



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
Unidad Iztapalapa

**VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL EN LA
ESTRUCTURA DE LAS ASOCIACIONES DE
DIATOMEAS BENTÓNICAS EN SEDIMENTOS DE LA
LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE, MÉXICO.**

TESIS

Para obtener el grado de Maestra en Biología

PRESENTA

HIDROB. JANIS DE LOS SANTOS GONZÁLEZ

Fecha

México, Ciudad de México, JUNIO del 2023



CONAHCYT

CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

“El programa de Maestría en Biología de la

Universidad Autónoma Metropolitana

pertenece al Padrón de

Posgrados de Calidad del CONAHCYT”

Los miembros del jurado designado por la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana—Iztapalapa, abajo firmantes, han aprobado la tesis que presentó Janis De los Santos González con el título “VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL EN LA ESTRUCTURA DE LAS ASOCIACIONES DE DIATOMEAS BENTÓNICAS EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE, MÉXICO.”

Dr. José Alejandro Zavala Hurtado	Presidente	
Mtra. María Eugenia Zamudio Reséndiz	Secretaria	
Dr. Eberto Novelo Maldonado	Vocal	
Dra. Yuriko Jocselin Martínez Hernández	Vocal	

Declaración de Originalidad

El (La) que suscribe Janis De los Santos González, alumno (a) del posgrado Maestría en Biología, de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud, de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y autor(a) de la tesis o idónea comunicación de resultados titulada: "**Variación espacial y temporal en la estructura de las asociaciones de diatomeas bentónicas en sedimentos de la laguna de Términos, Campeche, México**",

Declaro que:

1. La tesis o idónea comunicación de resultados que presento ante el H. Jurado para lo obtención del grado de Maestra en Biología es de mi autoría y original creación, producto del resultado de mi trabajo de investigación personal e individual; el cual cuenta con las correspondientes citas textuales del material bibliográfico utilizado y con el debido otorgamiento de los créditos autorales.
2. En la tesis o idónea comunicación de resultados no he reproducido párrafos completos; ilustraciones, fotografías, diagramas, cuadros y tablas, sin otorgamiento del crédito autoral y fuente correspondiente.
3. En consecuencia, relevo de toda responsabilidad a la Universidad Autónoma Metropolitana de cualquier demanda o reclamación que llegara a formular alguna persona física o moral que se considere con derecho sobre la tesis o idónea comunicación de resultados, respondiendo por la autoría y originalidad de la misma, asumiendo todas las consecuencias económicas y jurídicas si ésta no fuese de mi creación.

La presente declaración de originalidad se firma en la Ciudad de México el 29 de junio del 2023.

Atentamente


Janis De los Santos González

Nombre y firma del alumno

Este documento debe ser firmado con tinta azul y debe anexarse copia en la tesis o idónea comunicación de resultados (tesina, reporte, etc.), el documento original será conservado por el Coordinador del Posgrado.

COMITÉ TUTORAL

CO-DIRECTOR DE TESIS

Dr. Francisco José Gutiérrez Mendieta

Profesor-Investigador Titular C, UAM-I

CO-DIRECTOR DE TESIS

Dr. David Alfaro Siqueiros Beltrones

Profesor-Investigador Titular C, CICIMAR-IPN

ASESOR

Dr. José Alejandro Zavala Hurtado

Profesor-Investigador Titular C, UAM-I

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Metropolitana

A la Maestría en Biología

Agradezco infinitamente al Dr. Francisco J. Gutiérrez Mendieta por su apoyo, por sus comentarios y por su guía al desarrollar este proyecto,

Al Dr. David Alfaro Siqueiros Beltrones, por sus preguntas y las pláticas en las que me hizo replantearme muchas ideas que me ayudaron de muchas maneras.

Al comité revisor: Dr. José Alejandro Zavala Hurtado, a la Mtra. María Eugenia Zamudio Reséndiz, al Dr. Eberto Novelo Maldonado y a la Dra. Yuriko Jocselin Martínez Hernández por sus comentarios, sugerencias y valiosas correcciones en esta tesis.

Al Laboratorio de Geología de la UAM-I por el procesamiento de los sedimentos.

Y a mis compañeros del Laboratorio de Ecosistemas Costeros de la UAM-I.

DEDICATORIA

A mi familia por todo su apoyo y amor incondicional: Gustavo, Maribel.

A mi hermano Luis, gracias por apoyarme y regañarme cuando lo necesito, y sobre todo por siempre creer en mí.

A Daniela por su amistad.

A todos mis amigos y compañeros.

Y a Francisco, gracias por estar en mi vida.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XII
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 ANTECEDENTES	4
2.1 RELACIÓN ENTRE ASOCIACIONES DE DIATOMEAS BENTÓNICAS EN SEDIMENTOS Y LAS CONDICIONES FÍSICOQUÍMICAS	4
2.2 ESTRUCTURA DE LAS ASOCIACIONES DE DIATOMEAS BENTÓNICAS EN SEDIMENTOS	7
3 JUSTIFICACIÓN	11
4 HIPÓTESIS	12
5 OBJETIVOS	13
5.1 OBJETIVO GENERAL	13
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
6 ÁREA DE ESTUDIO	14
7 MÉTODO.....	18
7.1 TRABAJO DE CAMPO	18
7.1.1 <i>Variables físicas en la columna de agua</i>	18
7.1.2 <i>Muestreo de diatomeas en el sedimento</i>	19
7.2 TRABAJO DE LABORATORIO	19
7.2.1 <i>Nutrientes en la columna de agua</i>	19
7.2.2 <i>Análisis de granulometría</i>	20
7.2.3 <i>Limpieza y montaje de diatomeas bentónicas</i>	20
7.3 ANÁLISIS CUALITATIVO	21
7.3.1 <i>identificación</i>	21
7.4 ANÁLISIS CUANTITATIVO	22
7.4.1 <i>Tamaño de muestra y estructura de las asociaciones de diatomeas bentónicas</i>	22
7.4.2 <i>Índices ecológicos</i>	22
7.5 PRUEBAS ESTADÍSTICAS.....	24
8 RESULTADOS	26
8.1 VARIACIÓN TEMPORAL	26
8.1.1 <i>Variables fisicoquímicas</i>	26
8.1.2 <i>Granulometría</i>	33
8.2 VARIACIÓN ESPACIAL.....	35
8.2.1 <i>Temporada de Lluvias 2018</i>	35
8.2.2 <i>Temporada de nortes 2019</i>	40
8.3 ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE DIATOMEAS BENTÓNICAS	44
8.4. VARIACIÓN TEMPORAL DE LAS ASOCIACIONES DE DIATOMEAS BENTÓNICAS	45

8.5. VARIACIÓN ESPACIAL DE LAS ASOCIACIONES DE DIATOMEAS BENTÓNICAS.....	49
8.5.1. Temporada de Lluvias 2018.....	49
8.5.2 Temporada de nortes 2019.....	54
8.6 RELACIÓN TEMPORAL ENTRE LAS VARIABLES AMBIENTALES Y LAS ASOCIACIONES DE DIATOMEAS BENTÓNICAS	59
8.7 RELACIÓN ESPACIAL ENTRE VARIABLES AMBIENTALES Y DIATOMEAS BENTÓNICAS	60
8.7.1 Temporada de Lluvias 2018.....	60
8.7.2 Temporada de nortes 2019.....	62
9 DISCUSIÓN	64
10 CONCLUSIONES.....	74
REFERENCIAS	77
APÉNDICES	88
APÉNDICE I. LISTA DE ESPECIES DE DIATOMEAS BENTÓNICAS PRESENTES EN EL SEDIMENTO DE LA LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE.	88
APÉNDICE II. ABUNDANCIAS POR NÚMERO DE VALVAS, ABUNDANCIAS RELATIVAS (AR), ABUNDANCIAS RELATIVAS ACUMULADAS (ARA) Y CLASIFICACIÓN EN LA CUAL SE UBICAN LOS TAXONES DE DIATOMEAS BENTÓNICAS DE SEDIMENTOS.	101
APÉNDICE III. LÁMINAS	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de subsistemas descritos en la Laguna de Términos por Yáñez-Arancibia y Day (1980, 2004).	15
Figura 2. Localización de los sitios de muestreo dentro de la LT.	17
Figura 3. Diagramas de violín de los parámetros fisicoquímicos, en los que se visualiza la distribución de los datos y su densidad, fuera de los bigotes se observan los valores atípicos, los diagramas de temperatura (C) y oxígeno disuelto (E) presentaron diferencias significativas $p < 0.05$) entre temporadas.	29
Figura 4. Diagramas de violín de nutrientes en columna de agua, en los que se visualiza la distribución de los datos y su densidad, fuera de los bigotes se observan los valores atípicos, el sílice (B), el FRS (C), los nitratos (D) y nitritos (E) presentaron diferencias significativas $p < 0.05$) entre temporadas.....	32
Figura 5. Biplot de los CP 1 y CP 2 obtenido del Análisis de Componentes Principales (ACP), los puntos azules son las estaciones de la temporada de lluvias y los puntos amarillos las estaciones en temporada de nortes.	35
Figura 6. Diagramas de violín de la profundidad (A), transparencia (B), nitratos (C), Sílice (D) y el % de Arena en el sedimento que presentaron diferencias significativas $p < (0.05)$ entre zonas.	38
Figura 7. Biplot del Análisis de Componentes Principales (ACP) durante lluvias 2018, los puntos morados son las estaciones de la Zona I, los puntos azules representan las estaciones de la Zona II y los puntos amarillos son las estaciones de la Zona III.....	39
Figura 8. Diagramas de violín de las variables que presentaron diferencias significativas $p < (0.05)$ entre zonas: Transparencia (A), pH (B), amonio (C), sílice (D) y la composición del sedimento (E).....	42
Figura 9. Biplot del Análisis de Componentes Principales (ACP) durante nortes 2019, los puntos morados son las estaciones de la Zona I, los puntos azules representan las estaciones de la Zona II y los puntos amarillos son las estaciones de la Zona III.....	43
Figura 10. Valores de los índices de diversidad: riqueza (a), diversidad (b), dominancia (c) y equidad (d) por temporadas.	47

Figura 11. Agrupación de las asociaciones de diatomeas bentónicas por temporadas con el índice de similitud de Bray-Curtis (Correlación cofenética = 0.92).....	48
Figura 12. Ordenación de zonas basada en la similitud de Bray-Curtis, durante la temporada de lluvias 2018 (stress: 0.16).	49
Figura 13. Riqueza específica por estación durante la temporada de Lluvias 2018.	51
Figura 14. Agrupación de las asociaciones de diatomeas bentónicas por estaciones mediante el índice de similitud de Bray-Curtis (Correlación cofenética = 0.98) durante la temporada de lluvias 2018.....	52
Figura 15. Ordenación de zonas basada en la similitud de Bray-Curtis, durante la temporada de lluvias 2018 (stress: 0.16).	53
Figura 16. Riqueza específica por estación durante la temporada de Nortes 2019..	55
Figura 17. Agrupación de las asociaciones de diatomeas bentónicas por estaciones mediante el índice de similitud de Bray-Curtis (Correlación cofenética = 0.88) durante la temporada de nortes 2019.....	57
Figura 18. Ordenación de zonas basada en la similitud de Bray-Curtis, durante la temporada de nortes 2019 (stress: 0.19)	58
Figura 19. Análisis de correspondencia canónica (ACC) entre las variables ambientales y las asociaciones de diatomeas bentónicas por temporada (lluvias y nortes) para la laguna de Términos.....	60
Figura 20. ACC entre variables ambientales y diatomeas bentónicas en la temporada de lluvias en la laguna de Términos 2018.	61
Figura 21. ACC entre variables ambientales y diatomeas bentónicas en la temporada de nortes en la laguna de Términos 2019.	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de los parámetros fisicoquímicos medidos durante las dos temporadas muestreadas en LT.....	27
Tabla 2. Resumen de análisis de granulometría en sedimentos de la Laguna de Términos.	34
Tabla 3. Resumen de parámetros fisicoquímicos de las estaciones agrupadas en zonas en la temporada de Lluvias 18.....	36
Tabla 4. Valores de los parámetros fisicoquímicos de las estaciones agrupadas en zonas en temporada de nortes 2019.....	40
Tabla 5. Número de especies identificadas por género durante ambos muestreos..	44
Tabla 6. Resumen de los valores máximos, mínimos y promedio de los índices comunitarios por temporadas	46
Tabla 7. Índice del Valor Biológico (IVB) para la temporada de Lluvias 2018.....	50
Tabla 8. Valores obtenidos de los índices ecológicos por estación durante la temporada de Lluvias 2018.	52
Tabla 9. Índice del Valor Biológico (IVB) para la temporada de Nortes del 2019.....	55
Tabla 10. Valores obtenidos de los índices ecológicos por estación durante la temporada de Nortes 2019.....	56

RESUMEN

Las diatomeas son un componente primordial de la producción primaria y parte fundamental de la base trófica de los ambientes acuáticos; de la misma manera, tienen un importante papel en la estabilización de los sedimentos debido a la excreción de mucílago, determinando la forma en que otros organismos se distribuyen en los sedimentos. A pesar de su importancia ecológica, los estudios de las diatomeas en México se han enfocado principalmente sobre aspectos taxonómicos y de clasificación de las asociaciones, sin tomar en cuenta, el papel ecológico que desempeñan, su distribución y variación espacio-temporal. De acuerdo con lo anterior, el objetivo planteado de este trabajo fue determinar la variación espacio-temporal de la estructura comunitaria de las diatomeas bentónicas presentes en el sedimento circundante de la laguna de Términos y su relación con las variables ambientales. Para ello se tomaron muestras de sedimento en dos épocas climáticas con el fin de determinar la estructura de las asociaciones de diatomeas bentónicas (riqueza y diversidad de especies, dominancia, equidad); se recolectaron muestras de columna de agua y del sustrato para determinar las condiciones ambientales, así como la composición del sedimento en el que se encontraban para establecer su relación. Se identificaron 434 taxones de diatomeas distribuidos en 119 géneros; las especies que fueron numéricamente importantes durante las dos temporadas fueron: *Haslea staurosigmaidea*, *Cymatosira belgica*, *Navicula salinarum* var. *rostrata*, *Paralia grunowii*, *Anaulus minutus*, *Cyclotella choctawhatcheea*, *Fallacia pygmaea* y *Tryblionella coarctata*. El intervalo que se registró de riqueza específica (S) fue de 94 a 35, el valor máximo se presentó en lluvias

y el mínimo en nortes; los valores de diversidad máxima y mínima obtenidos fueron de $H'=5.35$, 2.06 bits/taxón respectivamente. Espacialmente se detectaron cambios en los índices comunitarios, las especies que aportaron estas diferencias fueron: *Haslea staurosigmoidea* en la zona este, *Cymatosira belgica* en el oeste y *Anaulus minutus* que se presentó en la zona centro; las taxocenosis de cada estación tuvieron relaciones particulares con las variables ambientales, sin embargo, el FRS, el % de arena y los nitratos, fueron factores importantes en esta relación. Durante el análisis a nivel temporal, no se identificaron diferencias significativas; a lo largo de la temporada de lluvias se registraron 276 taxa y para nortes se identificaron 256, entre temporadas se compartieron 194 taxa. El valor más alto de diversidad registrado en este estudio se obtuvo en la temporada de lluvias $H'=5.35$. En ambas temporadas el tipo de sedimento fue una variable ambiental importante, sin embargo, especialmente las variables que influyeron en las asociaciones fueron particulares; durante lluvias las asociaciones se relacionaron con el FRS, sílice y amonio, asimismo, en nortes, las variables que se relacionaron a las asociaciones fueron la temperatura y sílice.

ABSTRACT

Diatoms are a basic component in the trophic base and primary production of aquatic ecosystems. Likewise, they have an important role in sediment stabilization due to the excretion of mucilage, determining the way in which other organisms are distributed. Despite their ecological importance, the study of diatoms in Mexico has focused mainly on taxonomic and classification aspects of these associations, without considering their ecological role, as well as their distribution and spatial-temporal variation. Accordingly, the objective of this work was to determine the spatial-temporal variation of the community structure of benthic diatoms present in the surrounding sediments of the Terminos Lagoon and their relationship with environmental variables. Therefore, sediment samples were collected during two climatic seasons to determine the structure of the associations. Also, samples from the water column and substrate were taken to determine the environmental conditions and the composition of the sediment in which they were found to establish their association. A total of 434 taxa were identified distributed in 119 genera; the most numerically important taxa during the two seasons were: *Haslea staurosigmoidea*, *Cymatosira belgica*, *Navicula salinarum* var. *rostrata*, *Paralia grunowii*, *Anaulus minutus*, *Cyclotella choctawhatcheea*, *Fallacia pygmaea* and *Tryblionella coarctata*. Species richness (S) ranged from 64, and the maximum and minimum diversity values obtained were $H' = 5.35$, 2.06 respectively. The range of specific richness (S) recorded was from 94 to 35, the maximum value occurred in the rainy season and the minimum in nortes, the maximum and minimum diversity values obtained were $H' = 5.35$ and 2.06 respectively. Spatially, changes in the

community indices were detected, the species that contributed to these differences were: *Haslea staurosigmoidea* in the eastern zone, *Cymatosira belgica* in the west and *Anaulus minutus* that occurred in the central zone; the taxocenosis of each station had particular relationships with the environmental variables, however, the SRP, the % of sand and the nitrates, were important factors in this relationship. During the analysis of diatom associations at the temporal level, no significant differences were identified. Throughout the rainy season, 276 taxa were recorded and 256 were identified for the nortes, 194 taxa were shared between seasons. The highest value of diversity recorded in this study was obtained in the rainy season $H'=5.35$. During both seasons, sediment type was an important environmental variable, however, spatially the variables that influenced associations did not remain constant; during the rainy season, related to SRP, silica, and ammonium, likewise, in nortes, the associations related variables were: temperature and silica

1 INTRODUCCIÓN

Las diatomeas son algas microscópicas eucariotas fotosintéticas que pueden encontrarse de vida libre o formando colonias, son organismos cosmopolitas que se caracterizan por poseer una pared celular compuesta por material silíceo que es denominada frústula y se clasifican como Clase Bacillariophyceae. Presentan uno o varios cloroplastos en los que contienen, además de la clorofila *a*, pigmentos accesorios entre los que se encuentran las *clorofilas c*, *c2*, fucoxantina, diatoxantina y diadinoxantina; su elemento de reserva derivado de la fotosíntesis son la crisolaminarina (Round *et al.*, 1990).

Las diatomeas son un componente básico en la base de la trama trófica; dentro de la comunidad fitoplanctónica contribuyen con el 45% de la producción total del océano y se calcula que aportan el 20-25% de la producción primaria neta a nivel mundial (Werner, 1977, en Siqueiros-Beltrones, 2002); además, contribuyen en proporción significativa a la producción primaria (Navarro, 1988; Cahoon y Safir, 2002 citados en López-Fuerte y Siqueiros-Beltrones, 2006), y son una fuente importante de alimento para la micro y meiofauna (Montagna, 1984; Decho, 1986, en Montagna *et al.*, 1995).

Las diatomeas se pueden clasificar de acuerdo con la simetría de su frústula: en céntricas o pennadas; por su afinidad al cuerpo de agua en el que se encuentren: como de aguas dulces, continentales, salobres o marinas, y según el lugar que ocupan en los cuerpos de agua como planctónicas, bentónicas o ticoplanctónicas. Las

diatomeas bentónicas se encuentran adheridas a un sustrato, habitando cualquier ambiente con suficiente humedad; de esta manera pueden ser subdivididas según al sustrato en el que se encuentren: así se conocen como formas epilíticas cuando se encuentran sobre un sustrato rocoso, epipélicas al estar sobre fango o lodos, episámicas al estar adheridas a granos de arena, epifitas cuando están sobre algas o plantas acuáticas y epizóicas cuando colonizan superficies de animales (Siqueiros-Beltrones, 2002).

Las comunidades microfitobentónicas en los ambientes costeros se encuentran dominadas principalmente por asociaciones de diatomeas epipélicas y episámicas (Admiraal, 1984; Underwood y Peterson, 1993); estas comunidades juegan un papel importante en la ecología del ambiente pues estabilizan los sedimentos mediante la excreción de sustancias mucilaginosas (Admiraal *et al.*, 1983); además, contribuyen de manera significativa al enriquecimiento de la columna de agua, en la producción primaria y en la dinámica de los sedimentos. Asimismo, la distribución espacial y temporal que presentan las diatomeas bentónicas determinan la forma en que se distribuyen otros microorganismos, como bacterias, hongos, micro, meio y macrofauna, de modo que juegan un papel ecológico primordial en la comunidad (Siqueiros-Beltrones, 2002).

Las diatomeas son abundantes cuando se registran elevadas concentraciones de nutrientes y condiciones de turbulencia (Colombo, 1986), estas características se pueden encontrar en ambientes como lagunas costeras; existen pocos estudios sobre diatomeas bentónicas en sedimentos de lagunas costeras mexicanas y la mayor parte

de las investigaciones en México se han enfocado en la taxonomía y principalmente en la clasificación de las asociaciones (Siqueiros-Beltrones, 1996; Siqueiros-Beltrones y Sánchez-Castrejón, 1999) dentro de la costa del Pacífico, sin abordar directamente el papel ecológico de esos organismos.

Aún más, los estudios realizados sobre diatomeas en lagunas costeras de zonas tropicales como la laguna de Términos que se encuentra ubicada en el estado de Campeche se han limitado al estudio de formas de vida planctónicas; las diatomeas bentónicas en este sistema han sido poco abordadas anteriormente por lo que este estudio servirá como referencia para futuras investigaciones de carácter ecológico.

2 ANTECEDENTES

2.1 Relación entre asociaciones de diatomeas bentónicas en sedimentos y las condiciones fisicoquímicas

Diversos estudios de diatomeas bentónicas de diferentes ambientes muestran que las diatomeas responden rápidamente a los cambios ambientales por lo que se enfocan principalmente en reconstrucciones paleoecológicas y proyectos de evaluación ambiental. No obstante, también se tienen registros de trabajos en los cuales se describe la influencia de los factores fisicoquímicos sobre la distribución, la diversidad y la abundancia de las diatomeas bentónicas (Lee *et al.*, 1975; Siqueiros-Beltrones, 2002) que aportan información ecológica importante sobre los sistemas y las interacciones que tienen estos organismos con el ambiente.

De acuerdo con Holdridge (1978) las asociaciones pueden cambiar y ser reemplazadas rápidamente respondiendo a factores como temperatura, salinidad, precipitación y humedad determinando la presencia o ausencia de las especies; lo mismo puede suceder con el sustrato donde se encuentran. Así, Underwood *et al.* (1998) analizaron los cambios en las abundancias de diatomeas bentónicas en un estuario ubicado al Este de Reino Unido y analizaron las densidades de poblaciones de diferentes especies de diatomeas, además, proponen que las especies de diatomeas epipélicas se presentan en relación con los gradientes de nutrientes y salinidad de los estuarios, sin embargo, la concentración de amonio y la salinidad pueden ser los factores significativos para determinar la composición de especies en estos sitios.

Por otra parte, Vilbaste *et al.* (2000), concluyeron que la salinidad no fue un factor que haya afectado en la composición de las comunidades de diatomeas, sin embargo, mencionan que esto se explica por la poca variabilidad de salinidad en zona de muestreo, mientras que el cambio en la estructura de las comunidades se explica por el grado de exposición a la acción de las olas. En contraste, Clavero *et al.* (2002) concluyen que la salinidad es uno de los factores más importantes para las asociaciones de diatomeas bentónicas.

Asimismo, Zong y Bin Hassan (2004) describieron la distribución de diatomeas presentes en distintos sustratos de manglar en Malasia, analizando la textura de los sedimentos y la vegetación, concluyendo que las asociaciones de diatomeas se encuentran relacionadas con variables como la profundidad del suelo, inundación diaria de las mareas y tipo de sedimento en el que se encuentran. Aunado a esto, Hernández-Almeida (2005) complementa lo propuesto encontrando que adicionalmente al sustrato, factores que influyen en la variación estacional de las asociaciones de diatomeas son la irradiancia y los gradientes de salinidad.

Al respecto, en el estuario de Río de la Plata en Uruguay (Pérez *et al.*, 2017) se identificaron 78 taxones de los cuales se distribuyeron en dos grupos contrastantes: un grupo compuesto por diatomeas con preferencia a altas salinidades y por otro lado, un grupo de diatomeas que son representantes de aguas con poca salinidad, confirmando que la variación en la salinidad dentro de estos ambientes es determinante en la distribución de estas comunidades; observaron también que la

productividad se relaciona con la turbidez y el cambio entre la composición del sedimento.

En los trabajos realizados por Weilhoerfer *et al.* (2021a, 2021b) en el estuario Yaquina en Oregón se concluye que la composición y los cambios en el microfitobentos se encuentran relacionados con el sitio en el que están ubicados dentro del sistema y por temporada; entre los factores fisicoquímicos que influyen de manera importante se encuentran salinidad, tipo de sustrato y nutrientes, además de la distancia que los separa de la entrada del estuario al mar.

La mayoría de estos estudios se realizaron en zonas climáticas templadas o semitempladas, obteniendo pocos registros de estudios en zonas tropicales por lo que es importante desarrollar más investigaciones en estas zonas para poder determinar si las condiciones que influyen en las comunidades de diatomeas son similares o difieren en distintas zonas climáticas; adicionalmente, estos trabajos han demostrado la importancia de conocer la relación entre las variables fisicoquímicas y la estructura comunitaria de las diatomeas bentónicas para poder comprender cómo cambian las comunidades a través de estos gradientes en el ambiente. De esta manera se podrá tener un punto de referencia para explicar los cambios debido al aumento de temperatura y cambios de salinidad en el mar por variaciones climáticas.

2.2 Estructura de las asociaciones de diatomeas bentónicas en sedimentos

La asociación de diatomeas hace referencia a una taxocenosis o conjunto de especies que coinciden en un área particular bajo condiciones ambientales específicas (Holdridge, 1978). De esta manera, las asociaciones de diatomeas bentónicas presentan una misma estructura general: con pocas especies abundantes y comunes, muchas especies raras y poco comunes, independientemente de la riqueza que presenten (Siqueiros-Beltrones, 2002). Las variaciones particulares de dicha estructura se reflejan en los valores calculados de diversos índices ecológicos, por ejemplo: diversidad, dominancia, equidad, etc. Estas variaciones se pueden explicar en función de las especies dominantes por lo cual se necesita realizar una determinación taxonómica previa.

Vilbaste *et al.* (2000) realizaron un trabajo en sedimentos del Golfo de Riga en el Océano Báltico, en el que identificaron 189 taxones; este estudio incluyó índices de diversidad (H') con una media de $H'=4.4$, donde las especies con mayor abundancia fueron *Martyana atomus*, *Fragilariaceae sp.* y *Achnanthes delicatula*.

