lanceolata*; 5. *Pinnularia microstauron*



**Figura. 38.** Diatomeas del punto B18LH05 arroyo en Humeros, Puebla en temporada de precipitación; 1. *Achnanthes lanceolata* var. *lanceolata*; 2. *Achnanthes lanceolata* var. *Lanceolata*; 3. *Achnanthes lanceolata*; 4. *Achnanthes exigua*; 5. *Nitzschia palea*; 6. *Nitzschia inconspicua*; 7. *Nitzschia linearis*; 8. *Gomphonema parvulum*; 9. *Gomphonema parvulum*; 10. *Navicula halophila*; 11. *Navicula cryptocephala*; 12. *Caloneis schumanniana*; 13. *Amphora* aff. *montana*; 14. *Cymbella* aff. *caespitosa*



**Figura 39.** Diatomeas del punto B18LH16 Arroyo en Humeros, Puebla en temporada de estiaje; 1. *Nitzschia linearis* var. *linearis*; 2. *Nitzschia linearis*; 3. *Nitzschia palea*; 4. *Nitzschia palea*; 5. *Nitzschia bryophila*; 6. *Fragilaria capucina*; 7. *Frustulia vulgaris*; 8. *Fragilaria ulna*; 9. *Reimeira sinuata*; 10. *Achnanthes exigua*; 11. *Achnanthes lanceolata*; 12. *Achnanthes lanceolata*; 13. *Sellaphora saugeressi*; 14. *Navicula decussis*; 15. *Cocconeis placentula*

#### ANEXO IV.

Fotografías tomadas en los diferentes puntos, donde se aprecia de que cuerpo de agua se tomó la muestra, arroyo, río, presa, manantial, pozo, etc.



**Figura40.** Tomada del Riachuelo camino al paredón, en temporada de sequie, Acozulco. Puebla



**Figura41.** Tomada del pozo de agua, en temporada de sequie, Acozulco. Puebla



**Figura 42.** Tomada de la Laguna Los Azufres (manifestación termal), en temporada de sequía, Acoculco. Puebla



**Figura43.** Tomada del Jardín Japonés, en temporada de sequie, Acoculco. Puebla



**Figura 44.** Tomada del Riachuelo Alcaparrosa. (Manifestación termal), en temporada de sequía, Acozulco. Puebla



**Figura 45.** Tomada del Rio punto 9, en temporada de sequía, Acozulco. Puebla



**Figura 46.** Cuautelolulco, en temporada de sequía, Acoculco. Puebla



**Figura 47.** Tomada en manantial, en temporada de sequía, Acoculco. Puebla



**Figura 48.** Tomada Ocojala Manantial la Presa, en temporada de sequía, Acoculco. Puebla



**Figura 49.** Tomada del Arroyo punto 6 en temporada de sequía, Humeros, Puebla.



**Figura 50.** Tomada del Pozo CFE, en temporada de sequía, Humeros, Puebla.



**Figura 51.** Tomada de la poza de lava, en temporada de sequía, Humeros, Puebla.



**Figura 52.** Tomada de la presa de disección, en temporada de precipitación, Humeros, Puebla.



**Figura 53.** Tomada del Arroyo punto 5, en temporada de precipitación, Humeros, Puebla.



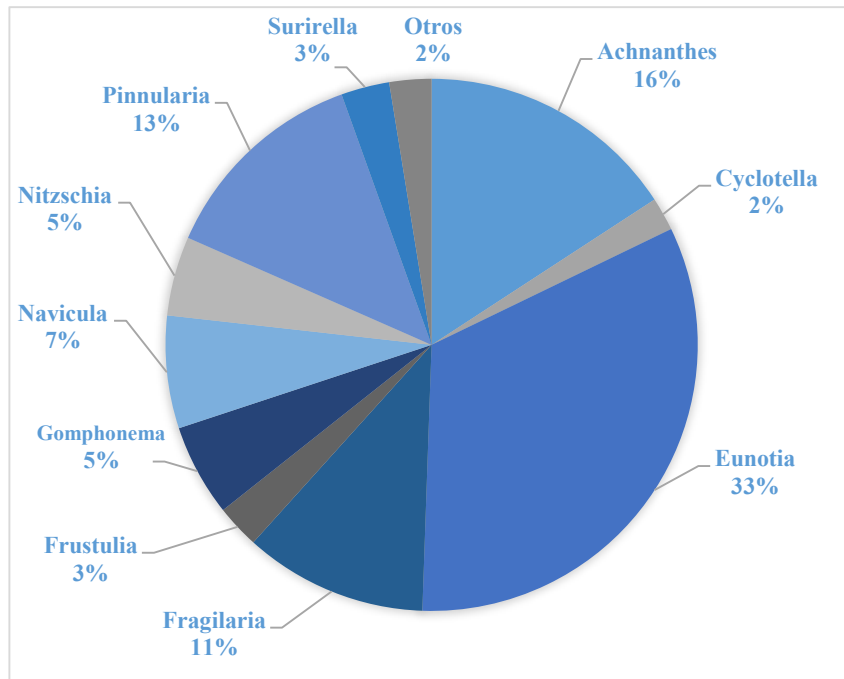
**Figura 54.** Tomada de la Poza de lava, en temporada de precipitación, Humeros, Puebla.