En el Estuario Yaquina en Oregón, Weillhoerfer *et al.* (2021b) revisaron sedimentos a lo largo del estuario, se identificaron 170 especies de diatomeas; 104 fueron identificadas al nivel de especie de las cuales el 60% de las especies encontradas se consideran epipélicas, se obtuvo el promedio del índice de diversidad de todos los puntos de muestreo de $H'= 2.6 \pm 0.3$, Los taxones que registraron mayores abundancias en este trabajo fueron: *Catenula adhaerens*, *Opephora spp. 1*, *Planothidium delicatulum*, *Navicula gregaria*, *Nitzschia palea*, *Cocconeis placentula*.

En México los trabajos sobre diatomeas bentónicas son aún escasos y relativamente recientes; la mayor parte de los esfuerzos se han realizado en el área de la península de Baja California; Siqueiros-Beltrones y Sánchez-Castrejón (1999), realizaron una lista de especies y analizaron la estructura de las asociaciones de diatomeas bentónicas presentes en sedimentos del manglar de la laguna Balandra en Baja California Sur.; se registraron 230 taxones, y diversidades promedio de $H' = 3.66$ (dominancia $\lambda = 0.17$), mismas que se consideran medianamente altas en relación con valores modales de asociaciones de diatomeas bentónicas (Siqueiros Beltrones, 2005). Asimismo, López-Fuerte y Siqueiros-Beltrones (2006) determinaron la estructura de las comunidades de diatomeas en sedimentos adyacentes al manglar dentro del Sistema Lagunar Magdalena-Almejas en B.C.S., en el cual se reconocieron 327 taxones; en este estudio se obtuvo como resultado un valor de diversidad promedio de $H' = 4.62$.

En contraste para la zona sur del país, se tiene registros de trabajos realizados en la Península de Yucatán y en Quintana Roo; estos se enfocan principalmente en la riqueza de diatomeas epifitas y su afinidad biogeográfica (López-Fuerte *et al.* 2013; Hernández-Almeida *et al.*, 2017; Okolodkov y Huerta-Quintanilla, 2018; López-Fuerte *et al.*, 2022); así como el estudio de la colonización de diatomeas bentónicas en sustratos artificiales (Martínez *et al.*, 2019).

Mientras que para el estado de Campeche en donde se ubica la Laguna de Términos existe poca información sobre florística y ecología de las diatomeas presentes; Siqueiros-Beltrones *et al.* (2020), y López-Mejía *et al.* (2021), quienes

abordan la taxonomía y estructura de las asociaciones de diatomeas epifitas en *Thalassia testudinum*. Sin embargo, en la laguna de Términos, a pesar, de que es considerada uno de los cuerpos acuáticos más estudiados en México, los registros se enfocan principalmente en el neuston, siendo pocos los registros de estudios acerca del fitoplancton, así como de las comunidades fitobentónicas.

Los estudios dentro de la laguna se han realizado sobre todo en zonas específicas en las cuales se describen las comunidades planctónicas con énfasis en especies potencialmente tóxicas y sobre la dinámica del fitoplancton analizando pigmentos fotosintéticos (Suárez-Caabro y Gómez-Aguirre, 1965; Gómez-Aguirre, 1974; Muciño-Márquez *et al.*, 2014; Poot-Delgado *et al.*, 2015; Poot-Delgado *et al.*, 2015b). El trabajo más reciente sobre taxonomía y caracterización de las comunidades de diatomeas bentónicas en la laguna de Términos fue realizado por López-Mejía (2022); con el objetivo de realizar una evaluación ecológica de la laguna, analizaron muestras de sedimento, se registraron 562 taxones, y se obtuvo un valor promedio de diversidad de H' : 4.96, los géneros mejor representados en este trabajo fueron: *Navicula*, *Amphora*, *Nitzschia*, *Mastogloia* y *Halamphora*, acorde a la elevada riqueza y diversidad registrada se consideran características de ambientes sin perturbación y con una alta productividad, asimismo, las características ambientales que se relacionaron con las asociaciones fueron particulares para cada zona de muestreo y temporada.

Los resultados de los trabajos mencionados nos sugieren que existe una taxocenosis rica y diversa de las comunidades de diatomeas bentónicas, además, de

existir variación en la influencia de los diferentes factores ambientales. En general, se observa que la mayoría de los estudios referidos son de investigaciones realizadas en diferentes zonas geográficas y en distintos sustratos por lo que las características fisicoquímicas en cada uno de estos ambientes son diversas; gran parte de estos trabajos son de carácter taxonómico y son pocos los estudios que evalúan índices comunitarios, por lo que es indispensable incluir las relaciones con los factores ambientales como un componente importante que permita entender cómo estas asociaciones varían en el espacio y en el tiempo. Los pocos registros de trabajos dirigidos al estudio de diatomeas en sedimentos de la laguna de Términos y en la zona sur del país han comenzado a formar una base para abordar los cambios estructurales temporales de las asociaciones, por lo cual, este trabajo aportará conocimientos sobre la variabilidad de las asociaciones de diatomeas bentónicas a través de un intervalo más amplio de tiempo y aportar conocimiento sobre las interacciones entre las comunidades y los variables ambientales del sistema.

3 JUSTIFICACIÓN

Recapitulando, la mayoría de los estudios realizados sobre diatomeas se han centrado principalmente en formas planctónicas, pasando por alto gran parte de las formas bentónicas presentes en ambientes costeros tropicales. La Laguna de Términos está compuesta por diferentes subsistemas circundantes (Agraz-Hernández, 2017), por lo que las variables fisicoquímicas presentes pueden cambiar alrededor de la laguna; igualmente, se tiene conocimiento de que las comunidades de diatomeas bentónicas contribuyen de manera importante en la producción primaria y en otros procesos dentro de estos ambientes y que estas asociaciones comunitarias se encuentran relacionadas con dichas variables, sin embargo, para poder entender estas relaciones y llevar a cabo estudios de carácter ecológico más robustos se requiere primero establecer bases sólidas sobre las comunidades presentes, elaborando una base florística precisa, determinando las estructuras de las asociaciones que habitan los sedimentos e identificar las interacciones que tienen estas asociaciones con las variables ambientales.

4 HIPÓTESIS

La laguna de Términos presenta variaciones espaciotemporales en sus condiciones fisicoquímicas, por lo cual se espera que las asociaciones de diatomeas presenten diferencias entre las temporadas presentes a lo largo del año, asimismo, se registrarán similitudes entre las estaciones que presenten características similares basadas en el sustrato en el que se ubiquen.

Durante la temporada de lluvias las comunidades de diatomeas se relacionarán con bajas salinidades, altos contenidos de nutrientes debido a los aportes de agua de los sistemas fluviales, mientras que en la temporada de nortes las comunidades se verán relacionadas con la temperatura, una menor transparencia del agua y altos aportes de sílice a causa de los fuertes vientos que caracterizan la época.

En ambas temporadas se espera que las asociaciones de diatomeas presenten valores elevados de diversidad y riqueza de especies, alta equidad, además, de una baja dominancia, sin embargo, se espera que los valores más altos de estos índices se encuentren durante la temporada de lluvias debido a los aportes de taxones dulceacuícolas aportados por los sistemas epicontinentales.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

- Describir la estructura y los cambios espaciotemporales de las asociaciones de diatomeas bentónicas presentes en el sedimento de la Laguna de Términos, Campeche y su relación con las variables s fisicoquímicas.

5.2 Objetivos específicos

- Realizar una lista de especies de diatomeas bentónicas presentes en el sedimento de la Laguna de Términos
- Describir la estructura de las asociaciones de diatomeas mediante índices comunitarios (diversidad, riqueza, dominancia, y equidad).
- Estimar las similitudes o diferencias entre las comunidades de diatomeas presentes en el sedimento de la orilla de la laguna.
- Determinar las relaciones entre las estructuras de las asociaciones de diatomeas con las variables fisicoquímicas en ambas temporadas.
- Describir las variaciones espaciales y temporales en la estructura de las asociaciones de diatomeas bentónicas.

6 ÁREA DE ESTUDIO

El Área Natural Protegida laguna de Términos se ubica en la zona costera del estado de Campeche, entre el Río San Pedro y San Pablo al occidente y el área de drenaje del Estero Sabancuy hacia el oriente. Se localiza entre los 18°01'54" y 19°13'30" N y 92°32'33" y 90°59'15" O.

La cuenca de la laguna de Términos (LT) es el segundo sistema lagunar costero más grande de México (Ramos-Miranda *et al.*, 2005). La cuenca atraviesa dos regiones hidrológicas: la Región XI (Chiapas y Tabasco) y la Región XII (Campeche, Yucatán y Quintana Roo). El régimen de marea es semidiurno con amplitud de 0.5-0.7 m. La LT fue declarada Zona de Protección de Flora y Fauna en 1994 (CONANP, 1994), y es considerada un "hábitat crítico" por su importancia ecológica.

La LT comprende diversos ecosistemas circundantes: la plataforma continental marina adyacente, las bocas de conexión de la laguna con el mar, espejos de agua dulce, salobre y estuarino-marina, zonas de pastos marinos, sistemas fluvio-deltaicos, pantanos o humedales costeros, y bosques de manglar circundantes (CONANP, 2012); la interacción entre estos ambientes favorece la heterogeneidad de la laguna, sin embargo, aún con estas diferencias se ha reconocido un patrón de circulación semipermanente que se caracteriza por diferencias en la salinidad, turbidez, además, de los nutrientes que se encuentran condicionados por el clima, los vientos y las corrientes (Yáñez-Arancibia y Day, 1988; Carvalho *et al.*, 2009), de esta manera también se han identificado cinco subsistemas que presentan diferentes condiciones de hábitat (Fig.1).

Grupo I: El litoral interior de Isla del Carmen que presenta una influencia marina persistente, la salinidad y la transparencia son altas.

Grupo II: La cuenca central que se considera una zona de transición con gradiente de agua marina a agua dulce.

Grupo III: Caracterizado por la influencia de las descargas epicontinentales, la salinidad y la transparencia se mantiene en valores bajos.

Grupo IV: Boca del Carmen, que recibe agua dulce de los subsistemas fluviales-lagunares adyacentes y agua marina del Golfo de México.

Grupo V: Boca del Puerto Real, que presenta predominancia de agua marina y mantiene altos niveles de salinidad (Yáñez-Arancibia y Day, 1980; Bach *et al.*, 2005).

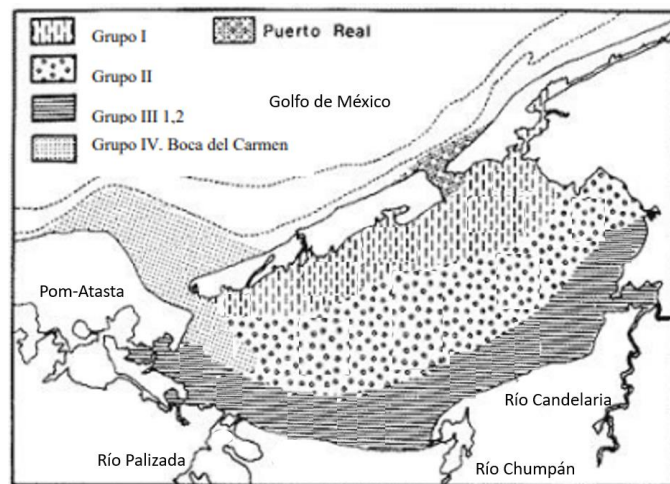


Figura 1. Mapa de subsistemas descritos en la Laguna de Términos por Yáñez-Arancibia y Day (1980, 2004).

La longitud de la LT es de 70 km y la anchura máxima es de 40 km y tiene una profundidad media de 3.5 m (Robadue *et al.*, 2004); se conecta con el Golfo de México

a través de dos Bocas: Puerto Real al noroeste, la cual tiene 3.4 km de ancho, profundidad media de 4.5 m (Contreras-Ruíz *et al.*, 2014) además de tener una fuerte influencia marina (Yáñez-Arancibia y Day, 1988); al noreste, se encuentra la Boca del Carmen que mide 3.2 km de ancho y tiene una profundidad promedio de 3.5 m (Contreras-Ruíz *et al.*, 2014).

La cuenca recibe aportes de los ríos Palizada en el sudoeste; del río Chumpán en el sur y del río Candelaria en el sudeste (Barba, 1995), el aporte pluvial anual de los tres tributarios suma el total de $11.76 \times 10^9 \text{ m}^3$ (Contreras-Espinosa, 2010), los aportes de estas descargas afectan directamente a la laguna y varían de acuerdo a tres temporadas climáticas identificadas: época de secas de marzo a mayo, época de lluvias de junio a septiembre y temporada de nortes de octubre a febrero (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1988; Ayala *et al.*, 2003), a causa de la influencia de estos aportes los valores de salinidad medidos durante un ciclo anual varían de 5 a 32 (Robadue *et al.*, 2004), sin embargo, la salinidad cerca del río Palizada pueden fluctuar entre 0 a más de 30 (Bach *et al.*, 2005).

En la región se reconocen dos sistemas de vientos dominantes, de octubre a febrero los vientos son del Noroeste con velocidad promedio de 8 m/s. Durante la mayor parte del año existe un sistema de brisa marina con vientos, predominantemente del Nornoroeste y Estesudeste, la velocidad promedio de estos vientos varía entre 4 y 6 m/s (Bach *et al.*, 2005).

En la temporada de lluvias se presenta una precipitación mayor a 100 mm/mes, la cual comienza a disminuir durante la temporada de nortes y se registran los valores mínimos durante la época de secas.

Los aportes de sedimento a la LT ocurren a través de las descargas de los ríos; estos sedimentos consisten principalmente en arena, limo y arcilla (Lecuanda y Ramos, 1985) formando zonas de transición de la laguna hacia el mar, esta disposición en los sedimentos se encuentra alterada por las fuentes de sedimentos, la topografía del fondo y la circulación del agua, tendiendo como resultado que hacia el este las aguas que se presentan son transparentes con sedimentos carbonatados y poca materia orgánica, en contraste con el oeste en el que se presentan aguas más turbias con un elevado contenido de materia orgánica y sedimentos terrígenos (Robadue *et al.*, 2004).



Figura 2. Localización de los sitios de muestreo dentro de la LT.

7 MÉTODO

7.1 Trabajo de campo

Los muestreos se realizaron durante dos temporadas climáticas; del 2 al 4 de octubre en la temporada de lluvias 2018 y del 16 al 18 de enero para la temporada de nortes 2019.

Se establecieron 13 estaciones (las mismas estaciones para ambos muestreos) a orilla de la laguna (Fig. 2).

7.1.1 Variables físicas en la columna de agua

En cada una de las estaciones de muestreo se efectuaron mediciones *in situ* de las variables fisicoquímicas: la temperatura fue tomada con un termómetro de mercurio, la salinidad con un refractómetro American Optical, el pH se midió con un potenciómetro (Orión), la profundidad se midió con una sonda Hondex PS-7, la transparencia de la columna de agua se midió con un disco de Secchi, y el oxígeno disuelto se cuantificó mediante el método de Winkler (Strickland y Parsons, 1972).

Para el análisis de nutrientes se tomaron muestras de agua a la mitad de la columna de cada estación con una botella Van Dorn con capacidad de 1.5 l; se filtraron 500 ml con un equipo Milipore a través de filtros Whatmann® GF/F; se recuperó el agua filtrada y se almacenó en botellas etiquetadas a baja temperatura y fueron transportadas al laboratorio.

7.1.2 Muestreo de diatomeas en el sedimento

Para la obtención de las diatomeas se recolectaron tres muestras de sedimento con tubos de plástico para centrifuga de 50 ml cada uno previamente etiquetados, al tener estaciones cerca de la orilla de la laguna, la recolecta se hizo en zonas someras por lo que fue posible descender de la embarcación y realizarlo manualmente. Las muestras se tomaron en lugares que no estuvieran visiblemente perturbados por el movimiento del motor de la lancha y con el tubo de plástico se tomó la capa superficial del sedimento hasta tener un volumen considerable en cada uno, para los tres tubos se realizó el mismo método obteniendo muestras separadas entre cada una de ellas. Posteriormente los tubos se almacenaron en la oscuridad y a baja temperatura para su traslado al laboratorio.

En las estaciones 9 y 11 se utilizó una draga para la obtención de sedimento debido a la profundidad de los sitios, con ayuda del tubo se raspó la parte superficial del sedimento que se obtuvo del lanzamiento de la draga. También se tomaron muestras de sedimentos en bolsas de plástico de aproximadamente 1 kg de sedimento para el análisis de granulometría.

7.2 Trabajo de laboratorio

7.2.1 Nutrientes en la columna de agua

En el laboratorio se filtraron las muestras que no pudieron ser filtradas en campo debido a la cantidad de sedimento que contenían. Una vez filtradas todas las muestras obtenidas de la columna de agua se cuantificaron el amonio (NH_4), los nitratros+nitritos

(NO₃+NO₂), los ortofosfatos (FRS) y el sílice (SiO₂) mediante espectrofotometría, siguiendo las técnicas propuestas por Strickland y Parsons (1972).

7.2.2 Análisis de granulometría

Los métodos utilizados dependieron del tamaño de la muestra original, las partículas del tamaño de arena se analizaron con tamices y para los granos menores, que corresponde a los limos y arcillas se empleó el método de pipeteo.

El análisis por tamizado es un procedimiento en el cual las partículas del tamaño de arenas y gravas de una muestra son separadas en diferentes clases o grados de tamaño por una serie de tamices sobrepuestos. Los limos y arcillas al estar compuestos por partículas finas se analizaron por medio del método de pipeteo en el que se considera fundamentalmente el principio de velocidad de sedimentación de partículas de diferentes tamaños (Pérez-Rojas y Márquez-García, 2017).

7.2.3 Limpieza y montaje de diatomeas bentónicas

Para la limpieza de frústulas, los tubos con sedimento obtenidos en campo fueron puestos en el sonicador durante 30 segundos aproximadamente para separar a las diatomeas del sedimento, se realizaron muestras compuestas para evitar el posible efecto del crecimiento agregado (en “parches”) que presentan algunas especies de diatomeas. El material obtenido de los tres tubos se dejó precipitar y se recuperaron 150 ml de agua en promedio por cada estación. Se dejó sedimentar

nuevamente y después se tomaron 2 ml de cada muestra para posteriormente ser tratadas con alcohol y ácido nítrico para eliminar la materia orgánica dentro y fuera de las frústulas; entonces la muestra se enjuagó repetidas veces con agua destilada hasta obtener un pH mínimo de 6 (Siqueiros-Beltrones y Voltolina, 2000), obteniendo un concentrado de frústulas limpias que se utilizó para realizar el montaje de laminillas, para cada estación se elaboraron tres laminillas permanentes con resina sintética Pleurax de alto índice de refracción

7.3 Análisis cualitativo

7.3.1 identificación

Para elaborar la lista de especies de diatomeas, se inspeccionaron las laminillas montadas mediante un barrido con un microscopio de campo claro y con contraste de fases de la marca Olympus modelo U-CMAD3 con cámara integrada con los objetivos 400x y 1000x. La identificación se realizó con base en la morfología y ornamentaciones que presentan las frústulas; además, se tomaron fotografías de los especímenes para la elaboración de un registro iconográfico.

Los taxones se identificaron hasta el nivel taxonómico más bajo posible tomando como referencia literatura clásica y reciente para el grupo como: Peragallo y Peragallo (1897-1908), Hustedt (1955, 1959, 1961-66), Schmidt *et al.* (1874-1959), : Krammer & Lange-Bertalot (1991), Moreno *et al.* (1996), Tomas (1997), Witkowski *et al.* (2000), Siqueiros-Beltrones (2002), Siqueiros-Beltrones *et al.* (2004) Novelo *et al.* (2012), López-Fuerte *et al.* (2010), López- Fuerte *et al.* (2012) y Stidolph *et al.* (2012).

Se consultaron los catálogos electrónicos Diatoms of the United States (<http://westerndiatoms.colorado.edu/>), World Register of Marine Species (<http://www.marinespecies.org/index.php>). Los nombres se actualizaron con base en los registros de AlgaeBase (<http://algaebase.org/search/species/>).

7.4 Análisis cuantitativo

7.4.1 Tamaño de muestra y estructura de las asociaciones de diatomeas bentónicas

Para realizar los cálculos de los índices ecológicos se estableció el tamaño de muestra por medio de conteos de valvas por estación. Para ello, se tomaron en cuenta la primera y tercera de las laminillas hechas, los conteos se realizaron a través de transectos y se contaron 500 valvas en cada una de las laminillas hasta tener un total de 1000 valvas por cada estación; el número de valvas se estableció de acuerdo con lo propuesto por Siqueiros-Beltrones (2002) para ambientes productivos. Se calcularon las abundancias relativas y las especies fueron clasificadas de la siguiente manera: especies que presenten abundancias mayores a 200 o más valvas se les asignó la categoría de muy abundante, abundancias de $200 > x \geq 100$ se asignó como abundantes, especies comunes $100 > x \geq 15$ valvas y especies raras especies con abundancias de $15 > x \geq 1$ valvas.

7.4.2 Índices ecológicos

Se llevó a cabo el análisis de las estructuras con base en la abundancia relativa de cada taxón (i/N); se calcularon índices ecológicos que permiten estimar parámetros

comunitarios: para medir la diversidad se utilizó el Índice de Shannon ($H' \log_2$) en el que se expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra, mide el grado de promedio de la incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo elegido al azar en una colección (Magurran, 1988).

La dominancia se calculó mediante el índice de dominancia de Simpson (λ) que manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie, este índice se encuentra influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988). Se midió la equidad con el índice de Pielou (J') que mide la proporción de la diversidad que se observa con relación a la diversidad máxima esperada, su valor va de 0 a 1, correspondiendo 1 a situaciones en donde todas las especies serían igual de abundantes y 0 la ausencia de uniformidad entre las especies (Magurran, 1988).

Para medir la similitud entre las asociaciones presentes en cada estación se utilizó el índice de similitud de Bray-Curtis en el que se consideran tanto la presencia y ausencia, como las abundancias de cada especie presente. Los cálculos de los índices ecológicos se realizaron con el programa PAST 4.06.

Adicionalmente, se calculó el índice de valor biológico de Sanders (IVB), el cual estima la importancia de las especies en la comunidad ponderando la abundancia de las especies y la frecuencia con la que ocurren para cada estación o fecha de muestreo, las especies se jerarquizan por abundancia en cada muestra otorgando un máximo de puntos a la especie más abundante y el siguiente puntaje a la segunda

más abundante y así sucesivamente. La suma de puntos para todas las muestras o estaciones proporciona el valor final del IVB. Este índice tiene como ventaja la combinación de los datos de abundancia y la frecuencia de aparición de cada una de las especies (Loya-Salinas y Escofer, 1990)

7.5 Pruebas estadísticas

Se comprobaron los supuestos de normalidad en los datos de variables físicas y químicas obtenidos en cada estación para determinar diferencias entre temporadas y espaciales. De acuerdo con los resultados se realizó una prueba de ANOVA o una prueba de Kruskal-Wallis con un nivel de significancia de $p=0.05$, y se realizaron diagramas de violín para observar las diferencias, así como la distribución de los datos, también se realizó una prueba de Comparaciones múltiples de Dunn para identificar diferencias entre zonas. Debido a que el conjunto de datos presenta valores extremos se decidió usar los valores de las medianas ya que presentan resistencia a casos extraordinarios.

Para la caracterización espacial, las estaciones fueron agrupadas tomando en cuenta a la zonación propuesta por Yáñez-Arancibia y Day (1980, 2004), sin embargo, debido a que no se muestrearon estaciones fuera de las bocas se ajustaron las zonas; de esta manera, sólo se utilizaron tres grupos formados de la siguiente manera:

Grupo/Zona I: Estaciones 2, 3, 6, 9

Grupo/Zona II: 1, 4, 5, 7, 8

Grupo/Zona III: 10, 11, 12, 13

Se realizaron Análisis de Componentes Principales (ACP) para identificar las variables que caracterizan cada temporada y las zonas, y se tomaron en cuenta todas las variables; además, éstas fueron transformadas a Log (x+1). El análisis se hizo en el paquete estadístico Past 4.06 (Hammer *et al.*, 2001). Se utilizó un análisis de Escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) para visualizar la agrupación por similitud entre temporadas y zonas.

Se realizó una prueba ANOSIM para identificar diferencias temporales y espaciales con base en la composición de las comunidades y se utilizó un Análisis de Correspondencia Canónica (ACC) para identificar las variables que pueden explicar las estructuras de las asociaciones de diatomeas, además, se realizó una prueba SIMPER para conocer las especies que daban las diferencias.

8 RESULTADOS

8.1 Variación temporal

8.1.1 Variables fisicoquímicas

En la Tabla 1 se presenta el resumen de las mediciones de los parámetros fisicoquímicos obtenidas durante los muestreos de lluvias 2018 y nortes 2019. En ambas épocas la profundidad máxima fue de 4.1 m en la estación 9 que se encuentra cerca de la entrada de Puerto Real; mientras que en la temporada de lluvias la menor profundidad fue de 0.5 m en la estación 1, por su parte en la temporada de nortes la menor profundidad fue de 0.20 m y se localizó en la estación 5; esta variable no presentó diferencias significativas (Fig. 3-A) entre ambas temporadas (K-W, $p < 0.05$).

El valor máximo de transparencia se obtuvo durante la temporada de lluvias con un valor de 1.2 m en la estación 12 que se conoce como Punta Piedra, la menor transparencia fue de 0.15 m y se obtuvo durante la misma temporada en la estación 4 que se localiza entre el río Palizada y el río Chumpán. El valor máximo registrado durante la temporada de nortes fue de 1.15 m en la estación 9 que se encuentra entre Isla del Carmen y la boca de Puerto Real mientras la transparencia mínima fue 0.20 m este valor se registró en las estaciones 1, 4, 5 y 8 que se localizan en la zona suroeste de la laguna; no se presentaron diferencias significativas (Fig. 3-B) entre las transparencias de ambas temporadas (K-W, $p < 0.05$).

El valor máximo de temperatura en ambas épocas se registró en la temporada de lluvias 35° C (Tabla 1) en la estación 1 ubicada en la boca del sistema Pom-Atasta,

la temperatura mínima fue de 29°C presente en la estación 3; en contraste con las temperaturas registradas durante la temporada de nortes, la mayor temperatura fue de 28°C en la estación 11 que se ubica cerca del Estero Xibujá y la temperatura mínima de 25°C se presentó en las estaciones 2, 3 y 9 ubicadas cerca de las bocas del Carmen y Puerto Real, se detectaron diferencias significativas (K-W, $p < 0.05$). en la temperatura entre ambas temporadas (Fig. 3-C).