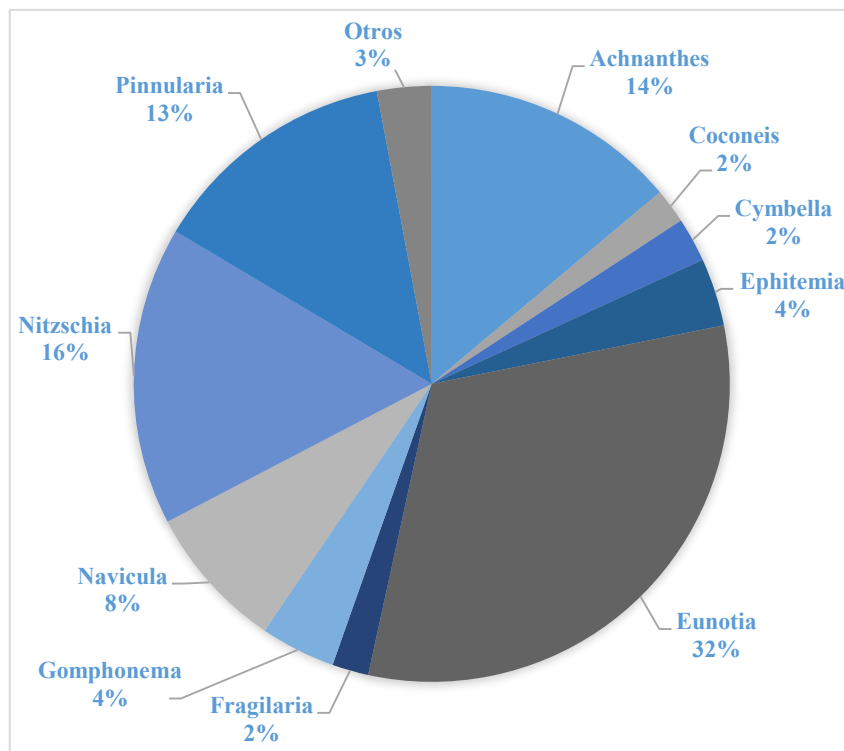
**Figura 55.** Tomada del Arroyo punto 16, en temporada de precipitación, Humeros, Puebla.

## **Anexo V**

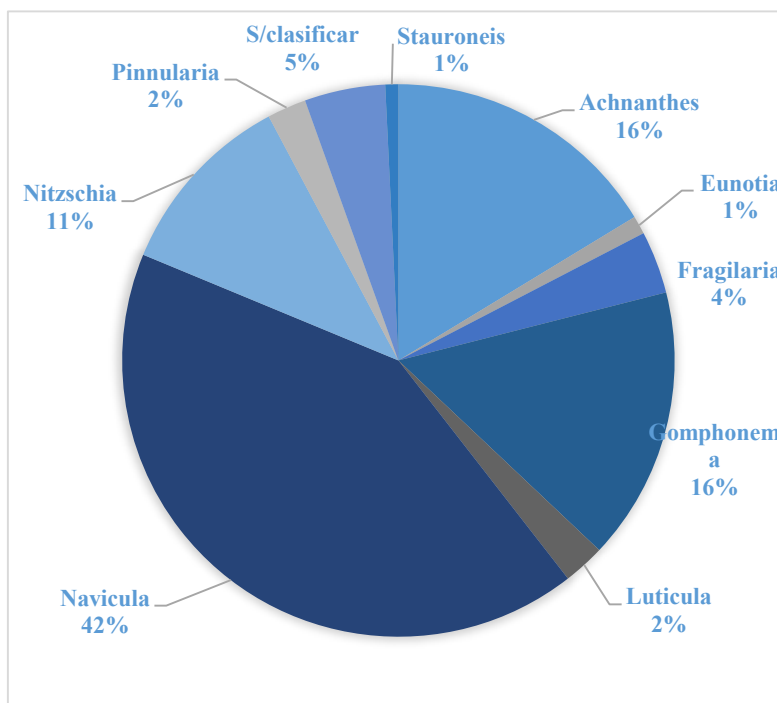
Graficas de pastel de ambas calderas para cada una de las épocas de muestreo, donde se aprecia de manera general cuales fueron los géneros más representativos para cada una de las calderas y cada una de las épocas del año en que se realizó el muestreo.