La salinidad entre las dos temporadas varió entre 26 y 24 en la temporada de lluvias y nortes, respectivamente. La máxima salinidad fue de 39 y se registró en la estación 9 que se ubica en Isla del Carmen y la entrada de Puerto Real, mientras que la máxima salinidad durante la temporada de lluvias fue de 30 registrándose en seis estaciones (3, 4, 5, 6,9 y 13). El valor más bajo de salinidad se encontró durante la temporada de nortes con un valor 5 en la estación 1 que se encuentra en la desembocadura del río Palizada, mientras que la menor salinidad durante lluvias se registró en la estación 12 conocida como Punta Piedra. La salinidad no presentó diferencias significativas (Fig. 3-D) entre temporadas (K-W, $p < 0.05$).

Tabla 1. Resumen de los parámetros fisicoquímicos medidos durante las dos temporadas muestreadas en LT

Variables	Lluvias 2018				Nortes 2019			
	Máx.	Mín.	Mediana	D.E	Máx.	Mín.	Mediana	D.E
Profundidad (m)	4.10	0.50	1.30	1.03	4.10	0.20	0.70	1.34
Secchi (m)	1.20	0.15	0.75	0.32	1.15	0.20	0.50	0.28
Temperatura (°C)	35.00	29.00	31.00	1.44	28.00	25.00	27.00	0.96
Salinidad	30.00	14.00	26.00	5.55	39.00	5.00	24.00	8.96
pH	8.00	7.17	7.83	0.21	8.12	7.12	7.83	0.30
Clor a T (mg/m ³)	15.90	1.34	3.19	3.71	9.57	0.73	2.92	2.59
O ₂ (%)	150.25	68.44	95.25	21.57	91.90	8.13	53.38	24.39
FRS (µM)	3.50	1.50	2.07	0.54	8.38	2.84	3.48	1.78
NH ₄ ⁺ (µM)	13.56	3.93	7.05	3.14	28.58	1.08	5.16	8.57
NO ₃ ⁻ (µM)	1.83	0.12	1.09	0.52	32.54	0.02	26.65	9.14
SiO ₂ (µM)	9.25	2.37	5.29	1.88	18.13	1.90	9.75	5.47
NO ₂ ⁻ (µM)	1.25	0.60	0.77	0.17	0.94	0.14	0.49	0.21

En ambas temporadas se obtuvo una mediana de pH de 7.83, el valor más bajo se obtuvo durante la temporada de nortes en la estación 13 que se ubica en Isla Aguada con 7.12 y el máximo fue de 8.12 en la estación 1 ubicada en la desembocadura del río Palizada; en la temporada de lluvias se obtuvo un valor máximo de pH de 8 en las estaciones 1 y 12 que se encuentran cerca del sistema Pom-Atasta y en Punta piedra respectivamente y el valor mínimo en esta temporada fue de 7.17 se registró en la estación 7 que se encuentra cerca del río Chumpán; no se presentaron diferencias significativas entre el pH de ambas temporadas (K-W, $p < 0.05$).

Los valores de oxígeno disuelto presentaron diferencias significativas (Fig. 3-E) entre las dos temporadas (K-W, $p < 0.05$); los valores más altos se presentaron durante la época de lluvia en las estaciones 1, 3, 4, 9 y 13 con valores de 150.25%, 110.07%, 117.13%, 111.23% y 121.58% (± 21.27), respectivamente, en contraste con el valor de saturación más bajo que se registró durante la temporada de nortes en la estación 3 con 8.13% de saturación (Tabla 1); el valor máximo en esta temporada fue de 91.90 obtenido en la estación 11 en el Estero de Xibujá.

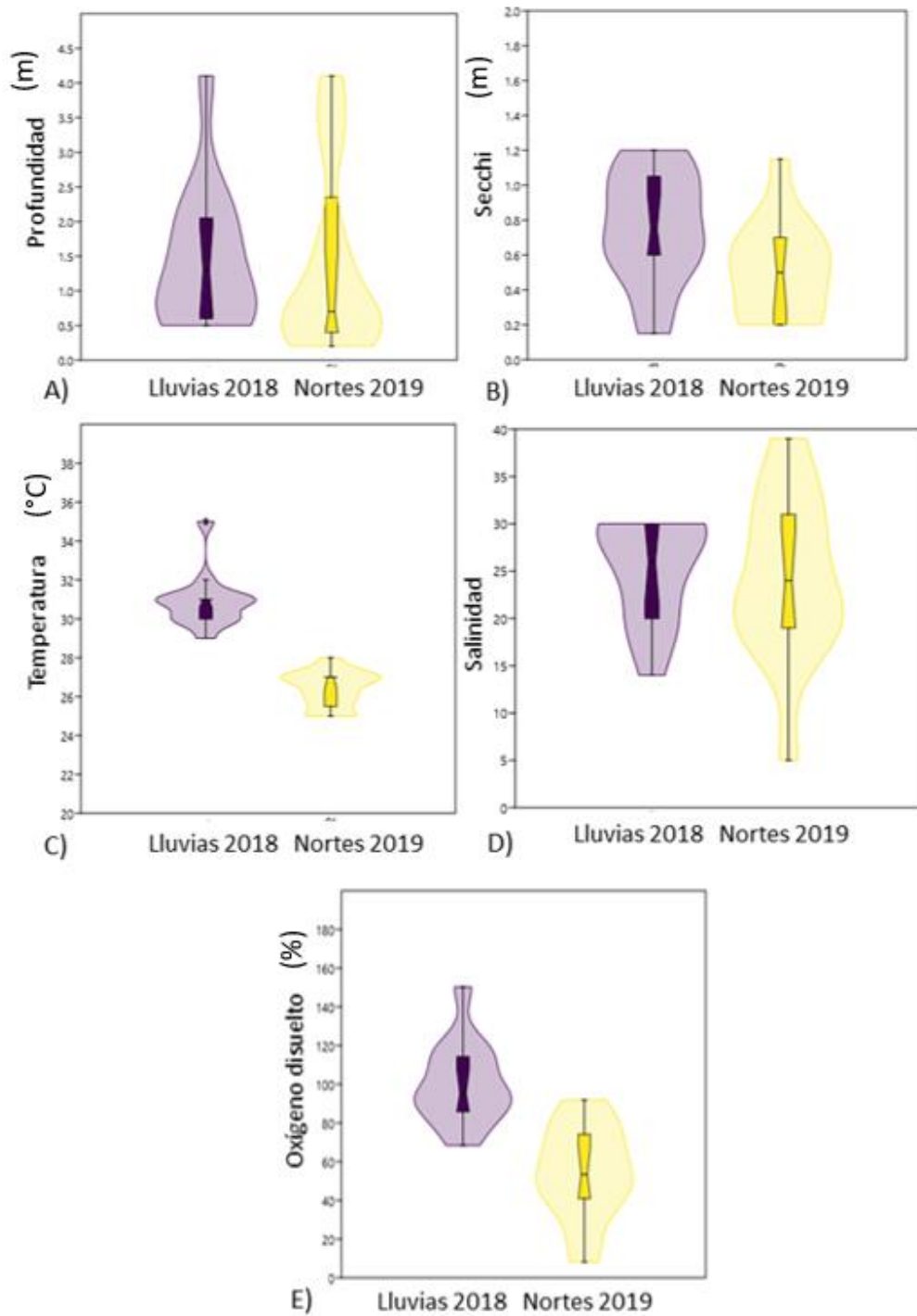


Figura 3. Distribución de los datos de las variables fisicoquímicas y su densidad en la laguna de Términos, fuera de los bigotes se observan los valores atípicos, los diagramas de temperatura (C) y oxígeno disuelto (E) presentaron diferencias significativas $p < 0.05$ entre temporadas.

De los nutrientes cuantificados en columna de agua se obtuvieron los valores de las medianas de amonio entre $7.05 \mu\text{M}$ (± 3.14) a $5.16 \mu\text{M}$ (± 8.57) en lluvias y nortes, respectivamente, en temporada de lluvias, el valor mínimo se registró en la estación 3 ($3.93 \mu\text{M}$), y el máximo se presentó en la estación 1 ($13.56 \mu\text{M}$). Para la temporada de nortes los valores de amonio se encontraron entre $1.09 \mu\text{M}$ a $28.59 \mu\text{M}$ en las estaciones 12 y 6, el amonio no presentó diferencias significativas (Fig. 4-A) entre temporadas (K-W, $p < 0.05$).

Existieron diferencias significativas entre las medianas de los valores de sílice (Fig. 4-B) de las dos temporadas (K-W, $p < 0.05$). Las medianas del sílice fueron de $5.29 \mu\text{M}$ y $9.75 \mu\text{M}$ (± 1.88 , 5.47) para lluvias y nortes respectivamente. Las concentraciones más bajas fueron en la temporada de lluvias en la estación 7 que se ubica cerca del río Chumpán ($2.37 \mu\text{M}$) y en la estación 6 que se encuentra en Isla del Carmen ($1.90 \mu\text{M}$) en la temporada de nortes, la mayor concentración de sílice fue durante la temporada de nortes en la estación 8 ($18.14 \mu\text{M}$; Fig. 2).

El valor más alto de FRS se registró durante la temporada de nortes con un valor de $8.38 \mu\text{M}$ en la estación 3, mientras que en temporada de lluvias se registró el máximo de $3.50 \mu\text{M}$ en la estación 4; los valores mínimos fueron de $2.84 \mu\text{M}$ y $1.4 \mu\text{M}$ en temporada de nortes y lluvias, respectivamente. Se detectaron diferencias significativas (Fig. 4-C) de FRS entre temporadas (K-W, $p < 0.05$).

Los valores de los nitratos para la temporada de lluvias fluctuaron entre los $0.12 \mu\text{M}$ a $1.83 \mu\text{M}$, el valor mínimo se presentó en la estación 8 y el máximo en la estación 1, el valor de la mediana de los nitratos en esta temporada fue de $1.09 \mu\text{M}$ (± 0.54),

para la temporada de nortes el valor mínimo se registró en la estación 5 ($0.02 \mu\text{M}$), en contraste con el valor máximo ($32.54 \mu\text{M}$) que fue registrado en la estación 1, por su parte la mediana fue de $26.65 \mu\text{M}$ (± 9.14) en ambas temporadas en la estación 1, que fue la que presentó la mayor concentración de nitratos, existiendo diferencias significativas (Fig. 4-D) entre temporadas (K-W, $p < 0.05$).

Los nitritos para la temporada de lluvias fluctuaron entre los $0.12 \mu\text{M}$ a $1.83 \mu\text{M}$, el valor mínimo se presentó en la estación 8 y el máximo en la estación 1. Para la temporada de nortes el valor mínimo se registró en la estación 5 ($0.02 \mu\text{M}$), en contraste con el valor máximo ($32.54 \mu\text{M}$) que fue registrado en la estación 1. La mediana de los nitritos en la temporada de lluvias fue de $0.77 \mu\text{M}$ (± 0.17) y la mediana en temporada de nortes fue de $0.49 \mu\text{M}$ (± 0.21), existen diferencias significativas (Fig. 4-E) entre las concentraciones de nitritos en las dos temporadas (K-W, $p < 0.05$).

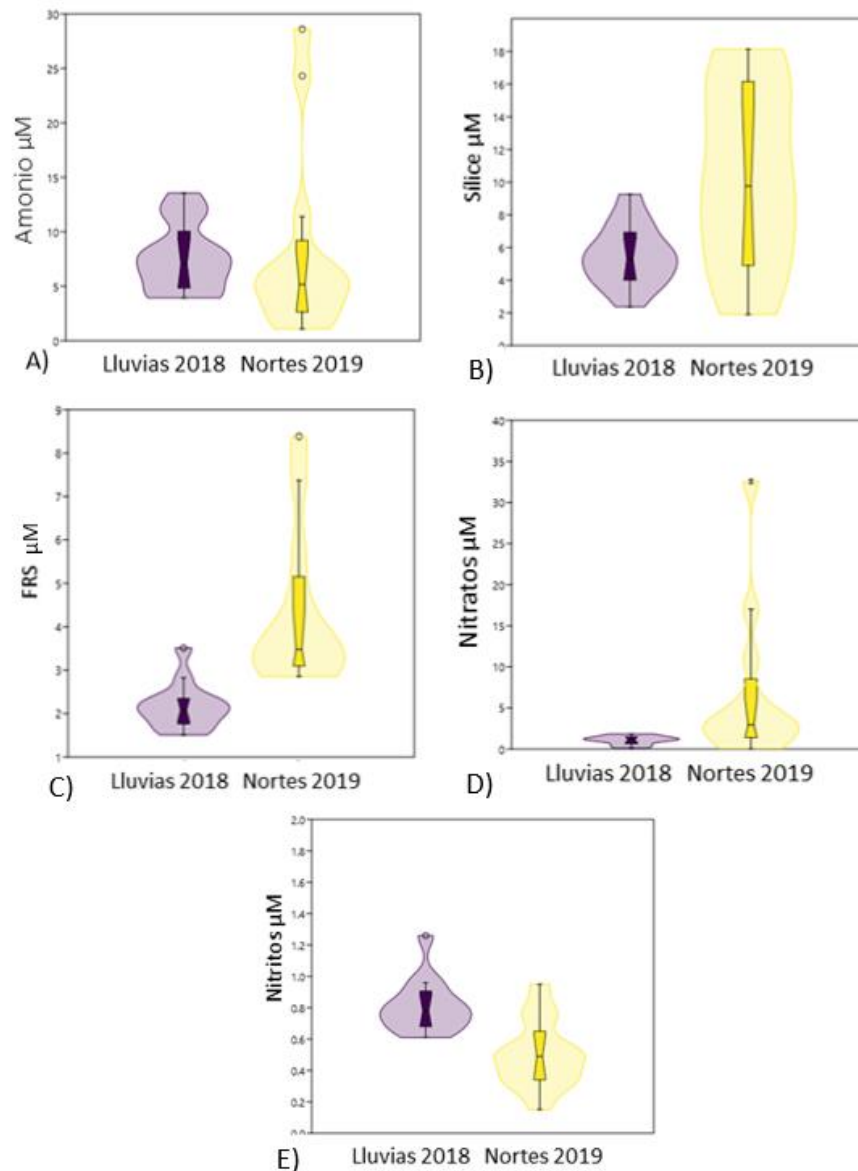


Figura 4. Distribución de los datos de nutrientes y su densidad, fuera de los bigotes se observan los valores atípicos, el sílice (B), el FRS (C), los nitratos (D) y nitritos (E) presentaron diferencias significativas $p < 0.05$ entre temporadas

Los resultados de los análisis de ANOVA y Kruskal-Wallis determinaron que existen diferencias significativas entre temporadas con respecto a temperatura, oxígeno disuelto (%), FRS, sílice, nitratos y nitritos.

8.1.2 Granulometría

Los datos que se obtuvieron con los análisis de granulometría fueron tipo de sedimento y porcentaje presente de limo, arena y arcilla de cada estación (Tabla 2).

De acuerdo con lo anterior, existen diferencias en el tipo y composición de sedimentos entre ambas temporadas, los cambios de composición de limo a arena se observaron en las estaciones 1, 7 y 13; las dos primeras se encuentran ubicadas en la desembocadura del río Palizada y del río Chumpán. Por otro lado, la estación 13 se encuentra cerca de la boca de Puerto Real. Asimismo, las estaciones 4, 5, 8 y 12 tuvieron un cambio en los porcentajes de su composición, mientras que en temporada de lluvias el mayor porcentaje era arcilla en nortes cambió a limo y en la estación 8 cambió a arena, los cambios en composición coinciden con las descargas de los ríos en la laguna.

Por otro lado, la estación 10 en la temporada de lluvias presentó dos tipos de sedimento, arena arcillosa y arena fina, sin embargo, durante la temporada de nortes, su textura cambió a arena gruesa; la estación 12 presentó la misma textura en ambas temporadas, pero en temporada de nortes se observó que también se presentaba sedimento limoso.

Tabla 2. Resumen de análisis de granulometría en sedimentos de la Laguna de Términos.

Estación	Lluvias 2018			Nortes 2019				
	Nomenclatura	%Arena	%Limo	%Arcilla	Nomenclatura	%Arena	%Limo	%Arcilla
1	Limo Arenoso	33.97	59.18	6.84	Arena Limosa	69.86	26.90	3.23
2	Arena limosa	48.54	42.05	9.39	Arena gruesa	100.00	0	0
3	Arena Gruesa	100.00	0	0.0	Arena Gruesa	100.00	0	0
4	Arcilla limosa	0.63	30.39	68.96	Limo arcilloso	8.55	72.76	18.68
5	Arcilla limosa	9.55	24.33	66.10	Limo arcilloso	10.28	53.32	36.39
6	Arena limosa	58.67	28.51	12.81	Arena gruesa	100.00	0	0
7	Limo arcilloso	1.82	73.58	24.58	Arena Limosa	51.51	42.67	5.80
8	Arcilla limosa	8.12	34.60	57.27	Arena Limosa	68.56	20.78	10.65
9	Arena Gruesa	100.00	0	0	Arena gruesa	100.00	0	0
10	Arena arcillosa/arena fina	94.36	1.77	4.45	Arena gruesa	100.00	0	0
11	Arena limosa	40.25	41.35	18.38	Arena Limosa	93.53	3.90	2.55
12	Arcilla limosa	27.01	30.34	42.63	Limo arcilloso/Arena limosa	24.98	61.64	13.38
13	Limo arcilloso	0.59	96.57	2.82	Arena gruesa	100.00	0	0

De acuerdo con los resultados obtenidos en el ACP, las variables que explican la diferencia temporal se encuentran en el componente principal 1 (CP1) y el componente 2 (CP2), la suma de ambos componentes tiene una varianza acumulada de 77.32%. El CP1 se conforma con el porcentaje de limo y arcilla, mientras que en el CP2 las principales variables que explican la distribución de las temporadas son el porcentaje de arena, los nitratos y el sílice.

En la figura 5 se puede observar que las estaciones de la temporada de lluvias se ven mayormente influenciadas por el porcentaje de arcilla presente, una mayor salinidad y temperatura, así como elevados valores de O2%. Además, la temporada se relaciona con concentraciones menores de nutrientes, mientras que la temporada de nortes está más relacionadas a los nitratos, y a mayores concentraciones de sílice, así como temperatura y salinidades más bajas. A pesar de que se observa una separación entre la mayoría de las estaciones de ambas temporadas, se aprecia solapamiento de las estaciones 4 y 5 de la temporada de lluvias, éstas estaciones se

encuentran en la zona de desembocadura de ríos. Por otro lado, la estación 6 de la misma temporada se encuentra relacionada con las condiciones de la temporada de nortes; esta se encuentra frente a Isla del Carmen.

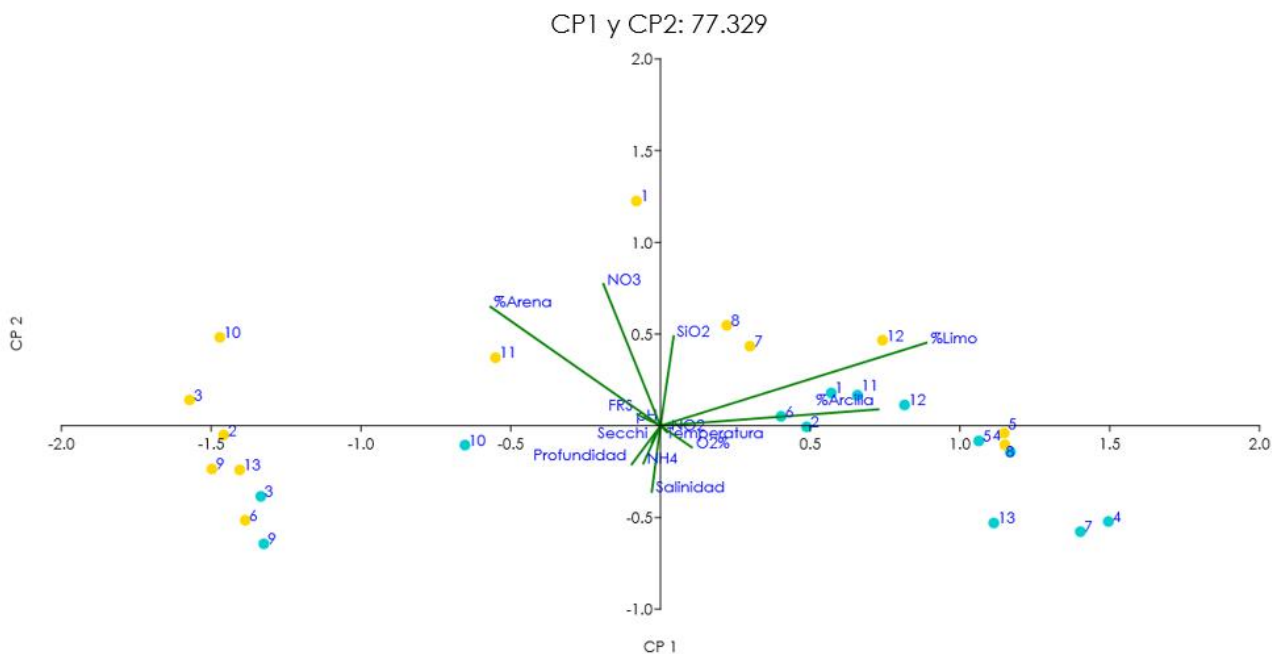


Figura 5. Análisis de Componentes Principales (ACP), de acuerdo con las variables fisicoquímicas en ambas temporadas; los puntos azules son las estaciones de la temporada de lluvias y los puntos amarillos las estaciones en temporada de nortes.

8.2 Variación espacial

8.2.1 Temporada de Lluvias 2018

Las estaciones se agruparon en tres zonas de la siguiente manera:

Zona I: estaciones 2, 3, 6 y 9.

Zona II: 1, 4, 5, 7 y 8.

Zona III: 10, 11, 12 y 13

En la Tabla 3, se observan los valores de las variables fisicoquímicas en las tres zonas, aquellas que presentaron diferencias significativas (K-W, $p < 0.05$) fueron profundidad, transparencia, nitratos y sílice.

Tabla 3. Resumen de valores de las variables fisicoquímicas de las estaciones agrupadas en zonas durante la temporada de Lluvias (en gris las zonas que presentaron diferencias significativas)

Variables	Zona I				Zona II				Zona III			
	Min.	Máx.	D.E	Mediana	Min.	Máx.	D.E	Mediana	Min.	Máx.	D.E	Mediana
Profundidad (m)	0.60	4.10	1.46	2.10	0.50	0.80	0.11	0.60	1.30	2.20	0.45	1.60
Secchi (m)	0.60	1.15	0.21	0.83	0.15	0.60	0.21	0.60	0.90	1.20	0.13	1.05
Temperatura (°C)	29.00	32.00	2.07	31.00	30.00	35.00	2.07	31.00	30.00	31.00	0.58	30.50
Salinidad	18.00	30.00	4.15	30.00	20.00	30.00	4.15	26.00	14.00	30.00	6.85	22.50
pH	7.71	7.84	0.33	7.77	7.17	8.00	0.33	7.83	7.80	8.00	0.08	7.89
O ₂ (%)	92.22	111.23	30.03	103.78	77.32	150.25	30.03	92.53	68.44	121.58	21.91	92.13
FRS (µM)	2.04	2.82	0.70	2.12	1.56	3.51	0.70	2.30	1.51	1.98	0.20	1.77
NH ₄ ⁺ (µM)	3.93	7.05	4.36	6.32	4.00	13.56	4.36	8.40	5.66	11.87	2.55	8.24
NO ₃ ⁻ (µM)	0.12	1.06	0.51	0.58	0.49	1.83	0.51	1.16	1.22	1.79	0.25	1.36
SiO ₂ (µM)	3.59	4.48	2.62	4.01	2.37	9.26	2.62	5.29	5.58	7.48	0.82	6.18
NO ₂ ⁻ (µM)	0.65	0.78	0.18	0.71	0.80	1.26	0.18	0.96	0.61	0.83	0.09	0.72
% Arena	48.54	100.00	13.51	79.34	0.63	33.97	13.51	8.12	0.59	94.36	39.48	33.63
%Limo	0.00	42.05	21.01	14.26	24.33	73.58	21.01	34.60	1.77	96.57	39.71	35.85
%Arcilla	0.00	12.81	27.58	4.70	6.84	68.96	27.58	57.27	2.82	42.63	18.42	11.42

Las diferencias entre la profundidad de las zonas se presentaron en la Zona II en la cual se presentaron valores mínimos de 0.50 m y máximos de 0.80 m, (mediana de 0.60 m \pm 0.11). Mientras que en las zonas I y II presentan medianas de 2.20 m y 1.60 m respectivamente. Por otro lado, la transparencia también presentó diferencias significativas (K-W, $p < 0.05$) entre las Zona II y III; en la Zona II se encuentran las bocas de descarga de los ríos por lo cual la transparencia se ve afectada por la entrada de sedimento y partículas suspendidas teniendo una mediana de 0.60 m (\pm 0.21). En cambio, la Zona III presenta mayor influencia de agua marina, por lo que en esta zona

la mediana fue de 1.05 (± 0.13), siendo el valor máximo de transparencia de 2.20 m (Fig. 6-A,B).

Las diferencias entre nitratos y sílice (Fig. 6 C-D) se presentaron en la Zona I y III, mientras que la zona II se mantuvo una distribución constante en las concentraciones y un mayor intervalo. Además, en la composición del sedimento se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de arena presente de las Zona I y II, mientras que la primera presenta un mayor porcentaje de arena, la Zona II se caracterizó principalmente por presentar un mayor porcentaje de limos en las estaciones (Fig. 6 E).