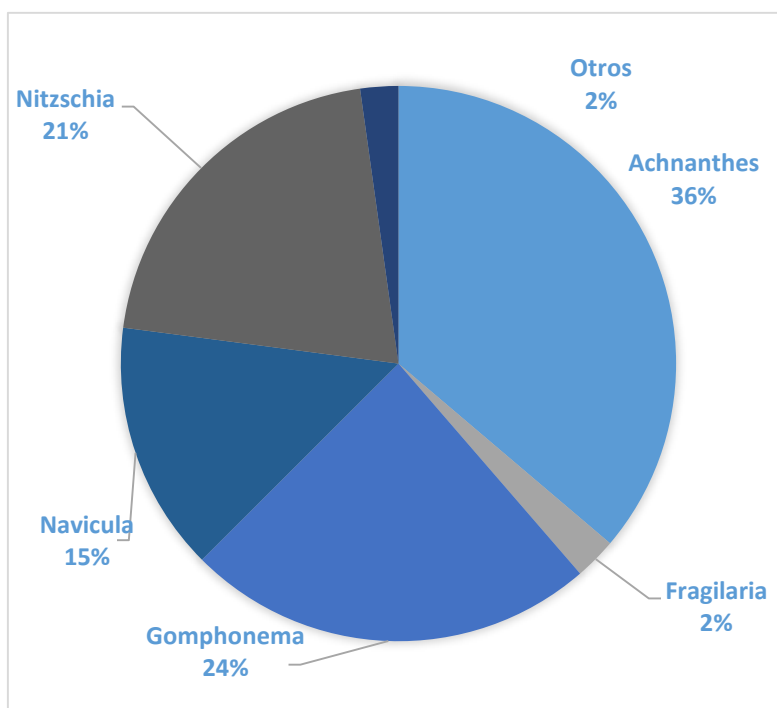
**Figura 56.** Porcentajes de los géneros en Acozulco en época de precipitación.



**Figura 57.** Porcentajes de los géneros en Acozulco en época de estiaje.



**Figura 58.** Porcentajes de los géneros en Humeros en época de estiaje.



**Figura 59.** Porcentajes de los géneros en Humeros en época de precipitación.

## **Anexo VI. Glosario**

## **Términos de Parámetros físico- químicos**

- **Oxígeno disuelto.**

Se considera el oxígeno disuelto es un indicador fundamental para determinar la calidad del agua. Los valores normales varían entre los 7.0 y 8.0 mg/L. La fuente principal del oxígeno es el aire, el cual se difunde rápidamente en el agua por la turbulencia en los ríos y por el viento en los lagos (Roldán., 2003).

La concentración del oxígeno disuelto depende de factores como: re oxigenación atmosférica, respiración animal y vegetal, demanda béntica y demanda bioquímica (Perdomo y Gómez., 2000).

- **Temperatura.**

La radiación solar determina la calidad y cantidad de luz, que se ve reflejada en la temperatura del agua. En las zonas templadas la temperatura varia ampliamente por el cambio de estaciones, en las zonas tropicales se mantiene más o menos constante, se conserva siempre fría en las altas montañas y cálida al nivel del mar. La solubilidad del oxígeno en el agua está afectada por la temperatura. Así, a mayor temperatura menor solubilidad y viceversa. Un cuerpo de agua posee 14.6mg/L de oxígeno a 0°C puede bajar su concentración a 6.4mg/L a 40°C (Roldán., 2003).

- **pH.**

El rango de pH en el agua para el desarrollo de la vida es bastante estrecho, entre 6.5 a 8.0, debido a que fuera de este rango la diversidad se reduce por estrés fisiológico y la reproducción (Roldán., 2003).