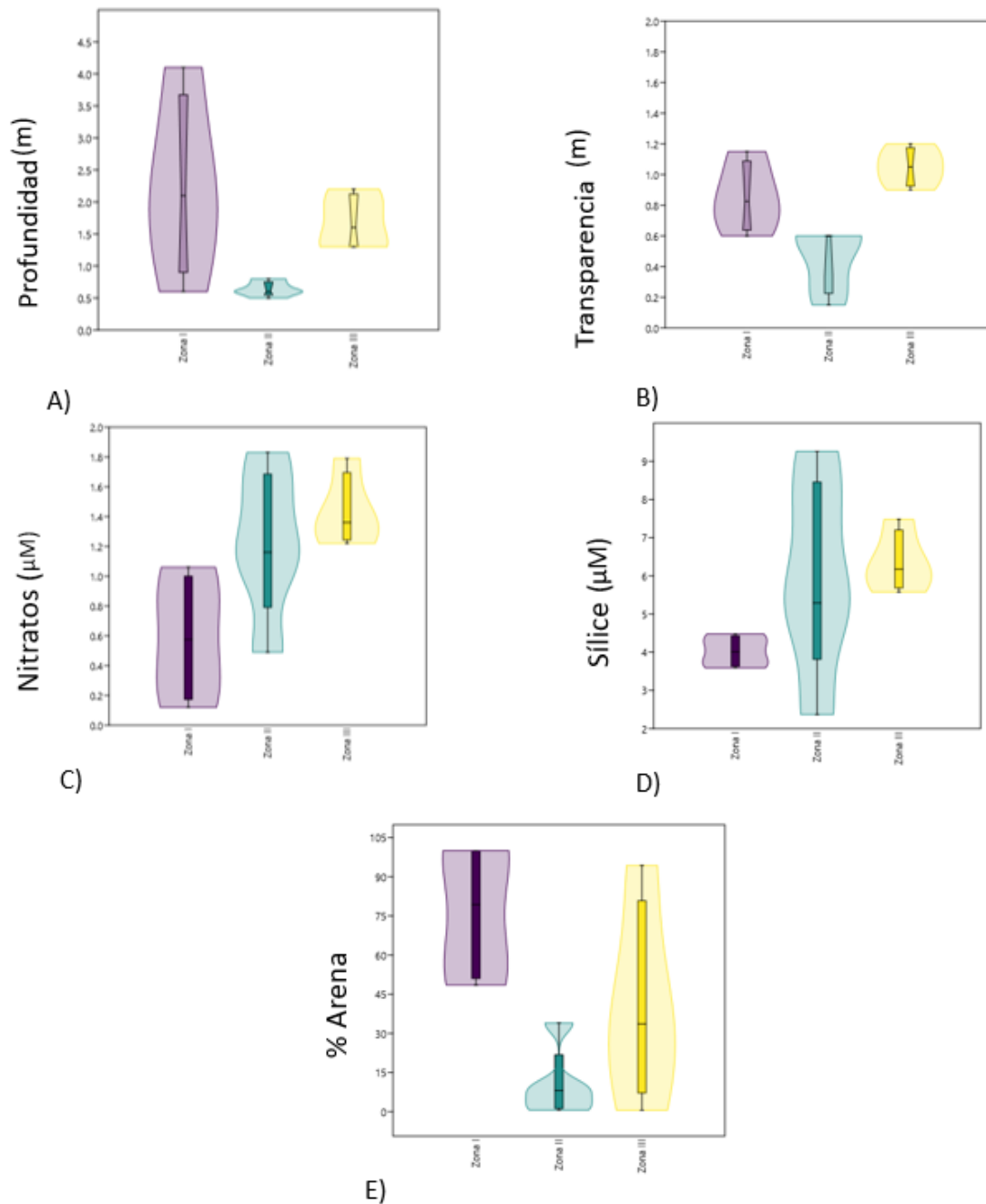


Figura 6, Diferencias en profundidad (A), transparencia (B), nitratos (C), Sílice (D) y el % de Arena en el sedimento que fueron significativas $p < (0.05)$ entre zonas.

De acuerdo con los resultados del ACP, el tipo de sedimento, el sílice, los nitratos y la profundidad son las variables que presentan mayor importancia en la

ordenación de las estaciones. Entre los dos primeros ejes se explica una varianza acumulada de 83.43%; en la figura 7 se puede observar el solapamiento de estaciones formando tres grupos, uno de ellos se encuentra conformado por las estaciones 6, 8 y 10; en el siguiente grupo se concentran la mayoría de las estaciones en este se relacionan principalmente con el porcentaje de sedimento, así como bajas salinidades. Por último, en el tercer grupo se encuentran las estaciones 5, 9 y 13 que se relacionan con menores concentraciones de nutrientes y mayores salinidades. Durante esta temporada se observa que la formación de grupos propuesta anteriormente no corresponde a la forma en la que las estaciones se agrupan.

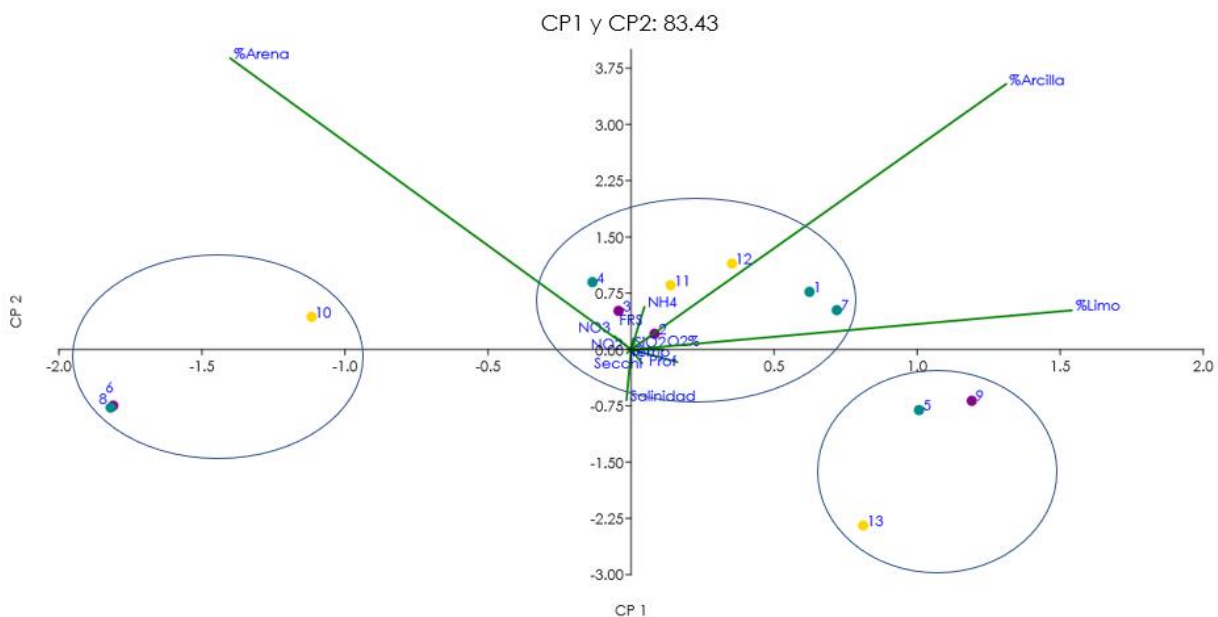


Figura 7. Agrupamiento de estaciones según el Análisis de Componentes Principales (ACP) durante lluvias 2018, los puntos morados son las estaciones de la Zona I, los puntos azules representan las estaciones de la Zona II y los puntos amarillos son las estaciones de la Zona III.

8.2.2. Temporada de nortes 2019

En la temporada de nortes (Tabla 4) las variables que presentaron diferencias significativas (K-W, $p < 0.05$) entre zonas fueron la transparencia (Fig.9-A), en la cual la zona II es diferente de la zona I y de la zona III, debido a que es la más somera del muestreo con una mediana de 0.40 m (± 0.56) de profundidad, así como un valor máximo de 1.60 m; mientras que en la zona I la máxima transparencia fue de 4.10 m y 3.60 m en la zona III.

Tabla 4. Valores de las variables fisicoquímicas de las estaciones agrupadas en zonas durante la temporada de nortes 2019 (en gris las zonas que presentaron diferencias significativas)

Variables	Zona I				Zona II				Zona III			
	Mín.	Máx.	D.E	Mediana	Mín.	Máx.	D.E	Mediana	Mín.	Máx.	D.E	Mediana
Profundidad (m)	0.70	4.10	1.72	1.90	0.20	1.60	0.56	0.40	0.40	3.60	1.44	1.15
Secchi (m)	0.50	1.15	0.29	0.65	0.20	0.45	0.11	0.20	0.40	0.80	0.17	0.65
Temperatura (°C)	25.00	27.00	1.00	25.00	26.00	27.00	0.55	27.00	26.00	28.00	0.82	27.00
Salinidad	20.00	39.00	7.85	31.00	5.00	24.00	7.82	20.00	17.00	35.00	8.26	24.50
pH	7.30	7.87	0.26	7.78	7.86	8.12	0.11	7.98	7.12	7.72	0.25	7.42
O ₂ (%)	8.13	55.43	20.67	43.59	18.89	83.85	26.17	53.39	49.38	91.91	17.40	71.24
FRS (µM)	3.48	8.38	2.51	5.54	2.85	3.98	0.49	2.97	3.22	5.71	1.21	3.91
NH ₄ ⁺ (µM)	7.01	28.59	10.26	17.86	3.05	6.70	1.33	5.17	1.09	4.82	1.65	1.95
NO ₃ ⁻ (µM)	0.56	10.95	4.31	5.24	0.02	32.54	14.01	2.55	2.24	17.03	7.12	3.10
SiO ₂ (µM)	1.90	8.07	2.59	4.73	9.75	18.14	4.22	10.13	4.37	16.55	5.61	14.71
NO ₂ ⁻ (µM)	0.30	0.77	0.21	0.44	0.15	0.95	0.33	0.36	0.46	0.55	0.04	0.50
% Arena	100	100	0	100	8.55	69.86	30.40	51.51	24.98	100	36.56	96.77
%Limo	0	0	0	0	20.78	72.76	20.89	42.67	0	61.64	30.23	1.95
%Arcilla	0	0	0	0	3.23	36.39	13.35	10.65	0	13.38	6.38	1.28

Adicionalmente, el pH presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las zona II y zona III (Fig. 8-B), presentando los mayores valores en la zona II, por otro lado, el amonio presentó diferencias significativas entre la zona I y la zona III (Fig. 8-C), el pH es más constante en la zona I y se observa que las menores concentraciones de amonio se localizan en la zona III (1.95 µM); el sílice presentó diferencias

significativas entre las zona I y la II, siendo esta última la que presenta mayores concentraciones.

La composición del sedimento también presentó diferencias significativas entre la zona I y la III, ya que la primera se caracteriza principalmente por tener arena como primer componente y en la III se caracterizó por presentar limo y arcilla, la zona II se mantiene como una zona de transición (Fig. 8 E).

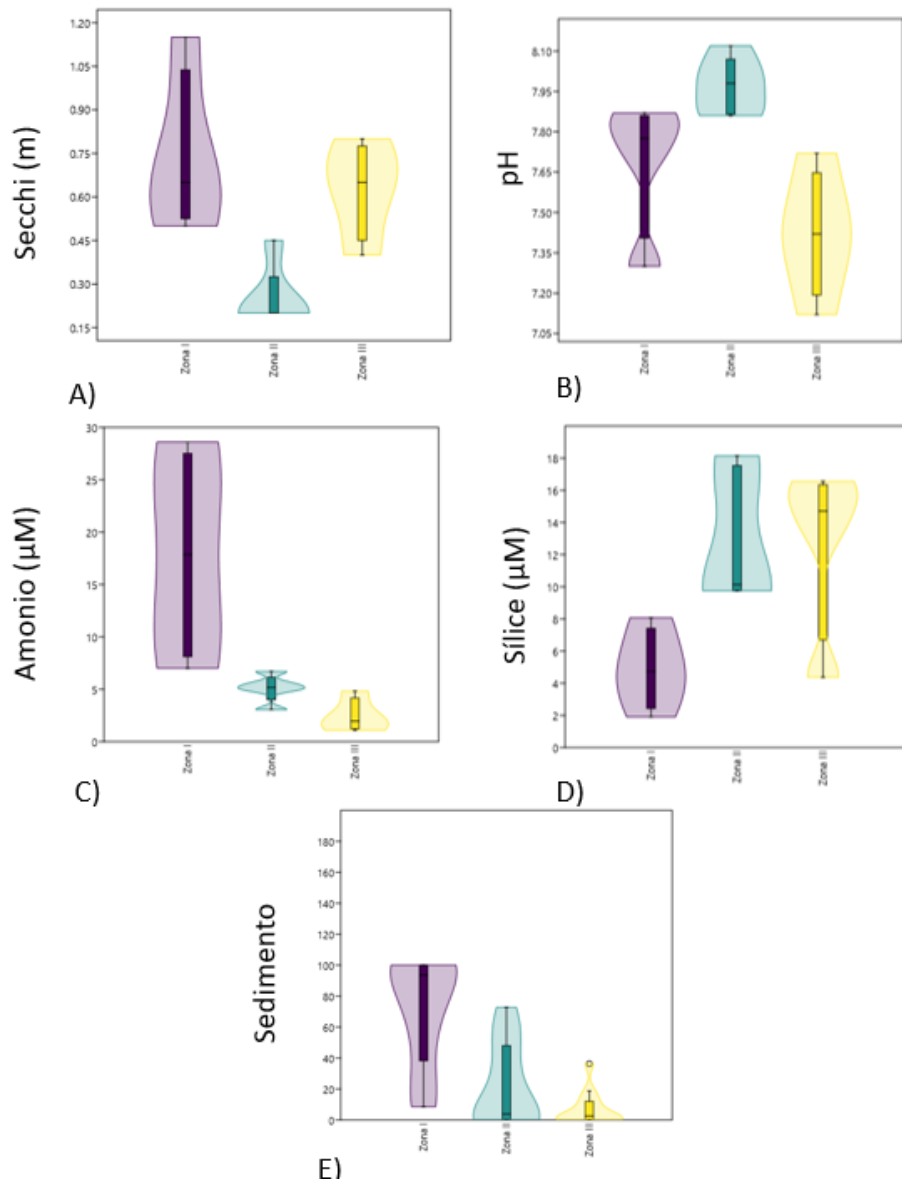


Figura 8. Variables que presentaron diferencias significativas $p < (0.05)$ entre zonas en nortes 2019: Transparencia (A), pH (B), amonio (C), sílice (D) y la composición del sedimento (E)

Los dos primeros componentes del ACP suman una varianza acumulada de 78.5 %; en el CP1 se encuentra el % de limo y de arcilla; el CP2 está compuesto por los nitratos, el % de arena, la salinidad y el amonio.

En la figura 9 se observa la ordenación de las estaciones, formándose un grupo en el cual se encuentran las estaciones 3, 4, 6, 8, 10 y 13 que se ubican entre las tres zonas, las variables que mayor aportan a la ordenación fue el % de arena, el amonio y bajas profundidades.

Se formó un segundo grupo con las estaciones 2, 5, 7, 9 y 12 en el cual las bajas concentraciones de nutrientes son una característica, así como una mayor presencia de limo y arcilla en el sedimento. Las estaciones que se encuentran en este grupo no pertenecen solo a una zona sino a las tres. Al igual que en la temporada de lluvias la agrupación que se propuso no correspondió con la zonación que se presenta durante esta temporada. La estación 11 ubicada en el Estero de Xibujá presenta características intermedias entre ambos grupos, sin pertenecer a ninguno, al igual que la estación 1 que presentó características particulares por lo cual no se agrupó.

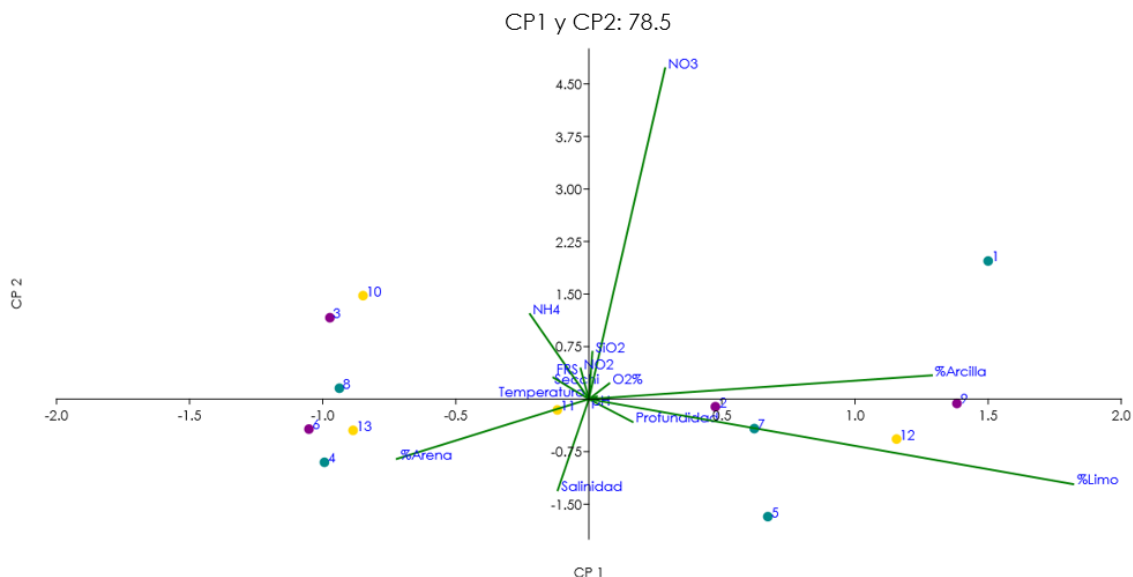


Figura 9. Análisis de Componentes Principales (ACP) que muestran agrupamiento en zonas durante nortes 2019; los puntos morados son las estaciones de la Zona I, los puntos azules representan las estaciones de la Zona II y los puntos amarillos son las estaciones de la Zona III.

8.3 Análisis cualitativo y cuantitativo de diatomeas bentónicas

Se inspeccionaron 78 laminillas permanentes, durante la revisión, y se identificaron 434 especies que se encuentran distribuidas en 119 géneros en el Apéndice III se muestran los taxones más representativos de las asociaciones. El registro de los taxones identificados se puede apreciar en el Apéndice I. Los géneros que se encuentran mejor representados fueron: *Amphora* (34), *Mastogloia* (34), *Nitzschia* (33), *Navicula* (26) *Cocconeis* (26), *Diploneis* (23) y *Tryblionella* (12); 6 de los taxones observados sólo fue posible identificarlos hasta el nivel de Filum.

De los géneros identificados 56 se encuentran representados por una especie, 45 por menos de 5 especies y 11 géneros con menos de 10 especies (Tabla 5).

Tabla 5. Número de especies (spp.) identificadas por género para ambos muestreos

Género	N° de spp	Género	N° de spp	Género	N° de spp	Género	N° de spp
<i>Amphora</i>	34	<i>Discotella</i>	3	<i>Stauraphora</i>	2	<i>Melosira</i>	1
<i>Mastogloia</i>	34	<i>Grammatophora</i>	3	<i>Stausosira</i>	2	<i>Minidiscus</i>	1
<i>Nitzschia</i>	33	<i>Haslea</i>	3	<i>Toxarium</i>	2	<i>Nanofrustulum</i>	1
<i>Navicula</i>	26	<i>Lyrella</i>	3	<i>Amicula</i>	1	<i>Anomoeoneis</i>	1
<i>Cocconeis</i>	26	<i>Paralia</i>	3	<i>Anaulus</i>	1	<i>Navithidium</i>	1
<i>Diploneis</i>	23	<i>Petroneis</i>	3	<i>Anorthoneis</i>	1	<i>Neofragilaria</i>	1
<i>Tryblionella</i>	12	<i>Pinnunavis</i>	3	<i>Azpeitia</i>	1	<i>Homoeocladia</i>	1
<i>Pleurosigma</i>	8	<i>Plagiogramma</i>	3	<i>Bacillaria</i>	1	<i>Orthoneis</i>	1
<i>Achnanthes</i>	6	<i>Plagiotropis</i>	3	<i>Berkeleya</i>	1	<i>Pantocsekiella</i>	1
<i>Caloneis</i>	6	<i>Podosira</i>	3	<i>Biddulphia</i>	1	<i>Petrodictyon</i>	1
<i>Fallacia</i>	6	<i>Seminavis</i>	3	<i>Brachysira</i>	1	<i>Psammodiscus</i>	1
<i>Halamphora</i>	6	<i>Tabularia</i>	3	<i>Carinasigma</i>	1	<i>Pseudostausosira</i>	1
<i>Campylodiscus</i>	5	<i>Amphicocconeis</i>	2	<i>Catenula</i>	1	<i>Pseudostausosiropsis</i>	1
<i>Cyclotella</i>	5	<i>Amphiprora</i>	2	<i>Adafia</i>	1	<i>Rhabdonema</i>	1
<i>Gyrosigma</i>	5	<i>Ardissonea</i>	2	<i>Astartiella</i>	1	<i>Rhoikoneis</i>	1
<i>Licmophora</i>	5	<i>Aulacoseira</i>	2	<i>Actinoneis</i>	1	<i>Scoliotropis</i>	1
<i>Tetramphora</i>	5	<i>Coscinodiscus</i>	2	<i>Climaconeis</i>	1	<i>Sellaphora</i>	1
<i>Thalassiosira</i>	5	<i>Cymatosira</i>	2	<i>Cosmioneis</i>	1	<i>Shionodiscus</i>	1
<i>Biremis</i>	4	<i>Delphineis</i>	2	<i>Denticula</i>	1	<i>Stauroneis</i>	1
<i>Entomoneis</i>	4	<i>Epithemia</i>	2	<i>Dimeregramma</i>	1	<i>Stausosirella</i>	1
<i>Gomphonema</i>	4	<i>Eunotia</i>	2	<i>Donkinia</i>	1	<i>Stenoneis</i>	1
<i>Parlibellus</i>	4	<i>Eunotogramma</i>	2	<i>Envekadea</i>	1	<i>Stephanocyclus</i>	1
<i>Pinnularia</i>	4	<i>Frustulia</i>	2	<i>Glyphodesmis</i>	1	<i>Stephanodiscus</i>	1
<i>Planothidium</i>	4	<i>Neodelphineis</i>	2	<i>Gogorevia</i>	1	<i>Terpsinoë</i>	1
<i>Rhopalodia</i>	4	<i>Odontella</i>	2	<i>Hantzschia</i>	1	<i>Thalassionema</i>	1
<i>Surirella</i>	4	<i>Oestrupia</i>	2	<i>Hippodonta</i>	1	<i>Trachyneis</i>	1
<i>Actinocyclus</i>	3	<i>Opephora</i>	2	<i>Hyalodiscus</i>	1	<i>Triceratium</i>	1
<i>Actinocyclus</i>	3	<i>Psammodictyon</i>	2	<i>Hyalosynedra</i>	1	<i>Trieres</i>	1
<i>Asteromphalus</i>	3	<i>Psammothidium</i>	2	<i>Karayevia</i>	1	<i>Zygoceros</i>	1
<i>Chamaepinnularia</i>	3	<i>Rhaphoneis</i>	2	<i>Lemnicola</i>	1	<i>Taxa sin identificar</i>	6

En total se contaron 27, 360 valvas. Así con base en las abundancias absolutas y de acuerdo con el criterio previamente establecido para la clasificación: 31 especies se clasificaron como muy abundantes (MA), 26 como abundantes (AB), 101 taxones como comunes (CM) y 189 se clasificaron como raros (RA; Apéndice II). Los géneros que presentaron abundancias mayores a 1000 valvas fueron: *Haslea* (3961), *Navicula* (3011), *Cymatosira* (2222), *Cocconeis* (1801), *Nitzschia* (1758), *Cyclotella* (1716), *Tryblionella* (1575), *Paralia* (1537), *Diploneis* (1172) y *Fallacia* (1116) los cuales representan el 72.63% de la abundancia relativa (Apéndice II); los géneros *Haslea* (14.47% AR), *Cyclotella* (6.27% AR), *Cymatosira* (8.12% AR) y *Paralia* (5.61%AR) se encuentran representados por pocos taxones, por otro lado, *Amphora* y *Mastogloia* aunque se encuentran representados por 34 especies cada uno sus abundancia fueron de 657 (2.40% AR) y 279 (1.01% AR) valvas, respectivamente.

8.4. Variación temporal de las asociaciones de diatomeas bentónicas

Durante los conteos de las dos temporadas se encontraron 339 taxones siendo el 78.11% del total identificados durante la revisión taxonómica. Entre temporadas se compartieron 194 especies; en la temporada de lluvias se registraron 276 especies y 256 especies durante la temporada de nortes.

Las especies que fueron numéricamente importantes durante las dos temporadas fueron: *Haslea staurosigmaidea*, *Cymatosira belgica*, *Navicula salinarum* var. *rostrata*, *Paralia grunowii*, *Anaulus minutus*, *Cyclotella choctawhatcheea*, *Fallacia pygmaea* y *Tryblionella coarctata*.

En ambas temporadas se presentaron elevados valores de diversidad, durante la temporada de lluvias se registró la máxima riqueza de $S=94$ en la estación 5 que se ubica entre el río Chumpán y Palizada, también en esta temporada se registraron los valores máximos y mínimos de diversidad ($H'=5.35$ y 2.06 , respectivamente; Tabla 6).

Tabla 6. Resumen de los valores máximos, mínimos de los índices comunitarios por temporadas

	Lluvias	2018	Nortes	2019
	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
Riqueza (S)	94	36	80	35
Shannon (H')	5.35	2.06	5.04	3.00
Dominancia (λ)	0.50	0.04	0.25	0.04
Equidad (J')	0.82	0.40	0.85	0.58

En la figura 10 se pueden observar los cambios que presentan los índices comunitarios de cada estación en ambas temporadas; la riqueza durante la temporada de lluvias fue mayor en las estaciones ubicadas al oeste de la laguna, en contraste con los valores mínimos que se encuentran en la zona media; en la época de nortes las riquezas mínimas se localizan en la zona oeste, mientras que, en la zona este se mantienen sin cambios marcados (Fig. 10-a). La diversidad en la época de lluvias presentó más variaciones en todas las estaciones con respecto a la temporada de nortes, sin embargo, los máximos valores se observaron en lluvias (Fig. 10-b). Las dominancias más altas se obtuvieron en la temporada de lluvias en las estaciones que se localizan al sureste de la laguna (Fig. 10-c). Los valores de equidad durante la temporada de nortes fueron más constantes entre las estaciones. De acuerdo con lo anterior, temporada de lluvias se caracterizó por tener valores extremos, tanto los más elevados, así, como los menores. Por otro lado, los valores en la temporada de nortes se mantiene sin variaciones extremas.

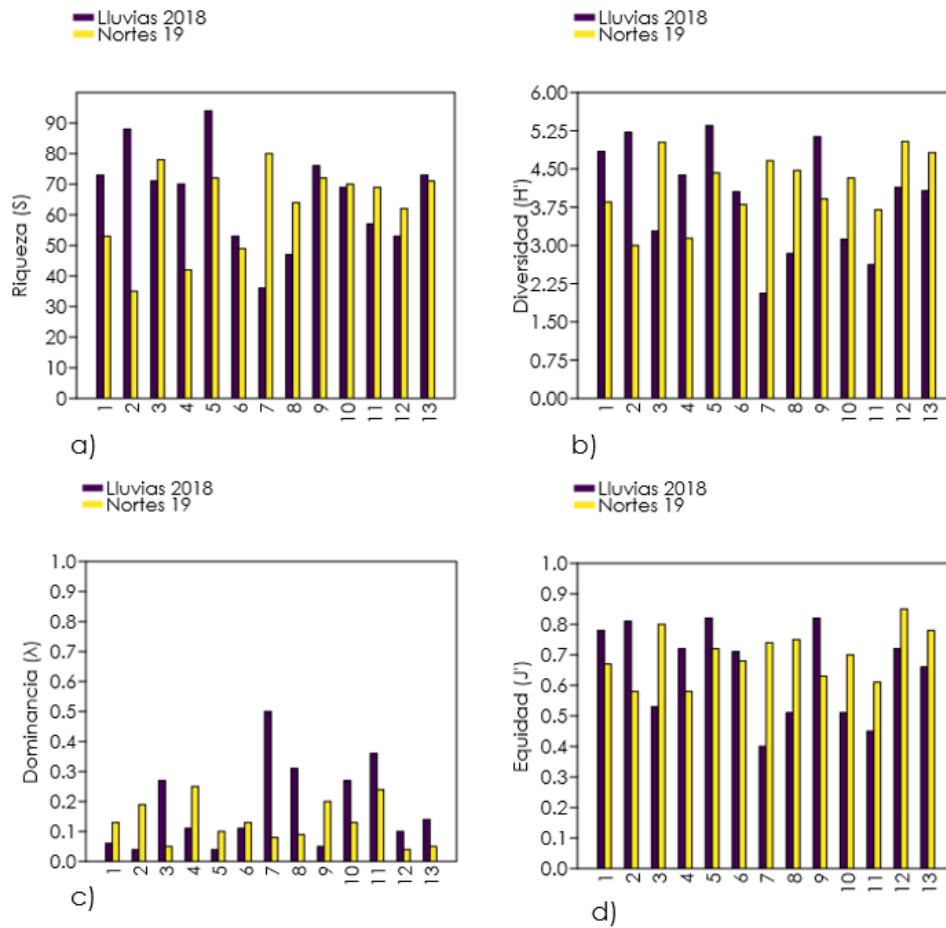


Figura 10. Valores de los índices de diversidad: riqueza (a), diversidad (b), dominancia (c) y equidad (d) por temporada.

En el dendograma de similitud del análisis de similitud de Bray-Curtis se denota dos agrupaciones, las temporadas no se separaron (Fig.11), en contraste con lo esperado, las muestras comparadas en términos de su composición de especies, así como las abundancias relativas se distribuyeron como si fuesen una sola temporada, además, se observa que entre estaciones no se unieron a excepción de la estación 6 que durante las dos temporadas se separó de los grupos formados; asimismo, las estaciones 10 y 11 de las dos temporadas se unieron. Las estaciones que quedaron

fuera de las agrupaciones fueron las 3 y 13 de la temporada de lluvias que se ubican cerca de las bocas de conexión con el mar.

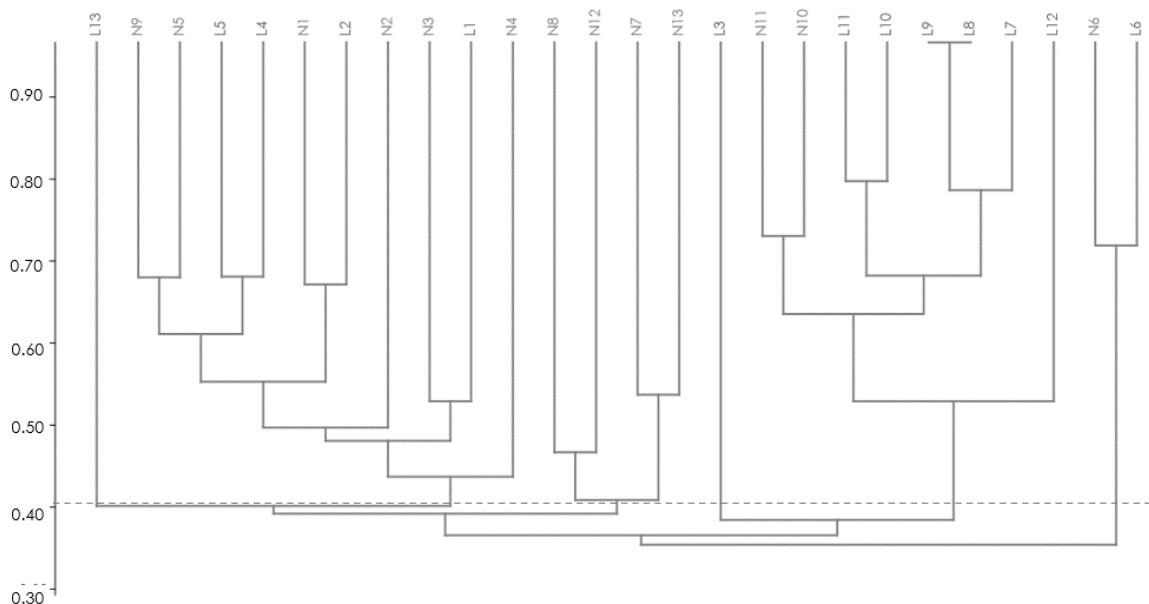


Figura 11. Similitud entre muestras de asociaciones de diatomeas bentónicas por temporadas según el índice de similitud de Bray-Curtis (Correlación cofenética = 0.92).

Sin embargo, solamente siete de las comparaciones muestran similitud del 70% o más. Ello muestra el grado de heterogeneidad en la composición de especies y sus AR por muestra (parches).

De acuerdo con los resultados del ANOSIM, no hay diferencias significativas entre temporadas ($R=0.52$, $p=0.02$), esto se observa en la ordenación del nMDS (stress: 0.18), en el cual las temporadas se superponen, este resultado rechaza la hipótesis planteada inicialmente en la cual se planteaba que las temporadas tendrían diferencias en cuanto a la composición de las comunidades (Fig. 12).

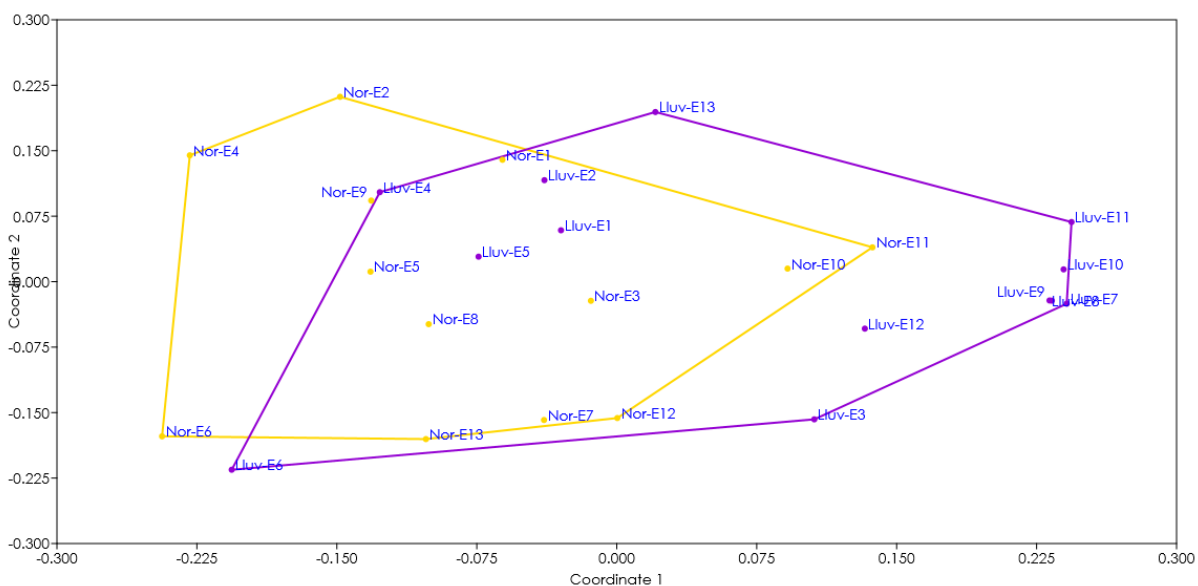


Figura 12. Ordenación de zonas basada en la similitud de Bray-Curtis entre temporadas (stress: 0.18).

8.5. Variación espacial de las asociaciones de diatomeas bentónicas

8.5.1. Temporada de Lluvias 2018

En la temporada de lluvias 2018 se contaron 13,838 valvas pertenecientes a 276 taxones, de las cuales 12 se clasificaron como muy abundante (MA) representando el 53.40 % de AR, 14 fueron clasificadas como abundantes (AB), 85 se consideran comunes (CM), mientras que 165 taxones se clasificaron como raras (RA).

Las especies que se clasificaron como MA fueron: *Haslea staurosigmaidea* (2686 valvas – 19.43% AR), *Navicula salinarum* var. *rostrata* (927 valvas – 6.70% AR), *Cymatosira belgica* (771 valvas – 5.57% AR), *Fallacia pygmaea* (464 – 3.35% AR), *Navicula platyventris* (350 – 2.53% AR), *Paralia grunowii* (346 – 2.50% AR), *Navicula salinarum* (336 – 2.43% AR), *Cyclotella choctawhatcheeana* (328 – 2.37% AR), *C.*

litoralis (320 – 2.31% AR), *Tryblionella coarctata* (301 – 2.17% AR), *Anaulus minutus* (284 – 2.05% AR) y *Eunotogramma laeve* (266 – 1.92% AR); estas 12 especies fueron utilizadas para calcular el IVB.

En la Tabla 7 se presentan los valores obtenidos del IVB. Se observa a *Haslea staurosigmoidea* que presentó la mayor abundancia durante la temporada, sin embargo, no correspondió al valor más elevado del IVB, debido a que se presentó sólo en 6 estaciones que se distribuyen principalmente entre la Zona II y la III; las especies que se encontraron presentes en todas las estaciones fueron *Cyclotella choctawhatcheea* y *C. litoralis*, contrario a lo esperado los valores obtenidos no corresponden a los más elevado del índice. Por otra parte, *Navicula platyventris* y *Anaulus minutus* que se encontraron únicamente en dos estaciones (6 y 13 y 6 y 9, respectivamente). La abundancia que presentaron en las dos estaciones fue suficiente para considerarlas muy abundantes dentro de los conteos; las estaciones en las que se presentaron se ubican en la zona de influencia marina. El máximo valor lo obtuvo *N. salinarum* var. *rostrata* que estuvo ausente únicamente en la estación 9.

Tabla 7. Índice del Valor Biológico (IVB) para la temporada de Lluvias 2018.

Especie	Abundancia	IVB
<i>Navicula salinarum</i> var. <i>rostrata</i>	927	132
<i>Cymatosira belgica</i>	771	100
<i>Haslea staurosigmoidea</i>	2686	72
<i>Cyclotella choctawhatcheea</i>	328	65
<i>Fallacia pygmaea</i>	464	54
<i>Navicula salinarum</i>	336	54
<i>Cyclotella litoralis</i>	320	52
<i>Paralia grunowii</i>	346	35
<i>Tryblionella coarctata</i>	301	33
<i>Navicula platyventris</i>	350	16
<i>Eunotogramma laeve</i>	266	18
<i>Anaulus minutus</i>	284	2

Durante esta temporada, el valor máximo y mínimo de riqueza (S) se registraron en la zona II que es la de mayor influencia de descargas de agua epicontinental (Fig. 13); la estación 5 presentó 94 taxones, y la menor se registró en la estación 7(36) La zona I tuvo un rango de riqueza de 53 a 88 y la zona III con un intervalo de 53 a 73 taxones.

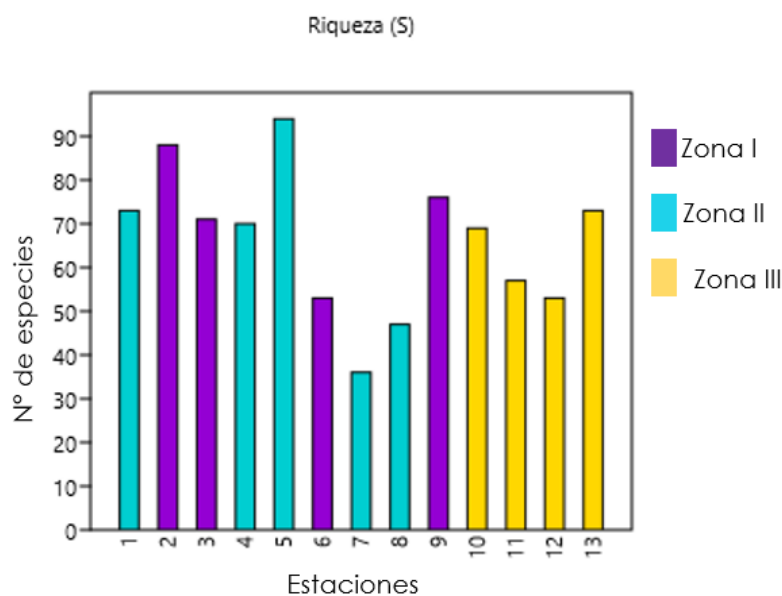


Figura 13. Riqueza específica por estación y zona durante la temporada de Lluvias 2018.

Se registraron diversidades mayores a cinco en tres estaciones; $H'=5.22$ y 5.13 en la 2 y 9 de la Zona I (Tabla 8), las dominancias fueron de 0.04 y 0.05, respectivamente, con equidades de 0.81 y 0.82. El valor máximo fue de $H'=5.35$ en la estación 5 de la zona II de influencia dulceacuícola, en donde también se encuentra el valor mínimo de diversidad obtenido ($H'=2.06$) en la estación 7 que corresponde a la desembocadura del río Candelaria; la dominancia en esta estación fue de 0.50 con un valor de equidad de 0.40.

Tabla 8. Valores calculados de los índices ecológicos por estación durante la temporada de lluvias 2018.

	Estaciones												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
N° de Individuos (N)	1015	1048	1043	1107	1048	1073	1062	1064	1023	1076	1076	1109	1074
Riqueza (S)	73	88	71	70	94	53	36	47	76	69	57	53	73
Shannon (H')	4.84	5.22	3.28	4.38	5.35	4.05	2.06	2.84	5.13	3.12	2.62	4.14	4.07
Dominancia (λ)	0.06	0.04	0.27	0.11	0.04	0.11	0.50	0.31	0.05	0.27	0.36	0.10	0.14
Equidad (J')	0.78	0.81	0.53	0.72	0.82	0.71	0.40	0.51	0.82	0.51	0.45	0.72	0.66

Se reconocieron dos grupos a partir del análisis de similitud de Bray-Curtis (Fig. 14) tomando en cuenta un valor de similitud de 50, en el primer grupo se encuentran las estaciones de la zona sureste de la laguna, comenzando con la estación cercana al río Chumpán (7) hasta el Estero Xibujá (11). En el segundo grupo se incluyen sólo tres estaciones (4, 5 y 9). Las estaciones de Isla del Carmen (3, 6 y 13) así como la que se encuentra en Punta Piedra (12) y la estación frente al río Palizada, no se agruparon.

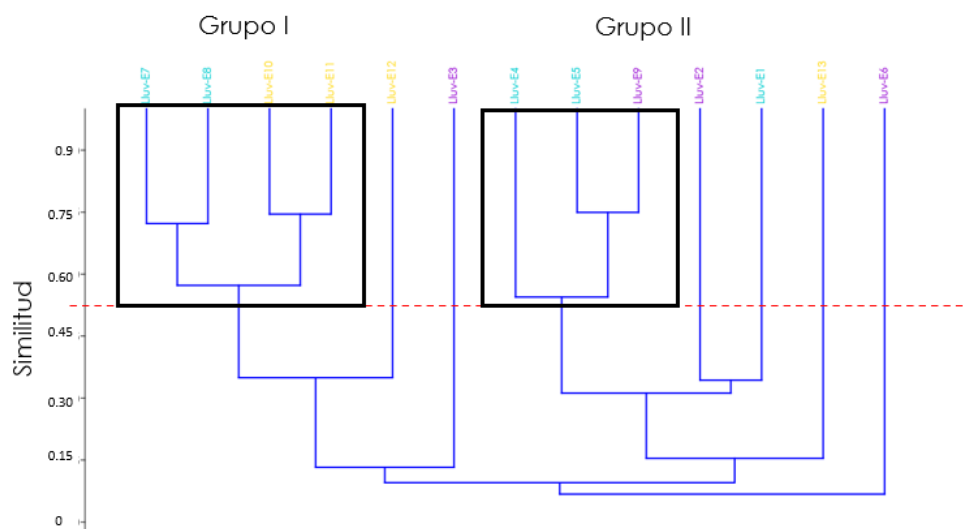


Figura 14. Agrupación de las asociaciones de diatomeas bentónicas por estaciones mediante el índice de similitud de Bray-Curtis (Correlación cofenética = 0.98) durante la temporada de lluvias 2018.

Las estaciones que conforman los dos grupos pertenecen a diferentes zonas. En la figura 15 se puede observar una clara división de la laguna entre la zona sureste (Grupo I), sin embargo, el Grupo II no presenta esa división espacial, puesto que las estaciones 4, y 5, se encuentran en la zona de descargas de agua epicontinental y la estación 9 se encuentra en una boca de entrada de agua marina. dejando fuera las estaciones que se encuentran frente a la Isla del Carmen, de acuerdo con el ANOSIM realizado ambos grupos presentan diferencias significativas ($R=.99$, $p=0.00$).

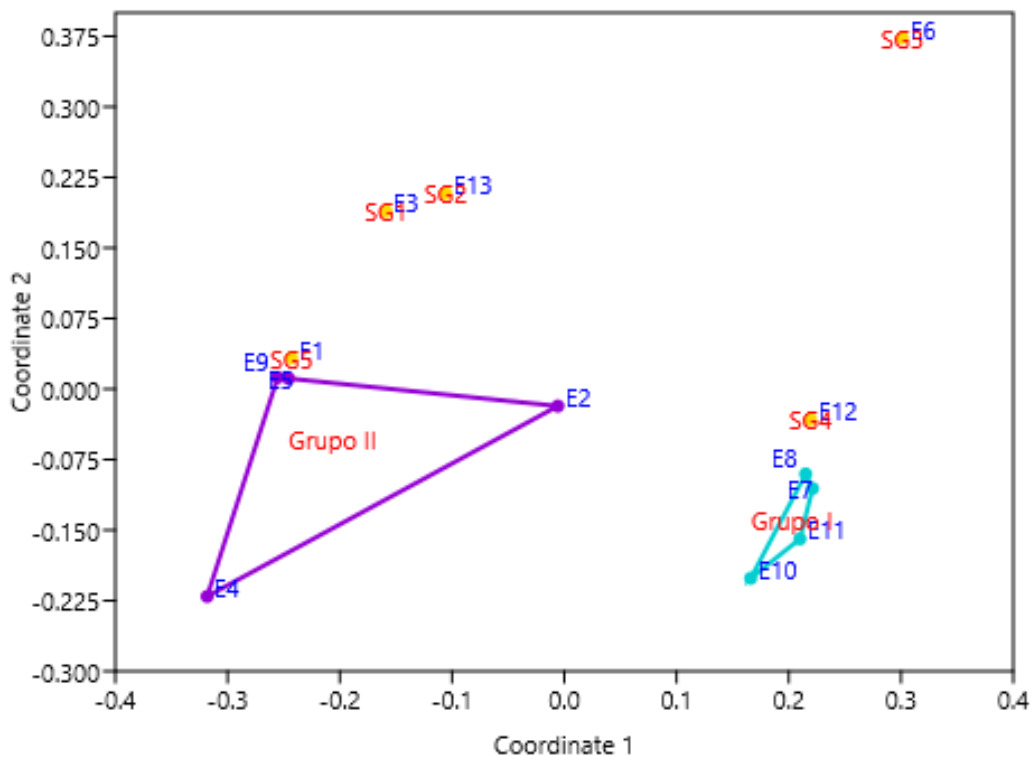


Figura 15. Ordenación de zonas basada en la similitud de Bray-Curtis, durante la temporada de lluvias 2018 (stress: 0.18).

El resultado del análisis SIMPER permitió reconocer las especies que causaron las diferencias entre los grupos formados, entre el Grupo I y el Grupo II, fue *Haslea staurosigmoidea* que se encontró presente en todas las estaciones del grupo I ubicadas en la zona sureste de la laguna, esta especie es marina y dentro de los conteos en las estaciones se consideró como MA, mientras que en grupo II sólo se presentó en la estación 2, clasificando como una especie RA; *Cymatosira belgica* también causó diferencias debido a que fue considerada como MA y AB en el grupo II es una especie salobre que corresponde a la zona en la que la mezcla de agua dulce y marina.

8.5.2 Temporada de nortes 2019

Para esta temporada se contabilizaron 13,542 valvas que comprendieron 256 taxones, clasificándose quedó de la siguiente manera: 20 taxones fueron muy abundantes (MA) representando el 57.51% AR, 13 fueron abundantes (AB), 75 se catalogaron como comunes (CM) y 174 se clasificaron como raras. Con los taxones que se clasificaron como MA se calculó el IVB (Tabla 9). El valor más alto lo obtuvieron dos especies: *Cymatosira belgica* (10.61% AR) y *Paralia grunowii* (4.31% AR), la primera se encontró en 9 estaciones, mientras que *P. grunowii* estuvo presente en 10; las especies que se presentaron en la mayoría de las estaciones fueron *Thalassionema nitzschooides* (2.80% AR) y *Tryblionella coarctata*, (256 valvas – 1.89% AR), en contraste, *Cocconeis distans* (2.06% AR) se presentó únicamente en cuatro estaciones, pero debido a su abundancia el valor en el IVB no fue el menor.

Tabla 9. Índice del Valor Biológico (IVB) para la temporada de Nortes del 2019.

Especie	Abundancia	IVB
<i>Cymatosira belgica</i>	1438	180
<i>Paralia grunowii</i>	584	180
<i>Thalassionema nitzchioides</i>	380	176
<i>Nitzschia distans</i>	367	135
<i>Cocconeis scutellum</i>	347	126
<i>Cyclotella choctawhatcheea</i>	302	120
<i>Fallacia hummii</i>	300	99
<i>Haslea staurosigmoidea</i>	866	95
<i>Diploneis gruendleri</i>	322	91
<i>Anaulus minutus</i>	423	85
<i>Cyclotella striata</i>	261	84
<i>Amphicocconeis disculoides</i>	276	72
<i>Tryblionella coarctata</i>	256	60
<i>Cocconeis distans</i>	279	40
<i>Haslea crucigera</i>	264	40
<i>Tryblionella granulata</i>	227	36
<i>Diploneis crabro</i>	241	30
<i>Cyclotella litoralis</i>	220	27
<i>Eunotogramma laeve</i>	219	16
<i>Paralia sulcata var. coronata</i>	217	6

El valor más bajo de riqueza (S) durante la temporada se presentó en la estación 2 (S=35) ubicada entre Boca del Carmen y la desembocadura del río Palizada, el valor más elevado fue en la estación 7, frente al río Chumpán (S=80), lo cual contrasta con lo obtenido durante la época de lluvias. La Zona III mantiene constante su riqueza (62-71) entre estaciones (Fig. 16).

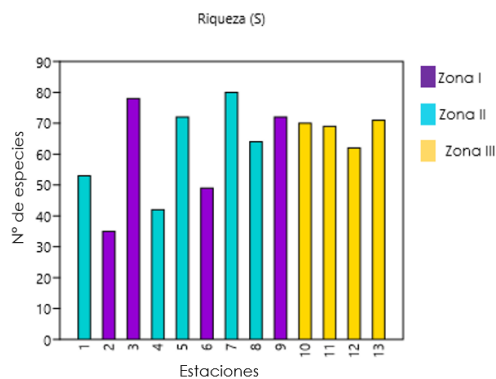


Figura 16. Riqueza específica por estación durante la temporada de nortes 2019.

Durante este muestreo también se obtuvieron valores de H' mayores a 5, esto en las estaciones 3 y 12; la primera se ubica en la zona oeste de Isla del Carmen mientras que la segunda se encuentra en Punta Piedra que se encuentran en dos zonas diferentes, sin embargo, ambas tienen influencia de agua marina, la dominancia que se obtuvo de estas estaciones fue de $\lambda = 0.05$, y 0.04 , respectivamente, en cuanto a la equidad en estas estaciones fue de $J' = 0.8$ y 0.85 (Tabla 10); el valor mínimo de diversidad $H' = 3$ se presentó en la estación 2, con una equidad de $J' = 0.58$ y un valor de dominancia de $\lambda = 0.19$.

Tabla 10. Valores obtenidos de los índices ecológicos por estación durante la temporada de nortes 2019.

	Estaciones												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Nº de Ind. (N)	1079	1024	1083	1016	1012	1024	1018	1039	1016	1069	1011	1066	1085
Riqueza (S)	53	35	78	42	72	49	80	64	72	70	69	62	71
Shannon (H')	3.85	3.00	5.02	3.14	4.42	3.80	4.66	4.47	3.91	4.32	3.70	5.04	4.82
Dominancia (λ)	0.13	0.19	0.05	0.25	0.10	0.13	0.08	0.09	0.20	0.13	0.24	0.04	0.05
Equidad (J')	0.67	0.58	0.80	0.58	0.72	0.68	0.74	0.75	0.63	0.70	0.61	0.85	0.78

Con el análisis de similitud de Bray-Curtis las estaciones se ordenaron en dos grupos: el primero se encuentra conformado por las estaciones que comienzan en el Río Chumpán (estación 7) hacia el noreste llegando hasta la estación 13 que está en Isla Aguada, sin embargo, en este grupo también se incluyó la estación 3 ubicada al oeste de Isla del Carmen. El segundo grupo se conformó con las estaciones que se ubican desde Boca del Carmen (estación 2) hasta la estación 5, de manera similar al primer grupo, la estación 9 que se encuentra en la zona opuesta a las demás que forman parte de este grupo. Finalmente, la estación 6 que se encuentra en la parte media de Isla del Carmen quedó separada de los grupos (Fig. 17).