- **Conductividad Eléctrica.**

Esta propiedad depende de la presencia de iones, su concentración, movilidad, valencia y la temperatura de medición. La variación de la conductividad proporciona información acerca de la productividad primaria y descomposición de la materia orgánica, contribuyendo a la

detección de fuentes de contaminación, a la evaluación de la actitud del agua para riego y a la evaluación de la naturaleza geoquímica del terreno (Faña., 2002).

- **Sólidos totales.**

Se define el contenido de sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter el agua a un proceso de evaporación entre 103-105°C. Los sólidos totales incluyen disueltos y suspendidos, los sólidos disueltos son aquellos que quedan después del secado de una muestra de agua a 103-105°C previa filtración de las partículas mayores a 1.2 µm (Metcalf y Heddy., 1985).

- **Nitrógeno, Nitritos y Nitratos.**

El nitrógeno es vital para el desarrollo y crecimiento de algas, del mismo modo causa un aumento en la demanda de oxígeno al ser oxidado por bacterias reduciendo por ende los niveles de este, Las diferentes formas del nitrógeno son importantes para establecer el tiempo transcurrido desde la polución de un cuerpo de agua. En el tratamiento biológico de aguas residuales, los datos de nitrógeno amoniacal y orgánico son importantes para determinar si el residuo contiene suficiente nitrógeno para nutrir a los organismos (Roldán., 2003).

- **Fósforo y fosfatos.**

La presencia de fósforo en un cuerpo de agua permite la formación de biomasa, la cual requiere un aumento de la demanda biológica de oxígeno para su oxidación aerobia, además de los procesos de eutrofización y consecuentemente crecimiento de fitoplancton. El fósforo en forma de ortofosfato es nutriente de organismos foto sintetizadores y por tanto un componente limitante para el desarrollo de las comunidades, su determinación es necesaria para estudios de polución de ríos, así como en procesos químicos y biológicos de purificación y tratamiento de aguas (Roldán., 2003).

## **Términos ecológicos**

- **Índices de Riqueza Específica**

La riqueza de especies (S) es una expresión mediante la cual se obtiene una idea rápida y sencilla de la diversidad (Magurran1988; Gaston1996a). Ya que se basa únicamente en el número de especies presentes sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas (Moreno., 2001)

- **Índice de Simpson**

El índice de Simpson es un método comúnmente utilizado ya que determina la diversidad de una comunidad vegetal (Mostacedo y Fredericksen., 2000) este índice es inverso al concepto de equidad de la comunidad, ya que toma en cuenta las especies con mayor importancia sin considerar al resto de especies, siendo menos sensible con la riqueza de las especies (Krebs1978; Magurran1991; Feinsinger., 2003).

- **Índice de Shannon**

Es un índice clásico que combina la información de la riqueza de especies y la equidad en lo que se llama diversidad o heterogeneidad (Magurran 2004; Moreno et al., 2006). Es uno de los índices más utilizados para determinar la diversidad de especies de plantas en un determinado hábitat (Mostacedo y Fredericksen 2000). Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre, es decir predice a que especie pertenece un individuo escogido al azar dentro de la comunidad (Magurran., 1988; Peet., 1974; Baev y Penev., 1995).

- **Índice de similitud**

Los coeficientes de similitud han sido muy utilizados especialmente para comparar comunidades con atributos similares. Existen muchos índices de similitud, pero los índices más antiguos siguen siendo los más utilizados; como es el índice de Morisita-Horn. Los

índices de similitud pueden ser calculados en base a datos cualitativos (presencia/ausencia) o datos cuantitativos (abundancia) (Mostacedo & Fredericksen; 2000).

- **Índice de Morisita-Horn**

Este índice es calculado en base a datos cuantitativos, normalmente es muy sensible a la abundancia de las especies (Magurran; 1988; Baev y Penev; 1995).

- **CCA (Análisis de Correspondencia Canónica)**

El CCA (Canonical Correspondence Analysis) o análisis de correspondencia canónica, refleja las dimensiones de mayor variabilidad en los datos de las especies, y hace una combinación lineal de las variables ambientales y las especies, relacionándolos directamente (Braak; 1987). De esta manera, las variables ambientales con mayor influencia en la distribución de las especies aparecerán como flechas más largas, mostrando la dirección del gradiente que siguen y su correlación con el eje de ordenación “y”, por lo tanto, con la variación de las comunidades (Palmer; 1993).