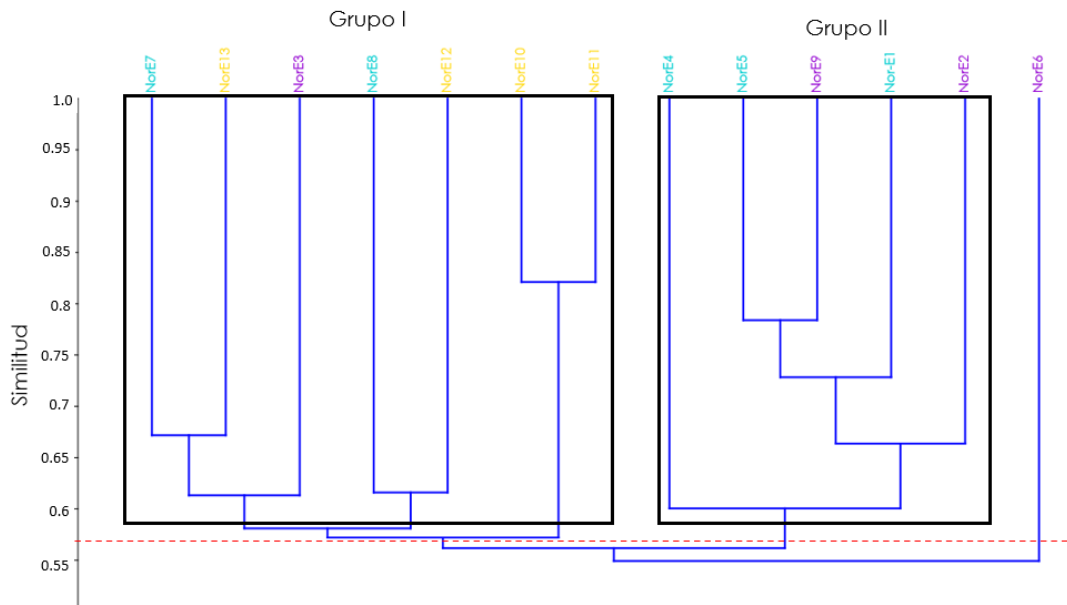


Figura 17. Agrupación de las asociaciones de diatomeas bentónicas por estaciones mediante el índice de similitud de Bray-Curtis (Correlación cofenética = 0.88) durante la temporada de nortes 2019.

Conforme los resultados del ANOSIM ($R = 0.82$, $p = 0.00$) se presentaron diferencias significativas entre los grupos; en la figura 18, se presenta la ordenación dada por el nMDS, observándose que el primer grupo comprende más de la mitad de las estaciones. De acuerdo con este análisis, las estaciones no se agruparon en función de la zonación preestablecida y se redujeron los grupos, sin embargo, solo la Zona III mantuvo todas sus estaciones juntas, a pesar de no cumplir con la zonación se comprueba que existen diferencias.

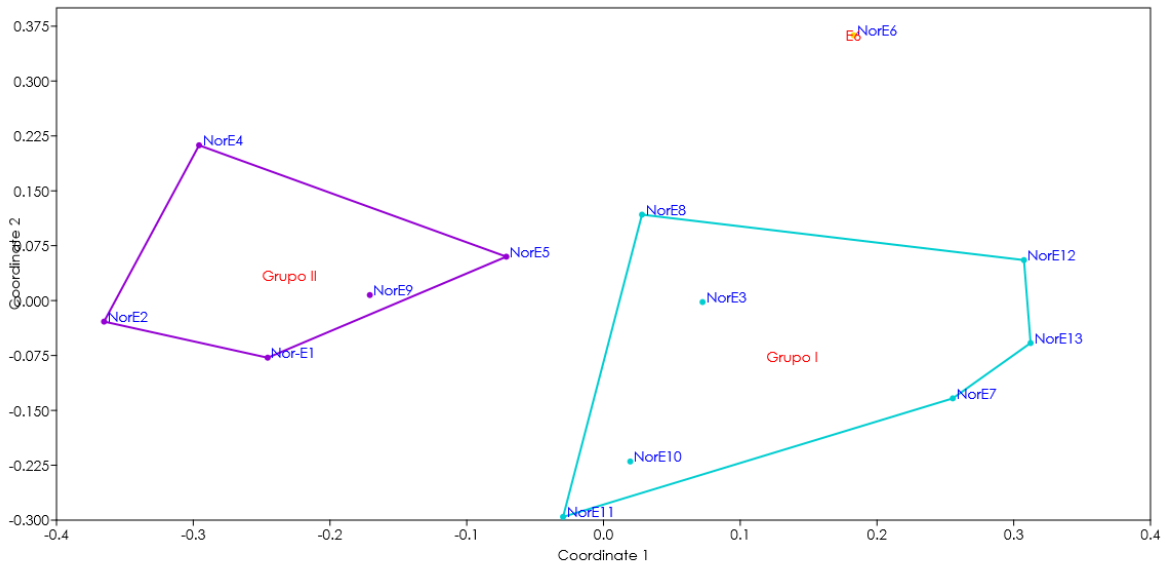


Figura 18. Ordenación de zonas basada en la similitud de Bray-Curtis, durante la temporada de nortes 2019 (stress: 0.19)

Las especies responsables de las diferencias entre los dos grupos de acuerdo con el análisis SIMPER fueron: *Navicula salinarum* var. *rostrata* que se encontró como común (CM) en las estaciones 1, 3 y 9, pero como rara (RA) en la estación 7. De igual manera que en lluvias, *Cymatosira belgica* se considera muy abundante (MA) dentro del Grupo II en el cual las estaciones se encuentran cerca de alguna boca de descarga de agua epicontinental. La estación 6 se diferenció por la presencia de *Cocconeis scutellum*, debido a que en esta estación es considerada como MA, mientras que en las estaciones de los dos grupos se mantiene como una especie RA, de la misma manera, *Anaulus minutus* presentó elevadas abundancias por lo que se consideró como MA en esta estación, mientras que estuvo ausente en ocho estaciones.

8.6 Relación temporal entre las variables ambientales y las asociaciones de diatomeas bentónicas

Para relacionar a las diatomeas con las variables ambientales se utilizó un análisis de correspondencia canónica (ACC), debido a que las temporadas no presentaron diferencias en las comunidades se tomaron en cuenta para este análisis a las especies que se clasificaron como muy abundante (MA) que representan el 68.0% de abundancia relativa acumulada. Esto con el fin de explorar las condiciones pudiesen estar determinando la distribución temporal en que los taxones numéricamente importantes se distribuyen.

Los dos primeros ejes del ACC explican una varianza acumulada de 50.24%; el primer eje se relacionó de manera positiva con FRS, porcentaje de arena, y se relacionó a los nitratos de manera negativa. El segundo eje estuvo relacionado con el porcentaje de arcilla presente en el sedimento, sílice, temperatura y nitratos se relacionaron de manera negativa. Así, en la figura 19 se observa a *Cocconeis scutellum* (Cs), *Anaulus minutus* (Am), *Fallacia hummi* (Fh) que caracterizaron a la estación 6 y se relacionan positivamente con el FRS y de manera negativa con el SiO₂; mientras que *Haslea staurosigmoidea* (Hs), *Tetramphora lineata* (Tl) y *Fallacia pygmacea* (Fp) se encuentran relacionadas con nitratos y sílice y de manera negativa con el %de limo; *Cymatosira belgica* (Cb), *Paralia sulcata* (Ps), *Diploneis crabro* (Dc) y *Tryblionella granulata* (Trg) se relacionaron positivamente con valores altos de sílice y altos porcentajes de arcilla.

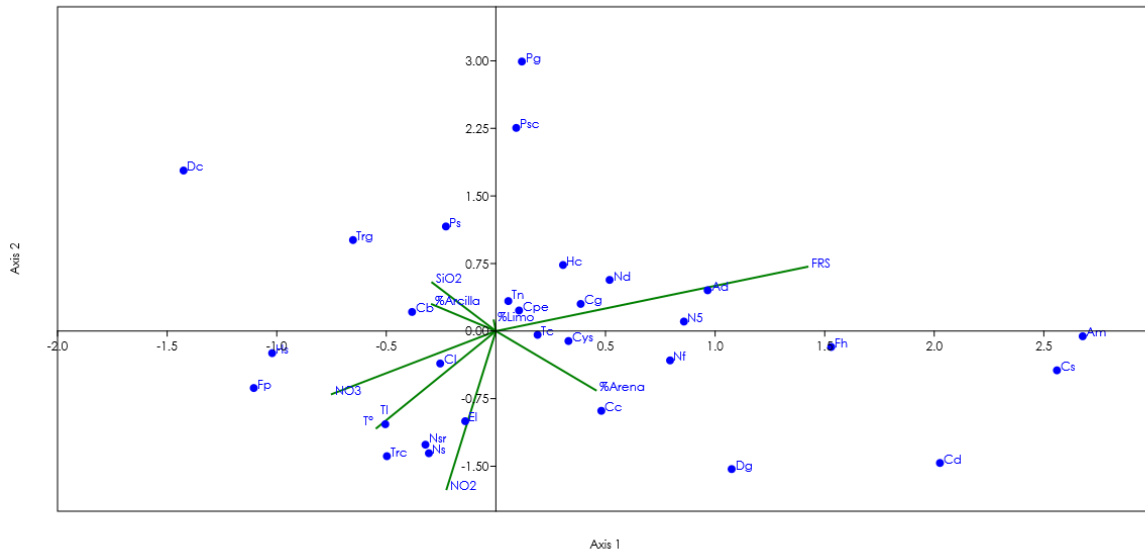


Figura 19. Correspondencia canónica (ACC) entre las variables ambientales y las asociaciones de diatomeas bentónicas por temporada (lluvias y nortes) para la laguna de Términos.

8.7 Relación espacial entre variables ambientales y diatomeas bentónicas

8.7.1 Temporada de Lluvias 2018

Las especies que se tomaron para el análisis se clasificaron dentro de la temporada como MA y AB como *Cymatosira belgica*, *Haslea staurosigmoidea*, *Thalassionema nitzschooides*, *Nitzschia frustulum*; que tienen un 68.93% de ARA; el ACC de la temporada de lluvias explica en sus primeros ejes el 45.19% teniendo una correlación significativa en el análisis de permutaciones, el primer eje se encuentra relacionado de manera positiva con FRS, sílice y amonio, la transparencia se relacionó negativamente; el segundo eje se relacionó con la salinidad y de manera negativa con el % de limo y arcilla.

Se observa la formación de dos conjuntos, uno de ellos corresponde a bajas salinidades, además, de bajas concentraciones de nutrientes en el que se encuentran especies consideradas dulceacuícolas, como *Cymatosira belgica* y *Eunotogramma laeve* en este grupo se encuentran las especies que fueron más abundantes en la zona de influencia de descargas epicontinentales; el segundo grupo en el que se encuentran *Haslea staurosigmoidea*, *Fallacia pygmaea* y *Cocconeis placentula* var. *euplypta* se relaciona con altas concentraciones de nutrientes y altas salinidades, todas estas especies se consideraron abundantes en las estaciones del sureste de la laguna. *F. hummi*, *C. scutellum* y *A. minutus* se relacionaron de manera positiva con los nutrientes, especialmente sílice y nitritos,

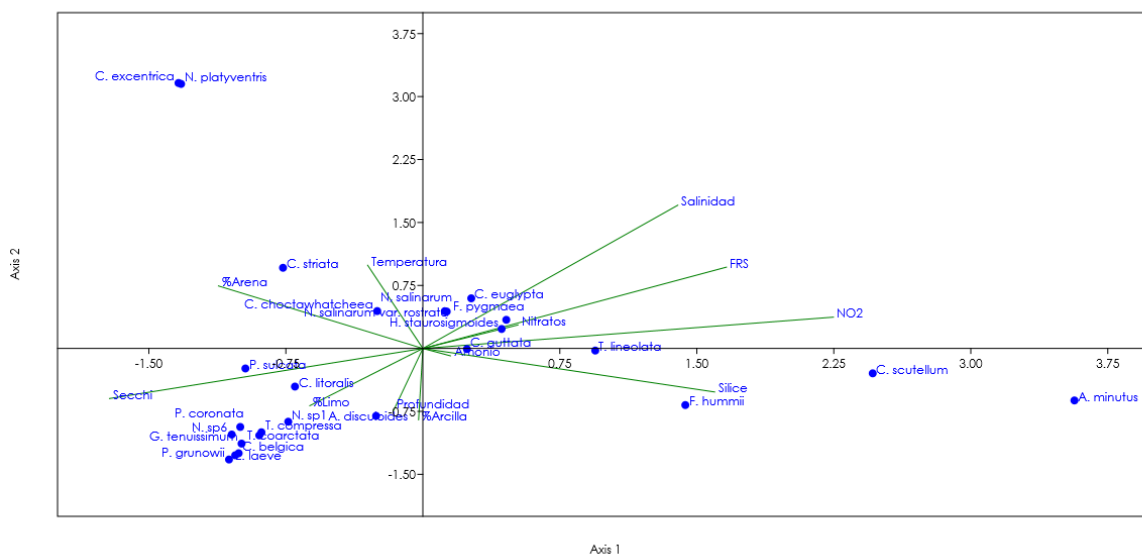


Figura 20. ACC entre variables ambientales y diatomeas bentónicas en la temporada de lluvias en la laguna de Términos 2018.

Los datos respaldan la hipótesis que plantea que en la temporada de lluvias las salinidades bajas serían un factor determinante que afectaría las taxocenosis, sin embargo, no en todas las estaciones se cumple esta condición; por otro lado, contrario a lo esperado, la mayoría de las especies que se consideran MA y AB se ven relacionadas con bajas concentraciones de nutrientes. Fueron pocas las especies que se relacionaron a salinidades y nutrientes altos.

8.7.2 Temporada de nortes 2019

Para el ACC se tomaron en cuenta las especies que se clasificaron como MA y AB, esto es un total de 33 especies que representan un 71.48% ARA. Así, el primer eje del ACC se relacionó positivamente con temperatura y sílice, mientras que el amonio se relacionó de manera negativa. El segundo eje se relacionó con nitratos y negativamente con la salinidad y los nitritos,

En la figura 21, se observa un grupo formado por *Eunotogramma laeve*, *Diploneis crabro*, *Cymatosira belgica*, *Paralia grunowii*, *P. coronata*, *P. sulcata*, las cuales se encuentran relacionadas con altas concentraciones de amonio y bajas salinidades, así como bajos valores de transparencia. Esta agrupación corresponde a las asociaciones que caracterizan las estaciones que se encuentran cerca de las desembocaduras de los ríos.

Las especies *Amphicocconeis discoloides*, *Cyclotella striata*, *Fallacia hummii*, *Anaulus minutus* y *Cocconeis scutellum* se relacionaron con bajas concentraciones de

nitratos y sílice, y con altos porcentajes de arcilla y limo, estas especies caracterizaron a la estación 6.

Por otra parte, *H. staurosigmaidea*, *K. submarina* y *N. cf. soherense var. capitata*, se relacionaron con valores altos de temperatura y altas concentraciones de sílice. Asimismo, se observa la agrupación de la mayoría de las especies que se encuentran relacionada con altas salinidades, FRS y nitritos. Contrario a lo esperado, se relacionan con altos valores de transparencias; sin embargo, las especies más abundantes se relacionaron con altas salinidades y altos valores de nutrientes, excepto con el amonio que se relaciona negativamente con este grupo. Con lo anterior se respalda la hipótesis de que las asociaciones de diatomeas en la temporada de nortes se verían relacionada con la salinidad y el sílice.

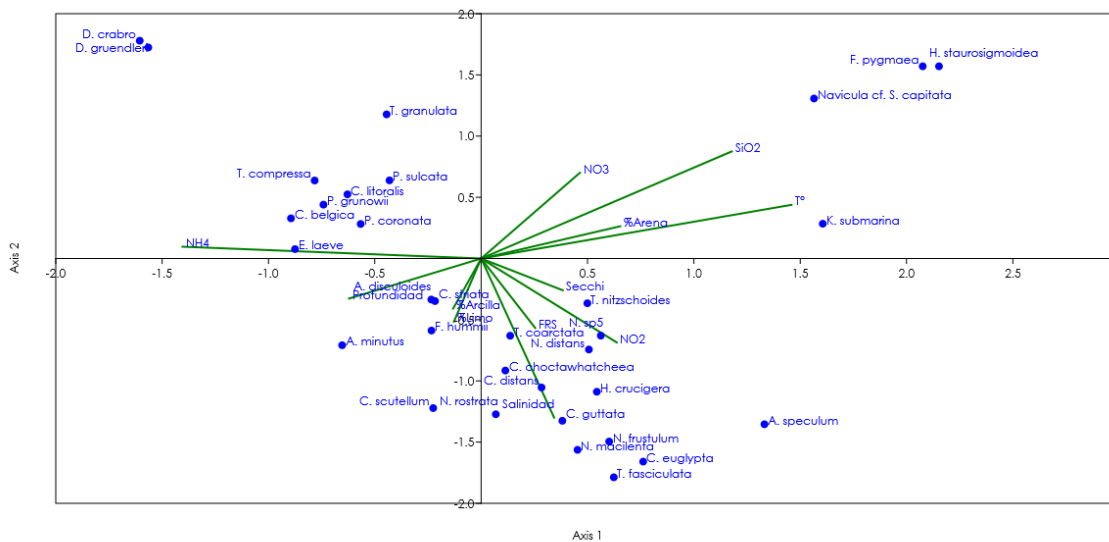


Figura 21. ACC entre variables ambientales y diatomeas bentónicas en la temporada de nortes en la laguna de Términos 2019.

9 DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados, en ambos muestreos se registraron estructuras que caracterizan asociaciones de diatomeas bentónicas de ambientes rocosos y de sedimentos en las cual se tienen pocas especies abundantes y comunes, muchas especies poco comunes y raras (Siqueiros-Beltrones, 2005), además, de una elevada riqueza. No obstante, el número de taxones registrados resultó uno de los más elevados para costas mexicanas.

En la temporada de lluvias se presentó la mayor riqueza específica en la estación 5 con un valor de 95, contrario a lo esperado, las estaciones que se ubican frente a alguna boca de los ríos presentaron bajas riquezas, tal es el caso de la E7 que se encuentra frente al río Chumpán que tuvo una riqueza de 36, sin embargo, durante la época de nortes, la estación 2 presentó el valor más bajo que fue de 35, ésta se encuentra frente al sistema Pom-Atasta; por el contrario, la E7 durante esta época cambió teniendo el valor más alto de 80.

Los cambios espaciales en la riqueza se pueden explicar por la interacción entre los ríos circundantes y la laguna, Navarrete *et al.*, (2020) mencionan que durante la temporada de lluvias la heterogeneidad de la laguna con respecto a su dinámica entre los flujos de agua y sedimento son más intensos, opuesto a lo esperado, en el que los ríos serían un aporte importante para el desarrollo de las comunidades, estos funcionan más como un sumidero de nutrientes y se relacionan con el contenido de materia orgánica y en el cambio de la textura de los sedimentos dentro de la laguna,

estos cambios y las descargas de los ríos mantendrían un efecto negativo en las asociaciones.

Las asociaciones de diatomeas se encuentran compuestas principalmente por taxones marinos, sin embargo, aunque en las estaciones se encuentran frente a los ríos muestran bajas diversidades, las especies dulceacuícolas presentan altas abundancias, lo que ayudó a caracterizar las diferencias entre las asociaciones de las distintas zonas.

El análisis de similitud de Bray-Curtis temporal dio como resultado la unión entre temporadas, no hubo diferencias significativas, este resultado es semejante a lo reportado por López-Mejía (2022) en el que menciona que una posible respuesta a esta similitud es a causa de que la temporada de lluvias se encontraría funcionando como una temporada de transición entre secas y nortes, ya que en su estudio, la época de lluvias fue similar a secas y nortes, pero nortes y secas presentaron diferencias en las abundancias de sus comunidades.

La similitud entre temporadas contrasta con la hipótesis planteada en la que se encontrarían diferencias temporales; en los resultados obtenidos, la única estación que no se agrupó fue la 6 de ambos muestreos, esta diferencia se dio por la presencia de *Anaulus minutus* que presentó elevadas abundancias en la estación y estuvo ausente durante lluvias, lo cual podría ser una consecuencia de las descargas antropogénicas en la estación ya que frente a esta estación se ubica un matadero, lo que pudo haber favorecido el crecimiento de esta especie, por lo cual, las asociaciones presentes, tendrían variaciones con respecto a las demás. La formación de los grupos en el

análisis de similitud durante las temporadas fue particular; en la temporada de lluvias se formó dos grupos que difirieron de las agrupaciones que se obtuvieron durante los análisis de las variables ambientales. La laguna de Términos se dividió en dos zonas: las zonas Oeste y Este, sin embargo, seis estaciones no se unieron a los grupos; por otro lado, en la temporada de nortes, se agruparon estaciones de las tres zonas, la presencia de una asociación de diatomeas similar en las estaciones se puede relacionar a los nutrientes, contrario a lo esperado, en el trabajo de López-Mejía *et al.* (2022b) registraron que las estaciones agrupadas comparten características ambientales, sin importar la zona, lo que pudo influir en la presencia-ausencia de los taxones.

La riqueza entre ambos muestreos fue elevada, durante la revisión taxonómica se identificaron 434 taxones siendo mayor a otros trabajos realizados en sedimentos de otras zonas, sin embargo, fue menor que la reportada por López-Mejía (2022) para la laguna de Términos, no obstante, esto pudo ser a causa en el esfuerzo de muestreo entre ambos trabajos, ya que en dicho estudio se analizaron las tres temporadas climáticas establecidas para la laguna. Aunado a esto, la revisión taxonómica entre López-Mejía (2022) y el presente trabajo comparten $\approx 75\%$ de taxones identificados, lo que sugiere que los aportes de especies de los sistemas epicontinentales, así como marinos, es constante y existe un cambio continuo en la estructura de las asociaciones de diatomeas.

El 68% de la abundancia total fue causada por la presencia de 31 taxones que se consideraron muy abundantes (MA); las especies que fueron numéricamente

importantes durante los muestreos fueron: *Haslea staurosigmoidea* abundante en la zona Este de la laguna, *Cymatosira belgica* y *Navicula salinarum* var. *rostrata*, presentes en la zona Oeste, estas dos últimas se consideran propias de ambientes salobres y *Anaulus minutus* que se presentó como MA en algunas estaciones de la zona central considerada una especie marina; en la revisión taxonómica, las especies que más aportaron a la riqueza fueron las marinas, contrario a lo esperado, que durante la temporada de lluvias, la presencia de especies dulceacuícolas sería mayor a causa de las descargas de los ríos, ambas temporadas presentaron mayor afinidad de especies marinas y salobres; esto se puede explicar por la gran influencia de agua marina que entra a la laguna de manera constante.

Uno de los géneros mejor representados durante la revisión fue *Mastogloia* con 34 taxones, sus abundancias fueron bajas por lo cual no fueron consideradas como especies con un alto valor en el IVB, la alta riqueza de este género se considera particular de latitudes subtropicales y tropicales (Frankovich *et al.*, 2006).

Durante el proceso se dificultó la identificación de algunas especies, esto debido a su pequeño tamaño por lo que fue difícil observar alguna ornamentación, por ejemplo, el caso de los géneros *Amphora* y *Navicula* (Apéndice I), que a pesar de tener una alta diversidad presentan diferencias en los tamaños de las especies y se complica la observación de las ornamentaciones; además, muchas especies se encontraron muy poco silificadas y de tener baja frecuencia; asimismo, se dificultó la identificación de seis taxones que presentan características de diatomeas, sin embargo, la identificación a un nivel más bajo, no fue posible.

De igual manera, un problema que se observó durante la revisión taxonómica fue que se hace a partir de literatura proveniente de otras zonas climáticas por lo cual algunas de ellas presentan diferencias en cuanto a las longitudes observadas, por lo cual es importante realizar una revisión profunda sobre la taxonomía de las especies observadas en el país para poder establecer una florística perteneciente a las costas mexicanas, ya que estas diferencias nos podría sugerir la existencia de variedades en los taxones exclusivos de zonas tropicales, además de nuevos registros e incluso de especies nuevas..

Los valores promedio de diversidad (H') entre temporadas fue de $H'=3.93$ y $H'=4.14$ en lluvias y nortes, respectivamente, sin embargo, estos resultados difieren del trabajo realizado por López-Mejía (2022) en el cual registró mayor diversidad promedio en la temporada de lluvias y menor en nortes; lo cual nos sugiere la heterogeneidad no sólo a nivel espacial, sino también temporal de la laguna ya que a pesar de no evidenciar diferencias significativas entre las asociaciones, sugiere que los resultados en un tiempo más extenso de estudio de las estructuras de las asociaciones variará.

De acuerdo con Siqueiros-Beltrones, *et al.* (2014) los valores obtenidos, se consideran dentro del intervalo de los más comunes para las asociaciones de diatomeas bentónicas ya que mencionan que se encuentran entre $H'= 4$ a 5 ; estos valores obtenidos apoyan la hipótesis según la cual en ambas temporadas presentarían riqueza (S), diversidades (H') y equidades (J') altas, así como bajas dominancias (λ). De manera contraria, los valores de los índices comunitarios entre

estaciones fueron diversos, la hipótesis que sugiere que durante la época de lluvias se obtendría los valores más altos de diversidad es aceptada, sin embargo, también durante esta época se obtuvieron los valores más bajos, mientras que en nortes, los valores de diversidad se mantuvieron constantes.

Una de las causas que puede estar determinando estos valores, es la presencia de manglares circundantes de la laguna que estarían proveyendo nutrientes, de igual manera, las corrientes internas de la laguna y los vientos, pues al ser una laguna costera tiene poca profundidad de tal manera que la resuspensión y sedimentación de los organismos es constante, de igual manera, las descargas ininterrumpidas de aguas epicontinentales por parte de los ríos pueden estar afectando de manera negativa la el asentamiento de diatomeas.

En ambas temporadas, los valores más altos de H' y J' se registraron en estaciones que presentan mayor influencia de agua marina, sin embargo, esto difiere con lo planteado con Dor y Ehrlich, 1987 (citado en López-Fuerte, 2004) que proponen que la diversidad disminuye cuando la salinidad aumenta.

Considerando solo las variables ambientales para las temporadas de lluvias y nortes, mediante el ACP se obtuvieron dos grandes grupos que corresponden a ambas temporadas, teniendo sólo algunos solapamientos entre estaciones, esta separación, así como las diferencias entre las variables de ambas, reafirma lo registrado anteriormente por Yáñez-Arancibia y Day (1980, 1988) y Bach (2005), ya que cada temporada tiene características propias.

Las diferencias entre los muestreos se dieron por la profundidad, transparencia, temperatura, salinidad, O₂%, y concentración de los nutrientes; la temporada de lluvias se caracterizó por sus altas temperaturas y elevadas concentraciones de amonio a causa de las descargas terrígenas y pluviales que se considera característico de la época lluviosa en ambientes costeros (Contreras y Gutiérrez, 1989); en la época de nortes la salinidad presentó más variación entre sus estaciones; adicionalmente, se registraron mayores concentraciones de nutrientes, principalmente de sílice que pueden estar relacionados a los vientos propios de esta temporada.

En cambio, los resultados obtenidos entre estaciones y variables ambientales presentaron diferencias con respecto a la agrupación propuesta en la literatura (Yáñez-Arancibia y Day, 1980; Bach *et al.*, 2005). En la época de lluvias la zona I se diferenció de la III a causa de las concentraciones de nutrientes; en nortes la zona II varió con respecto a las de demás en el pH y las concentraciones de sílice; en ambas temporadas la zona I se distinguió de las otras zonas en la composición del sedimento, lo que podría corresponder a una zona de mezcla, debido a que la zona oeste presenta sedimentos más finos, mientras que la zona Este, el sedimento es principalmente calcáreo y arenoso (Bach *et al.*, 2005); al presentar corrientes internas, descargas de ríos y entrada de agua marina, provocarían el acarreo del sedimento entre zonas. De acuerdo con Borges-Souza (2013) se presentan diferencias en la distribución del sedimento y la composición asociadas al patrón de circulación suroeste-noreste, y las principales diferencias se dan en la zona central de la cuenca. Con los resultados del ACP se obtuvieron grupos comprendidos por estaciones de las tres zonas, lo que

demuestra que existe gran variabilidad y la zonación no corresponde totalmente a la previamente establecida.

La variable que presentó mayor relación de las especies abundantes en las comunidades fue el tipo de sedimento; así, se reconoce el importante papel de la composición y el tamaño del grano del sedimento en la forma en que se distribuyen las especies porque son factores que se relacionan con la estabilidad, depositación y acumulación de diferentes nutrientes necesarios para el desarrollo de las comunidades bentónicas (López-Fuerte, 2004)

Entre los géneros que se relacionan a sedimentos finos se encuentran *Gyrosigma*, *Surirella* y *Nitzschia*; en tanto, especies pequeñas como *Achnanthes*, *Achnanthidium* y *Planothidium* se relacionan a sustratos arenosos (Pan *et al.*, 2006), ya que se trata de formas episámicas; esto se pudo observar durante los conteos a excepción de las *Nitzschia* que estuvieron presentes en la mayoría de las estaciones.

Los nutrientes también fueron una variable importante principalmente el FRS, nitratos y amonio, sin embargo, no se pudo observar un patrón o la relación específica entre algún nutriente en concreto con respecto a la forma en que las comunidades se encuentran estructuradas; la temporada de nortes fue en la que se registró mayores concentraciones de nutrientes. Esto confirma lo reportado por López-Mejía (2022), que menciona que esto puede deberse a la resuspensión a causa de los vientos característicos de la temporada. Contrario a lo esperado, los nutrientes de las descargas epicontinentales durante la temporada de lluvias no fue posible observarlos,

sin embargo, esto podría relacionarse al aprovechamiento de recursos por parte del fitoplancton y el microfitobentos.

En general, las relaciones entre las asociaciones de diatomeas y las variables ambientales no son claras en todos los casos, ya que se pueden observar coincidencias en algunas especies muy abundantes con respecto a estas variables, sin embargo, durante otras temporadas, cambian.

Lo anterior es relevante debido a que evidencia que no solo se deben considerar a las variables ambientales, sino también se debe tomar en cuenta otros factores como el tamaño del cuerpo de agua estudiado y la forma de circulación del agua que causan variabilidad. Por ejemplo, Vilbaste *et al.*, (2000) mencionan que la salinidad no fue un factor importante en la distribución de las comunidades debido a su poca variabilidad en la zona de estudio, contrastando con lo que se registra dentro de la LT, pero, de la misma manera esta variable dentro de la cuenca tampoco se consideró como la más importante, aunque se presentaron valores heterogéneos relacionados con esta.

La LT, es el segundo cuerpo de agua más grande en México, la variabilidad a nivel temporal y espacial se puede observar al analizar las variables fisicoquímicas, sin embargo, establecer diferencias entre las asociaciones de diatomeas bentónicas es un problema más complejo, de igual manera que establecer la relación entre estas variables y las asociaciones.

Por otra parte, aunque se tiene conocimiento de que el tipo de sedimento, salinidad y nutrientes tienen gran influencia en las estructuras de las comunidades de

diatomeas bentónicas, no se puede interpretar el papel real de los factores fisicoquímicos si se consideran individualmente. Plante *et al.*, (2021) mencionan que para poder entender la forma en la que las asociaciones del microfitobentos se relaciona con las variables ambientales se debe tomar en cuenta el efecto espacial y ambiental combinado, por lo cual, tomar en cuenta el tamaño de los cuerpos de agua y la manera en que se dispersan los microorganismos también es importante para poder entender estas relaciones y explicarlas.

Asimismo, hacen falta estudios sobre las taxocesis y las comunidades de diatomeas bentónicas presentes en los sedimentos de zonas costeras mexicanas, debido a su importancia en la contribución a las comunidades ticoplanctónicas, así como en otros procesos de suma importancia ecológica, a causa de que en México no se tiene establecida una base taxonómica concreta contra la cual comparar las listas realizadas, adicionalmente, las identificaciones se basan en estudios realizados en diferentes zonas templadas y semitempladas, por lo que no siempre corresponden a lo que se observa en las zonas tropicales mexicanas.

10 CONCLUSIONES

Durante este estudio se encontraron diferencias significativas en las variables ambientales que caracterizaron a las temporadas, sin embargo, se contrastó la hipótesis que planteaba diferencias entre temporadas, de la misma manera, las asociaciones de diatomeas no presentaron diferencias significativas a nivel temporal.

A nivel espacial, se contrastó la hipótesis sobre una clasificación establecida para las estaciones; los grupos que se formaron no correspondieron a la zonación previamente planteada debido a la alta variabilidad de la laguna, aunque a nivel fisicoquímico presentaron similitudes, las asociaciones de diatomeas de las estaciones no formaron grupos, ya que la similitud entre estaciones fue baja lo que ocasionó que seis estaciones quedaran sin agruparse,

Se confirma que en la LT existe una alta riqueza, diversidad y equidad de diatomeas bentónicas que habitan en los sedimentos, lo que corresponde a la alta biodiversidad registrada en las lagunas costeras de zonas tropicales. Asimismo, se contrastó la hipótesis de las estaciones cercanas a los ríos presentarían los valores más altos de los índices comunitarios a causa de la entrada de especies dulceacuícolas, sin embargo, los resultados nos sugieren que las descargas constantes de agua epicontinental afectan de forma negativa a las asociaciones debido a los arrastres de masas de agua y sedimentos; los valores más altos de diversidad se relacionaron a las entradas de agua marina entre la laguna y el Golfo de México en ambas temporadas. Durante la temporada de lluvias se obtuvieron los valores más altos de diversidad, sin embargo, también contrasta con los valores más bajos

registrados durante este estudio, mientras que en la temporada de nortes, la diversidad no presentó cambios abruptos entre estaciones.

Con respecto a las variables ambientales que presentaron influencia en las asociaciones, estas tuvieron una mayor relación con el tipo de sedimento y los nutrientes; contrariamente a lo propuesto, la salinidad no fue la variable ambiental que tuvo mayor influencia en las asociaciones; sin embargo, los taxones más abundantes dentro de las asociaciones en la mayoría de las estaciones se relacionaron con la salinidad.

Aunque la mayoría de las especies se relacionó con los nutrientes y el sedimento de manera positiva, se necesitan más estudios ecológicos ya que se observa que las preferencias ambientales de las asociaciones son particulares entre estaciones, no obstante, entender las relaciones negativas también es importante porque se podría estar subestimando procesos entre los organismos y los recursos, por ejemplo, la falta de nutrientes podría ser a causa del aprovechamiento de las comunidades presentes.

Falta realizar también una correcta identificación de los taxones que no pudieron ser identificados a nivel de especie, así como confirmar identificaciones que presentaron algunas variaciones con respecto a la literatura o en su caso, la falta de literatura especializada, lo que podría dar como resultado un aumento de la riqueza de la laguna.

Este trabajo permitió visualizar la falta de bases de datos correspondientes a la diversidad de organismos bentónicos presente en las lagunas costeras mexicanas, de la misma manera, entender los patrones espacio-temporales nos servirán como base para estudios biogeográficos y ecológicos en los que se pueda observar diversos procesos dentro de la laguna, así como entender los factores que afectan las abundancias y la distribución de los organismos en ambientes complejos como son las lagunas costeras.

REFERENCIAS

Agráz-Hernández C. M., J. Osti-Sáenz, C. Keb-Chan, K. P. Conde-Medina, G. Kumul-Martínez, G. Martínez, J. Reyes-Castellanos, C. Herrera-May y A. Martínez. 2017. Programa Regional para la Caracterización y el Monitoreo de Ecosistemas de Manglar del Golfo de México y el Caribe Mexicano: Inicio de una Red Multi-Institucional. Campeche. Segunda Etapa. Universidad Autónoma de Campeche. Centro de Ecología Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México. Ciudad de México.

Ayala, P. L. A., M. J. Ramos y H. D. Flores. 2003. La comunidad de peces de la Laguna de Términos: estructura actual comparada. *Revista de Biología Tropical* 51 (3-4): 783-793.

Bach, L., R. Calderón, M. F. Cepeda, A. Oczkowski, S. B. Olsen, y D. Robadue. 2005. Resumen del Perfil de Primer Nivel del Sitio Laguna de Términos y su Cuenca, México Narragansett, *RI: Coastal Resources Center, University of Rhode Island*. 30 p.

Borges-Souza, G.N. 2004. Composición y distribución de sedimentos de la Laguna de Términos, Campeche, México (2001-2002). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Campeche, Facultad de Ciencias Químico-Biológicas.

Clavero, E., M. Hernández-Mariné, J. O. Grimalt y F. García-Pichel. 2000. Salinity tolerance of diatoms from thalassic hypersaline environments. *Journal of Phycology*. 36 (6):1021-1034.

Colombo, R., L. P., 1986. Contribución al conocimiento de los cambios estacionales del fitoplancton de la Bahía Chamela. Tesis de Maestría en Ciencias. Fac. de Ciencias. UNAM. 154.p.

Contreras, E. F, y F.J. Gutiérrez. 1989. Hidrología, nutrientes y productividad primaria en lagunas costeras. En: Rosa-Vélez, J. de la y F. González-Farías (eds). *Temas de oceanografía biológica* en Mexico. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada. (3): 57-78

Contreras-Espinosa, F. 2010. *Laguna de Términos, en: Ecosistemas Costeros Mexicanos Una actualización*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México. 435 p.

Contreras-Ruiz, A., P. Douillet, y J. Zavala-Hidalgo. 2014. Tidal dynamics of the Términos Lagoon, México: observations and 3D numerical modelling. *Ocean Dynamics* 64: 1349–1371. Díaz-Gaxiola, J. M. 2011. Una revisión sobre los manglares: características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: Caso sistema Lagunas de Topolobampo. *Ra Ximhai* 7 (3): 355-369.

Frankovich, T.A., E.E, Gaiser, J.C. Zeiman y A.H. Wachnicka. 2006. Spatial and temporal distributions of epiphytic diatoms growing on *Thalassia testudinum* Banks ex König: relationships to water quality. *Hydrobiologia*. 569:259-271.

- Gómez-Aguirre, S. 1974. Reconocimiento estacional de hidrología y plancton en la laguna de Términos Campeche, México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*. Universidad Nacional Autónoma de México 1 (1): 61-82.
- Hammer O., D.A.T. Harper y P.D, Ryan. 2001. PAST. Paleontological Statistics Software packet for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4:9
- Hawes, I., y A. M. Schwarz. 1996. Epiphytes from a deep-water characean meadow in an oligotrophic New Zealand lake: species composition, biomass and photosynthesis. *Freshwater Biology*, 36 (2): 297–313
- Hendey, I. 1964. An introductory account of smaller algae of British coastal Waters. Part V. Bacillariophyceae (Diatoms). *Fishery Investigations, Series IV*: H.M.S.O., London. 317 p.
- Hernandez-Almeida, O. U. 2005. Variaciones temporales en asociaciones de diatomeas epifitas en macroalgas de una zona subtropical. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional CICIMAR, La Paz, B.C.S. México. 129 p.
- Hernández-Almeida, O. U., Herrera-Silveira, J. A., y Merino-Virgilio, F. 2017. Nueve nuevos registros de diatomeas bentónicas de los géneros *Climaconeis*, *Cocconeis*, *Licmophora*, *Talaroneis*, *Oestrupia*, *Petroneis* y *Synedrosphenia* en la costa norte de la Península de Yucatán, México. *Hidrobiológica*, 23(2), 154-168.
- Holdridge, L. R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José, Costa Rica. 235 p.

Hustedt, F. 1959. Die kieselalgen Deutschlands, Osterreichs and der Schweiz, En: Rabenhorst. Kryptogamen-Flora. VII Band, II Teil. Koeltz Scientific Book. Leipzig. 845 p.

INE (Instituto Nacional de Ecología) Semanart. 2005. Evaluación preliminar de las tasas de pérdida de superficie de manglar en México. 21 p.

Lee, J. J., M. E. McEnery., E. M. Kennedy y H. Rubin. 1975. A nutritional analysis of sublittoral diatom epiphytic assemblage on *Enteromorpha* from a Long Island salt marsh. *Journal of Phycology*. 11: 14-49

López-Fuerte, F.O. 2004. Estructura de asociaciones de diatomeas en sedimentos del intermareal en la zona noroeste del sistema laguna Margalena-Almejas, B.C.S., México. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional, CICIMAR. La Paz. B.C.S. 176 p.

López-Fuerte F. O. y D. A. Siqueiros-Beltrones 2006. Distribución y estructura de asociaciones de diatomeas en sedimentos de un sistema de manglar. *Hidrobiológica* 16 (1): 283-292.

López-Fuerte. F. O, D. A. Siqueiros-Beltrones y O. U. Hernández-Almeida. 2013. Epiphytic diatoms of *Thalassia testudinum* (Hydrocharitaceae) from the Mexican Caribe. *Marine Biodiversity Records*, (1): 1-11.

López-Fuerte, F. O., D. A. Siqueiros-Beltrones., Y. J. Martínez y M. d. C. Altamirano-Cerecedo. 2022. Floristics and biogeographical affinity of diatoms attached to

Sargassum fluitans (Børgesen) Børgesen and *Sargassum natans* (Linnaeus) Gaillon Arriving on Mexico's Caribbean Coasts. *Diversity*. 14(9):758

López-Mejía, D., D. A. Siqueiros-Beltrones, F.O. López-Fuerte y F. Gutiérrez-Mendieta. 2021. Floristics of epiphytic diatoms on *Thalasia testudinum* from the southern Gulf of Mexico. *Cymbella*. 7(1):18-35

López-Mejía, D. 2022. Evaluación del estado ecológico de laguna de Términos con base en la estructura de asociaciones de diatomeas bentónicas. Tesis doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, Ciudad de México. 142 p.

López-Mejía, D., F. J., Gutiérrez-Mendieta, J. A. Zavala-Hurtado, D.A., Siqueiros-Beltrones, F. Varona-Cordero e I. R, Herrera-Moro Chao. 2022. Physicochemical gradients in a coastal lagoon from the southern Gulf of Mexico; a multivariate approach. *Regional Studies in Marine Science*. 52 (2022) 102284.

Loya-Salinas, D.H. y A.Escofer. 1990. Aportaciones al cálculo del índice de Valor Biológico (Sanders, 1960). Contribution to the calculation of the Biological Value Index (Sanders, 1960). *Ciencias Marinas*, 16 (2): 97-115

Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press New Jersey, EE.UU. 180 pp.

Martínez, Y. J., D.A. Siqueiros-Beltrones y P. L. Ardisson. 2019. Colonization of fiber-glass plates by benthic diatoms from subtidal sediment off the coast of Yucatan, Mexico. *CICIMAR Océanides*. 34(1): 29-40

- Montagna, P. A., G. F. Blanchard and A. Dinet. 1995. Effect of production and biomass of intertidal microphytobenthos on meiofaunal grazing rates. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 185 (2): 149-165.
- Muciño-Márquez, R. E., M. G. Figueroa-Torres, y A. Aguirre-León. 2014. Phytoplankton composition in the fluvial-lagoon systems Pom-Atasta and Palizada del Este, adjacent to the Términos Lagoon Campeche, Mexico. *Acta Biológica Colombiana*. 19 (1): 63-84.
- Navarrete-Rodríguez, G., M.R., Castañeda-Chávez y F. Lango-Reynoso. 2020. Geoaccumulation of heavy metals in sediment of the Fluvial-Lagoon-Deltaic system of the Palizada River, Campeche, Mexico. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17(3). 969.
- Obrezkova, M. S. 2009. Diatom flora of surface sediments of the Amour River Estuary and Adjacent Area of the Sea of Japan and the sea of Okhotsk. *Russian Journal of Marine Biology*. 35(2): 139-150.
- Okolodkov, Y. B y D. A. Huerta-Quintanilla. 2018. Diatomeas bentónicas marinas. *Materia, ciencia y tecnología*. 1(2). 13-18
- Pan, Y., B. H., Hill., P. Husby., R.K., Hall y P.R. Kaufmann. 2006. Relationships between environmental variables and benthic diatom assemblages in California Central Valley streams (USA). *Hydrobiologia*. 561:119-130
- Peragallo, H y M. Peragallo. 1908. Diatomees marines de France et des districts marines voisins. M. J. Tempere, France. 491 p.

Pérez, L., E. Brugnoli., P. Muniz., I. Sunesen., E. A. Sar., C. Crisci, C. Cuña y F. García-Rodríguez. 2017. Diatom assemblages from Surface sediments of the Río de la Plata estuary, Uruguay. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 52 (3): 383-397.

Pérez-Rojas, A. y A. Z. Márquez-García. 2017. Sedimentología. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. 20-29 pp.

Plante, C.J., K. Hill-Spanik., M. Cook y C. Graham. 2021. Environmental and spatial influences on biogeography and community structure of saltmarsh benthic diatoms. *Estuaries and Coasts*. 44:147-161

Poot-Delgado, C. A., Y. B. Okolodkov, J. A. Aké-Castillo y J. Rendón-Von Osten. 2015. Annual cycle of phytoplankton with emphasis on potentially harmful species in oyster beds of the Términos Lagoon, Southeastern Gulf of Mexico. *Revista de biología marina y oceanografía* 50 (3): 465-477.

Poot-Delgado, C. A., Y. B. Okolodkov, J. A. Aké-Castillo y J. Rendón-Von Osten. 2015b. Fitoplancton potencialmente nocivo en el muelle la Puntilla, Laguna de Términos, Sureste del Golfo de México. *BIOCYT Biología, ciencia y tecnología* 8 (32): 570-582.

Ramos-Miranda. J., L. Quiniou, D. Flores-Hernández, Do-Chi, T., L. Ayala-Pérez y A. Sosa-Lopez. 2005. Spatial and temporal changes in the nekton of the Términos Lagoon, Campeche, México. *Journal of Fish Biology* 66 (2): 513-530

Robadue, D., A. Oczkowski, R. Calderon, L. Bach, y Cepeda M. F. 2004. Characterization of the Region of the Términos Lagoon: Campeche, Mexico: Draft for discussion. Narragansett, RI:Coastal Resources Center, University of Rhode Island.

PLUS Calderon, R. Draft 1 Site Profile: The Laguna De Términos, México, Corpus Christi, TX: *The Nature Conservancy* 51 p.

Round, F. E., R. M. Crawford y D. G. Mann. 1990. The diatoms. Cambridge University Press. Cambridge. 747 pp.

Schmidt, A., M. Schmidt., F. Fricke., H. Heiden., O. Muller y F. Hustedt. 1874-1959. Atlas der diatomaceenkunde. Heft 1-120, Tafeln 1-460. Reiland, Leipzig. 208 p.

Siqueiros-Beltrones, D. A., S. E. Ibarra-Obando y D. H. Laya-Salinas. 1985. Una aproximación a la estructura florística de las diatomeas epifitas de *Zostera marina* y sus variaciones temporales, en Bahía Falsa, San Quintín. B.C. An approximation to the floristic structure of the epiphytic diatoms of *Zostera marina* and its temporal variations in Bahía Falsa, San Quintín, B.C. *Ciencias Marinas* 2 (3): 69-88.

Siqueiros-Beltrones, D. A. 1990. Una nota sobre los índices usados para valorar la diversidad de especies en asociaciones de diatomeas bentónicas. *Ciencias Marinas*. 16(6): 91-99.

Siqueiros-Beltrones, D. A. y H. Morzaria-Luna. 1999. New records of marine benthic diatom species for the Northwestern Mexican Region. *Oceánides*. 14 (2): 89-95

Siqueiros-Beltrones, D. A. y E. Sánchez-Castrejón. 1999. Structure of benthic diatom assemblages from a mangrove environment in a Mexican Subtropical Lagoon. *Biotropica*. 31(1): 48-70.

Siqueiros-Beltrones, D. A. 2002. Diatomeas bentónicas de la península de Baja California; diversidad y potencial ecológico. *Oceánides-CICIMAR-IPN-UABCS*. México. 102 p.

Siqueiros-Beltrones, D. A., D. López-Mejía y F. Gutiérrez-Mendieta. 2020. High species richness of epiphytic *Mastogloia* (Mastigloiales: Bacillariophyceae) on *Thalassia testudinum* along the coast of Campeche, Southern Gulf of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. (91) 1-22.

Shannon L. H., C. L. Weillhoefer, J. E. Kaldy y T. H. DeWitt. 2012. Sediment diatom species and community response to nitrogen addition in Oregon (USA). *Estuarine Tidal Wetlands* 32 (6): 1023-1031.

Stidolph, S. R., F. A. S, Sterrenburg., K. E. L. Smith y A. Kraberg. 2012. Stuart R. Stidoph Diatom Atlas: U. S. Geological Survey Open-File Report 2012-1163. 199 p.

Suárez-Caabro, J.A. y S. Gómez-Aguirre. 1965. Observaciones sobre el fitoplancton en la laguna de Términos, Campeche, México. *Bulletin of Marine Science* 15 (4): 1072-1120.

Underwood, G, J. C. y D. M. Paterson. 1993. Seasonal changes in diatoms biomass, sediment stability and biogenic stabilization in the seven Estuary, Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 73(4), 871-887-

Underwood, G., J. Phillips y K. Saunders. 1998. Distribution of estuarine benthic diatom species along salinity and nutrient gradients. *European Journal of Phycology*. 33 (2): 173-183.

Vilbaste, S., K. Sundbck., C. Nilsson y J. Truu. 2000. Distribution of benthic diatoms in the littoral zone of the Gulf of Riga, the Baltic Sea. *European Journal of Phycology*. 35 (4): 373-385.

Weilhoefer, C. L., C. N. Matteucci y F. Turner. 2021a. Multiple estuarine gradients influencing tidal flat benthic algal biomass and community structure in the Yaquina Estuary, OR, USA. *Estuaries and Coasts*. 44: 1392-1407.

Weilhoefer, C. L., F. Turner y C. N. Matteucci. 2021b. Seasonal Relationship between assemblages and environmental conditions vary between epipellic and epipsammic-dominated tidal flat diatom communities in the Yaquina Estuary, Oregon, USA. *Estuaries and Coasts*. 44: 2222-2235

Witkowski, A., H. Lange-Bertalot y D. Metzeltin. 2000. Diatom flora of marine coasts I. Gantner Verlag, Ruggell. 925 pp.

Yáñez-Arancibia, A., F.A. Linares y J. Day. 1980. Fish community structure and function in Terminos Lagoonn, a tropical estuary in the southern Gulf of Mexico. En: V. Kennedy (ED) *Estuarine perspectives*. The fifth Biennial International Estuarine Research Federation Conference. Academic Press Inc. 465-482

Yáñez-Arancibia, A. y J. J. Day. 1988. Caracterización ecológica de la Laguna de Términos, un sistema Lagunar-Estuarino Tropical en el Sur del Golfo de México. En:

Yáñez-Arancibia A. & J. W. Day Jr. (Ed.). *Ecología De Los Ecosistemas Costeros en el sureste del Golfo de México: La Región de La Laguna de Términos*. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 1-26.

Yáñez-Arancibia, A., O. Lara-Domínguez, P. Chavance, y D. Flores. 1988. Comportamiento ambiental de la Laguna de Términos, en: Yáñez-Arancibia, A., Day, J.W.J (Eds.). *Ecología de los Ecosistemas Costeros Del Sureste del Golfo de México*.

Yongqiang Z. y K. B. Hassan. 2004. Diatom assemblages from two mangrove tidal flats in peninsular Malaysia. *Diatom Research* 19 (2): 329-344.

.

APÉNDICES

Apéndice I. Lista de especies de diatomeas bentónicas presentes en el sedimento de la laguna de Términos, Campeche.

Dominio	Eukaryota	
Reino	Chromista	Ambiente
Filum	Bacillariophyta	
Clase	Coscinodiscophyceae Round & R.M.Crawford	
Orden	Asterolamprales	
Familia	Asterolampraceae	
Género	<i>Asteromphalus</i> (Brébisson) Greville	
Especie	<i>Asteromphalus flabellatus</i> (Brébisson) Ralfs	Marina
	<i>Asteromphalus hepactis</i> Karsten	Marina
	<i>Asteromphalus parvulus</i>	Marina
Orden	Aulacoseirales	
Familia	Aulacoseiraceae	
Género	<i>Aulacoseira</i>	
Especie	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	Dulceacuícola
	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	Dulceacuícola
Orden	Coscinodiscales	
Familia	Coscinodiscaceae	
Género	<i>Coscinodiscus</i>	
Especie	<i>Coscinodiscus gigas</i> Ehrenberg	Marina
	<i>Coscinodiscus sp1</i>	
Familia	Hemidiscaceae	
Género	<i>Actinocyclus</i>	
Especie	<i>Actinocyclus gallicus</i> F. Meister	Marina
	<i>Actinocyclus octonarius</i> Ehrenberg	Marina
	<i>Actinocyclus sp1</i>	
Género	<i>Azpeitia</i>	
Especie	<i>Azpeitia nodulifera</i> (A.W.F.Schmidt) G.A.Fryxell & P.A.Sims	Marina
Familia	Heliopeltaceae	
Género	<i>Actinoptychus</i>	
Especie	<i>Actinoptychus aster</i> Brun	Marina
	<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	Marina
	<i>Actinoptychus vulgaris</i> Schumann	Marina
Orden	Melosirales	
Familia	Hyalodiscaceae	
Género	<i>Hyalodiscus</i>	
Especie	<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kützing) Grunow	Salobre
Género	<i>Podosira</i>	
Especie	<i>Podosira hormoides</i> (Montagne) Kützing	Marina
	<i>Podosira montagnei</i> Kützing	Marina
	<i>Podosira stelligera</i> (Bailey) A.Mann	Marina

Familia	Melosiraceae	
Género	<i>Melosira</i>	
Especie	<i>Melosira moniliformis</i> var. <i>octagona</i> (Grunow) Hustedt	Dulceacuicola
Orden	Paraliales	
Familia	Paraliaceae	
Género	Paralia	
Especie	<i>Paralia grunowii</i> Glezer	Marina
	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	Marina
	<i>Paralia sulcata</i> var. <i>coronata</i> (Ehrenberg) G.W.Andrews	Marina
Orden	Triceratiales	
Familia	Triceratiaceae	
Género	<i>Triceratium</i>	
Especie	<i>Triceratium reticulum</i> Ehrenberg	Marina
Clase	Mediophyceae Medlin & Kaczmarek	
Orden	Anaulales	
Familia	Anaulaceae	
Género	<i>Anaulus</i>	
Especie	<i>Anaulus minutus</i> Grunow	Marina
Género	<i>Eunotogramma</i>	
Especie	<i>Eunotogramma laeve</i> Grunow	Dulceacuicola
	<i>Eunotogramma marinum</i> (W.Smith) H.Peragallo & M.Peragallo	Marina
Género	<i>Terpsinoë</i>	
Especie	<i>Terpsinoë musica</i> var. <i>intermedia</i> (Grunow) Hustedt	Marina
Orden	Ardissoneales	
Familia	Ardissoneaceae	
Género	<i>Ardissonea</i>	
Especie	<i>Ardissonea formosa</i> (Hantzsch) Grunow	Marina
	<i>Ardissonea fulgens</i> (Greville) Grunow ex De Toni	Salobre
Género	<i>Toxarium</i>	
Especie	<i>Toxarium hennedyanum</i> (W.Gregory) Pelletan	Marina
	<i>Toxarium undulatum</i> Bailey	Dulceacuicola
Orden	Biddulphiales	
Familia	Biddulphiaceae	
Género	<i>Biddulphia</i>	
Especie	<i>Biddulphia biddulphiana</i> (J.E.Smith) Boyer	Marina
Orden	Cymatosirales	
Familia	Cymatosiraceae	
Género	<i>Cymatosira</i>	
Especie	<i>Cymatosira belgica</i> Grunow	Dulceacuicola
	<i>Cymatosira lorenziana</i> Grunow	Marina
Orden	Eupodiscales	
Familia	Eupodiscaceae	
Género	<i>Zygoceros</i>	
Especie	<i>Zygoceros rhombus</i> Ehrenberg	Marina
Familia	Odontellaceae	
Género	<i>Odontella</i>	
Especie	<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C.Agardh	Cosmopolita
	<i>Odontella obtusa</i> Kützing	Marina
Familia	Parodontellaceae	
Género	<i>Trieres</i>	
Especie	<i>Trieres mobiliensis</i> (Bailey) Ashworth & E.C.Theriot	Cosmopolita
Orden	Stephanodiscales	
Familia	Stephanodiscaceae	
Género	<i>Cyclotella</i>	
Especie	<i>Cyclotella choctawhatcheea</i> Prasad	Marina
	<i>Cyclotella litoralis</i> Lange & Syvertsen	Cosmopolita
	<i>Cyclotella meduanae</i> H.Germain	Dulceacuicola
	<i>Cyclotella striata</i> (Kützing) Grunow	Dulceacuicola
	<i>Cyclotella stylonum</i> Brightwell	Dulceacuicola

Género	<i>Discostella</i>		
Especie	<i>Discostella woltereckii</i>	(Hustedt) Houk & Klee	Dulceacuícola
	<i>Discostella pseudostelligera</i>	(Hustedt) Houk & Klee	Dulceacuícola
	<i>Discostella stelligera</i>	(Cleve & Grunow) Houk & Klee	Dulceacuícola
Género	<i>Pantocsekiella</i>		
Especie	<i>Pantocsekiella tripartita</i>	(Håkansson) K.T.Kiss & E.Ács	Marina
Género	<i>Stephanodiscus</i>		
Especie	<i>Stephanodiscus minutulus</i>	(Kützing) Cleve & Möller	Dulceacuícola
Orden	Thalassiosirales		
Familia	Thalassiosiraceae		
Género	<i>Minidiscus</i>		
Especie	<i>Minidiscus proschkinae</i>	(Makarova) J.S.Park & J.H.Lee	Marina
Género	<i>Shionodiscus</i>		
Especie	<i>Shionodiscus oestrupii</i>	(Ostenfeld) A.J.Alverson, S.-H.Kang & E.C.Theriot	Marina
Género	<i>Stephanocyclus</i>		
Especie	<i>Stephanocyclus meneghinianus</i>	(Kützing) Kulikovskiy, Genkal & Kociolek	Cosmopolita
Género	<i>Thalassiosira</i>		
Especie	<i>Thalassiosira cedarkeyensis</i>	A.K.S.K.Prasad	Marina
	<i>Thalassiosira cf. nanolineata</i>	(A.Mann) Fryxell & Hasle	Marina
	<i>Thalassiosira decipiens</i>	(Grunow ex Van Heurck) Jørgensen	Marina
	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	(Ehrenberg) Cleve	Marina
	<i>Thalassiosira sp1</i>		
Clase	Bacillariophyceae Haeckel		
Orden	Bacillariophyta ordo incertae sedis		
Familia	Bacillariophyta familia incertae sedis		
Género	<i>Actinoneis</i>		
Especie	<i>cf. Actinoneis lorenziana</i>	(Grunow) Mereschkowsky	Dulceacuícola
Género	<i>Orthonais</i>		
Especie	<i>Orthonais cribrosa</i>	(Grunow) Grunow	Marina
Orden	Achnanthes		
Familia	Achnantheaceae		
Género	<i>Achnanthes</i>		
Especie	<i>Achnanthes brevipes var. brevipes</i>	Agardh	Dulceacuícola
	<i>Achnanthes cf. brevipes var. intermedia</i>	(Kützing) Cleve	Salobre
	<i>Achnanthes curvirostrum</i>	Brun	Salobre
	<i>Achnanthes fimbriata</i>	(Grunow) R. Ross	Marina
	<i>Achnanthes sp1</i>		
	<i>Achnanthes sp2</i>		
Familia	Achnanthidiaceae		
Género	<i>Astartiella</i>		
Especie	<i>cf. Astartiella punctifera</i>		Marina
Género	<i>Gogorevia</i>		
Especie	<i>Gogorevia exilis</i>	(Hustedt) Witkowski & Lange-Bertalot	Dulceacuícola
		(Kützing) Kulikovskiy & Kociolek	
Género	<i>Karayevia</i>		
Especie	<i>Karayevia submarina</i>	(Hustedt) Bukhtiyarova	Marina
Género	<i>Lemnicola</i>		
Especie	<i>Lemnicola hungarica</i>	(Grunow) Round & Basson	Dulceacuícola
Género	<i>Navithidium</i>		
Especie	<i>Navithidium delicatissima</i>	(Simonsen) Al-Handal, Romero & Wulff	Marina

Género	<i>Planothidium</i>		
Especie	<i>Planothidium delicatulum</i>	(Kützing) Round & Bukhtiyarova	Cosmopolita
	<i>Planothidium deperditum</i>	(Giffen) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	Marina
	<i>Planothidium hauckianum</i>	(Grunow) Bukhtiyarova	Dulceacuícola
	<i>Planothidium cf. marginostriatum</i>	Van de Vijver & Beyens	Dulceacuícola
Género	<i>Psammothidium</i>		
Especie	<i>Psammothidium levanderi</i>	(Hustedt) Bukhtiyarova & Round	Dulceacuícola
	<i>Psammothidium ventrale</i> nom. Inval.	(Krasske) Bukhtiyarova & Round	Dulceacuícola
Familia	Cocconeidaceae		
Género	<i>Amphicocconeis</i>		
Especie	<i>Amphicocconeis discrepans</i>	(A.W.F.Schmidt) Riaux-Gobin, Witkowski, Ector & Iger	Marina
	<i>Amphicocconeis disculoides</i>	(Hustedt) Stefano & Marino	Marina
Género	<i>Anorthoneis</i>		
Especie	<i>Anorthoneis eurystoma</i>	Cleve	Marina
Género	<i>Cocconeis</i>		
Especie	<i>Cocconeis californica</i>	Grunow	Cosmopolita
	<i>Cocconeis cf. dirupta</i>	W. Gregory	Marina
	<i>Cocconeis cf. distantula</i>	Giffen	Marina
	<i>Cocconeis cf. irregularis</i>	(P.Schulz) Witkowski	Marina
	<i>Cocconeis convexa</i>	Giffen	Salobre
	<i>Cocconeis distans</i>	W.Gregory	Cosmopolita
	<i>Cocconeis fasciolata</i>	(Ehrenberg) N.E.Brown	Marina
	<i>Cocconeis guttata</i>	Hustedt & Aleem	Marina
	<i>Cocconeis lineata</i>	Ehrenberg	Dulceacuícola
	<i>Cocconeis molesta</i>	Kützing	Marina
	<i>Cocconeis neothumensis var. marina</i>	M.De Stefano, D.Marino, & L.Mazzella	Marina
	<i>Cocconeis pellucida</i>	Grunow	Marina
	<i>Cocconeis pelta</i>	A.W.F.Schmidt	Cosmopolita
	<i>Cocconeis placentula var. euglypta</i>	(Ehrenberg) Cleve	Dulceacuícola
	<i>Cocconeis pseudodiruptoides</i>	Foged	Marina
	<i>Cocconeis scutellum</i>	Ehrenberg	Marina
	<i>Cocconeis scutellum var. parva</i>	(Grunow) Cleve	Cosmopolita
	<i>Cocconeis sp1</i>		
	<i>Cocconeis sp2</i>		
	<i>Cocconeis sp3</i>		
	<i>Cocconeis sp4</i>		
	<i>Cocconeis sp5</i>		
	<i>Cocconeis sp6</i>		
	<i>Cocconeis sp7</i>		
	<i>Cocconeis sp8</i>		
	<i>Cocconeis sublittoralis</i>	Hendey	Cosmopolita
Orden	Bacillariales		
Familia	Bacillariaceae		
Género	<i>Bacillaria</i>		
Especie	<i>Bacillaria socialis</i>	(W.Gregory) Ralfs	Marina
Género	<i>Denticula</i>		
Especie	<i>Denticula subtilis</i>	Grunow	Cosmopolita
Género	<i>Hantzschia</i>		
Especie	<i>Hantzschia virgata</i>	(Roper) Grunow	Marina
Género	<i>Homoeocladia</i>		
Especie	<i>Homoeocladia distans</i>	(W.Gregory) Kuntze	Marina

Género	<i>Nitzschia</i>		
Especie	<i>Nitzschia insignis</i>	W.Gregory	Marina
	<i>Nitzschia amabilis</i>	H.Suzuki	Marina
	<i>Nitzschia amphibia</i>	Grunow	Dulceacuícola
	<i>Nitzschia aremonica</i>	Archibald	Marina
	<i>Nitzschia bartholomei</i>	(Grunow) Lange-Bertalot & Krammer	Marina
	<i>Nitzschia bicapitata</i>	Cleve	Marina
	<i>Nitzschia brevissima</i>	Grunow	Dulceacuícola
	<i>Nitzschia carnicobarica</i>	Desikachary & Prema	Marina
	<i>Nitzschia cf. angularis</i>	W.Smith	Marina
	<i>Nitzschia dissipata</i>	(Kützing) Rabenhorst	Dulceacuícola
	<i>Nitzschia frustulum</i>	(Kützing) Grunow	Cosmopolita
	<i>Nitzschia incurva var. lorenziana</i>	R.Ross	Marina
	<i>Nitzschia lanceolata var. minima</i>	(Grunow) H.Peragallo & M.Peragallo	Dulceacuícola
	<i>Nitzschia longissima</i>	(Brébisson) Ralfs	Marina
	<i>Nitzschia macilenta</i>	W.Gregory	Marina
	<i>Nitzschia microcephala</i>	Grunow	Dulceacuícola
	<i>Nitzschia miserabilis</i>	Cholnoky	Marina
	<i>Nitzschia palea</i>	(Kützing) W.Smith	Dulceacuícola
	<i>Nitzschia pellucida</i>	Grunow	Marina
	<i>Nitzschia polaris</i>	Grunow	Marina
	<i>Nitzschia reversa</i>	W.Smith	Salobre
	<i>Nitzschia sp1</i>		
	<i>Nitzschia sp10</i>		
	<i>Nitzschia sp2</i>		
	<i>Nitzschia sp3</i>		
	<i>Nitzschia sp4</i>		
	<i>Nitzschia sp5</i>		
	<i>Nitzschia sp6</i>		
	<i>Nitzschia sp7</i>		
	<i>Nitzschia sp8</i>		
	<i>Nitzschia sp9</i>		
	<i>Nitzschia vidovichii</i>	(Grunow) Grunow	Marina
	<i>Nitzschia yalahau</i>	E.Novelo, Tavera & C.Ibarr	Dulceacuícola
Género	<i>Psammodictyon</i>		
Especie	<i>Psammodictyon constrictum</i>	(W.Gregory) D.G.Mann	Marina
	<i>Psammodictyon panduriforme</i>	(W.Gregory) D.G.Mann	Marina
Género	<i>Tryblionella</i>		
Especie	<i>Tryblionella apiculata</i>	W.Gregory	Marina
	<i>Tryblionella circumsuta</i>	(Bailey) Ralfs	Marina
	<i>Tryblionella coarctata</i>	(Grunow) D.G.Mann	Marina
	<i>Tryblionella compressa</i>	(Bailey) Poulin	Marina
	<i>Tryblionella didyma</i>	(Hustedt) D.G.Mann	Marina
	<i>Tryblionella granulata</i>	(Grunow) D.G.Mann	Marina
	<i>Tryblionella lanceola</i>	Grunow	Marina
	<i>Tryblionella levidensis</i>	W.Smith	Marina
	<i>Tryblionella littoralis</i>	(Grunow) D.G.Mann	Marina
	<i>Tryblionella navicularis</i>	(Brébisson) Ralfs	Marina
	<i>Tryblionella pararostrata</i>	(Lange-Bertalot) Clavero & Hernández-Mariné	Salobre
	<i>Tryblionella punctata</i>	W.Smith	Cosmopolita

Orden	Cymbellales	
Familia	Anomoeoneidaceae	
Género	Adlafia	
Especie	<i>Adlafia</i> sp1	
Género	<i>Anomoeoneis</i>	
Especie	<i>Anomoeoneis</i> cf. <i>sculpta</i> (Ehrenberg) Cleve	Dulceacuícola
Género	<i>Staurophora</i>	
Especie	<i>Staurophora</i> cf. <i>columbiana</i> Bahls	Salobre
	<i>Staurophora dubitabilis</i> (Hustedt) Clavero & Hernández-Mariné	Salobre
Orden	Eunotiales	
Familia	Eunotiaceae	
Género	<i>Eunotia</i>	
Especie	<i>Eunotia incisa</i> W.Smith ex W.Gregory	Dulceacuícola
	<i>Eunotia tenella</i> (Grunow) Hustedt	Dulceacuícola
Familia	Gomphonemataceae	
Género	<i>Gomphonema</i>	
Especie	<i>Gomphonema affine</i> Kützing	Dulceacuícola
	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	Dulceacuícola
	<i>Gomphonema</i> sp1	
	<i>Gomphonema</i> sp1	
Orden	Fragilariales	
Familia	Staurosiraceae	
Género	<i>Nanofrustulum</i>	
Especie	<i>Nanofrustulum sopotense</i> (Witkowski & Lange-Bertalot) E.Morales, C.E.Wetzel & S	Dulceacuícola
Género	<i>Neofragilaria</i>	
Especie	<i>Neofragilaria nicobarica</i> Desikachary, Prasad & Prema	Marina
Género	<i>Opephora</i>	
Especie	<i>Opephora marina</i> (W.Gregory) Petit	Marina
	<i>Opephora pacifica</i> (Grunow) Petit	Marina
Género	<i>Pseudostaurosira</i>	
Especie	<i>Pseudostaurosira decipiens</i> E.Morales, G.Chávez & L.Ector	Dulceacuícola
Género	<i>Pseudostaurosiropsis</i>	
Especie	<i>Pseudostaurosiropsis punctiformis</i> (Witkowski, Metzeltin & Lange-Bertalot) Witkowski, S	Marina
Género	<i>Staurosira</i>	
Especie	<i>Staurosira</i> sp1	
	<i>Staurosira</i> cf. <i>construens</i> Ehrenberg	Dulceacuícola
Género	<i>Staurosirella</i>	
Especie	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) D.M.Williams & Round	Dulceacuícola
	<i>Staurosirella leptostauron</i> (Ehrenberg) D.M.Williams & Round	Dulceacuícola
Orden	Licmophorales	
Familia	Licmophoraceae	
Género	<i>Licmophora</i>	
Especie	<i>Licmophora abbreviata</i> C.Agardh	Marina
	<i>Licmophora communis</i> (Heiberg) Grunow	Marina
	<i>Licmophora ehrenbergii</i> (Kützing) Grunow	Marina
	<i>Licmophora paradoxa</i> (Lyngbye) C.Agardh	Marina
	<i>Licmophora remulus</i> (Grunow) Grunow	Marina
Familia	Ulnariaceae	
Género	<i>Hyalosynedra</i>	
Especie	<i>Hyalosynedra laevigata</i> (Grunow) D.M.Williams & Round	Marina
Género	<i>Tabularia</i>	
Especie	<i>Tabularia</i> sp1	
	<i>Tabularia fasciculata</i> (C.Agardh) D.M.Williams & Round	Marina
	<i>Tabularia tabulata</i> (C.Agardh) Snoeijis	Cosmopolita

Orden	Lyrellales		
Familia	Lyrellaceae		
Género	<i>Lyrella</i>		
Especie	<i>Lyrella clavata</i> var. <i>caribaea</i>	(Cleve) Siqueiros Beltrones	Marina
	<i>Lyrella diffluens</i>	(A.W.F.Schmidt) D.G.Mann	Marina
	<i>Lyrella lyra</i>	(Ehrenberg) Karayeva	Marina
Género	<i>Petroneis</i>		
Especie	<i>Petroneis granulata</i> nom. Illeg.	D.G.Mann	Marina
	<i>Petroneis latissima</i> var. <i>rostrata</i>	(W.Gregory) A.J.Stickle & D.G.Mann	Marina
	<i>Petroneis marina</i>	(Ralfs) D.G.Mann	Marina
Orden	Mastogloiales		
Familia	Mastogloiaceae		
Género	<i>Mastogloia</i>		
Especie	<i>Mastogloia acustiuscula</i>	Grunow	Marina
	<i>Mastogloia angulata</i>	F.W.Lewis	Marina
	<i>Mastogloia barbadensis</i>	(Greville) Cleve	Marina
	<i>Mastogloia binotata</i>	(Grunow) Cleve	Marina
	<i>Mastogloia borneensis</i>	Husted	Marina
	<i>Mastogloia braunii</i>	Grunow	Salobre
	<i>Mastogloia cf tenera</i>	Hustedt	Marina
	<i>Mastogloia cf. angusta</i>	Hustedt	Marina
	<i>Mastogloia cf. belaensis</i>	Voigt	Salobre
	<i>Mastogloia cf. calcarea</i>	S.S.Lee, E.E.Gaiser, B.Van de Vijver, M.B.Edlund & Spa	Salobre
	<i>Mastogloia cf. lacustris</i>	(Grunow) Grunow	Salobre
	<i>Mastogloia corsicana</i>	(Grunow) H.Peragallo & M.Peragallo	Marina
	<i>Mastogloia crucicula</i>	(Grunow) Cleve	Marina
	<i>Mastogloia decussata</i>	Grunow	Marina
	<i>Mastogloia elegans</i>	Lewis	Marina
	<i>Mastogloia erythraea</i>	Grunow	Marina
	<i>Mastogloia gibbosa</i>	Brun	Marina
	<i>Mastogloia grunowii</i>	A.W.F.Schmidt	Marina
	<i>Mastogloia ovalis</i>	A.W.F.Schmidt	Marina
	<i>Mastogloia paradoxa</i>	Grunow	Marina
	<i>Mastogloia pisciculus</i>	Cleve	Marina
	<i>Mastogloia punctifera</i>	Brun	Marina
	<i>Mastogloia pusilla</i>	Grunow	Cosmopolita
	<i>Mastogloia sp1</i>		
	<i>Mastogloia sp2</i>		
	<i>Mastogloia sp3</i>		
	<i>Mastogloia sp4</i>		
	<i>Mastogloia sp5</i>		
	<i>Mastogloia sp6</i>		
	<i>Mastogloia sp7</i>		
	<i>Mastogloia sp8</i>		
	<i>Mastogloia sp9</i>		
	<i>Mastogloia urveae</i>	Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	Marina
	<i>Mastogloia varians</i>	Hustedt	Marina

Género	<i>Tetramphora</i>		
Especie	<i>Tetramphora cf. robusta</i>	Stepanek & Kociolek	Marina
	<i>Tetramphora decussata</i>	(Grunow) Stepanek & Kociolek	Marina
	<i>Tetramphora lineolata</i>	(Ehrenberg) Mereschkowsky	Marina
	<i>Tetramphora robusta</i>	Stepanek & Kociolek	Marina
	<i>Tetramphora sp1</i>		
Orden	Naviculales		
Familia	Amphipleuraceae		
Género	<i>Amphiprora</i>		
Especie	<i>Amphiprora cf. conspicua</i>	Greville	Marina
	<i>Amphiprora gigantea var. sulcata</i>	(O'Meara) Cleve	Marina
Género	<i>Frustulia</i>		
Especie	<i>Frustulia interposita</i>	(Lewis) De Toni	Dulceacuícola
	<i>Frustulia rhomboides</i>	(Ehrenberg) De Toni	Dulceacuícola
Género	<i>Halamphora</i>		
Especie	<i>Halamphora aponina</i>	(Kützing) Levkov	Salobre
	<i>Halamphora cf. interrupta</i>	(Heiden) Levkov	Marina
	<i>Halamphora eunotia</i>	(Cleve) Levkov	Salobre
	<i>Halamphora sp1</i>		
	<i>Halamphora sp2</i>		
	<i>Halamphora tenerima</i>	(Aleem & Hustedt) Levkov	Marina
Familia	Brachysiraceae		
Género	<i>Brachysira</i>		
Especie	<i>Brachysira sp1</i>		
Familia	Berkeleyaceae		
Género	<i>Berkeleya</i>		
Especie	<i>Berkeleya scopulorum</i>	(Brébisson ex Kützing) E.J.Cox	Marina
Género	<i>Climaconeis</i>		
Especie	<i>Climaconeis colemaniae</i>	A.K.S.K.Prasad	Marina
Género	Cosmioneidaceae		
Especie	<i>Cosmioneis brasiliiana</i>	(Cleve) C.E.Wetzel & Ector	Dulceacuícola
Género	Parlibellus		
Especie	<i>Parlibellus cruciculoides</i>	(C.Brockmann) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	Marina
	<i>Parlibellus hagelsteinii</i>	E.J.Cox	Marina
	<i>Parlibellus panduriformis</i>	J.John	Marina
	<i>Parlibellus rhombicus</i>	(W.Gregory) E.J.Cox	Marina
Género	<i>Stenoneis</i>		
Especie	<i>Stenoneis sp1</i>		
Familia	Diploneidaceae		
Género	<i>Amicula</i>		
Especie	<i>Amicula speculum</i>	(Witkowski) Witkowski	Marina
Género	<i>Diploneis</i>		
Especie	<i>Diploneis bombus var. bombiformis</i>	(Cleve) Hustedt	Marina
	<i>Diploneis caffra</i>	(Giffen) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	Marina
	<i>Diploneis cf. aestuarii</i>	Hustedt	Cosmopolita
	<i>Diploneis cf. nitescens</i>	(W.Gregory) Cleve	Marina
	<i>Diploneis coarctata</i>	(A.W.F.Schmidt) Cleve	Marina

	<i>Diploneis crabro</i>	(Ehrenberg) Ehrenberg	Marina
	<i>Diploneis crabro var. pandura</i>	(Brébisson) Cleve	Marina
	<i>Diploneis decipens var. parallela</i>	Cleve	Marina
	<i>Diploneis didymus</i>	(Ehrenberg) Ehrenberg	Cosmopolita
	<i>Diploneis dimorpha</i>	Hustedt	Marina
	<i>Diploneis gruendleri</i>	(A.W.F.Schmidt) Cleve	Marina
	<i>Diploneis littoralis var. hospes</i>	(A.W.F.Schmidt) Cleve	Marina
	<i>Diploneis obliqua</i>	(Brun) Hustedt	Marina
	<i>Diploneis smithii</i>	(Brébisson) Cleve	Cosmopolita
	<i>Diploneis smithii var. recta</i>	M.Peragallo	Marina
	<i>Diploneis smithii var. smithii</i>	(Brébisson) Cleve	Marina
	<i>Diploneis sp1</i>		
	<i>Diploneis sp2</i>		
	<i>Diploneis sp3</i>		
	<i>Diploneis sp4</i>		
	<i>Diploneis sp5</i>		
	<i>Diploneis suborbicularis</i>	(W.Gregory) Cleve	Marina
	<i>Diploneis weissflogii</i>	(A.W.F.Schmidt) Cleve	Marina
Familia	Naviculaceae		
Género	<i>Caloneis</i>		
Especie	<i>Caloneis excentrica</i>	(Grunow) Boyer	Marina
	<i>Caloneis liber</i>	(W.Smith) Cleve	Marina
	<i>Caloneis permagma</i>	(Bailey) Cleve	Salobre
	<i>Caloneis scintillans</i>	(Tempère & Brun) Cleve	
	<i>Caloneis sp1</i>		
	<i>Caloneis sp2</i>		
Género	<i>Chamaepinnularia</i>		
Especie	<i>Chamaepinnularia cf. alexandrowiczii</i>	Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	Marina
	<i>Chamaepinnularia cf. soehrensii var. cap.</i>	(Krasske) Lange-Bertalot & Krammer	Dulceacuícola
	<i>Chamaepinnularia clamans</i>	(Hustedt) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	Dulceacuícola
Género	<i>Gyrosigma</i>		
Especie	<i>Gyrosigma balticum</i>	(Ehrenberg) Rabenhorst	Marina
	<i>Gyrosigma hummii</i>	Hustedt	Marina
	<i>Gyrosigma sp1</i>		
	<i>Gyrosigma tenuissimum</i>	(W.Smith) J.W.Griffith & Henfrey	Marina
	<i>Gyrosigma wansbeckii</i>	(Donkin) Cleve	Marina
Género	<i>Haslea</i>		
Especie	<i>Haslea crucigera</i>	(W.Smith) Simonsen	Marina
	<i>Haslea ostrearia</i>	(Gaillon) Simonsen	Marina
	<i>Haslea staurosigmoidea</i>	F.A.S.Sterrenburg & M.A.Tiffany	Marina
Género	<i>Hippodonta</i>		
Especie	<i>Hippodonta sp1</i>		
Género	<i>Navicula</i>		
Especie	<i>Navicula cf. apta</i>	Hustedt	Marina
	<i>Navicula gregaria</i>	Donkin	Cosmopolita
	<i>Navicula longa var. irregularis</i>	Hustedt	Marina
	<i>Navicula marina var. pagophila</i>	(Grunow) F.W.Mills	Dulceacuícola
	<i>Navicula perminuta</i>	Grunow	Cosmopolita
	<i>Navicula platyventris</i>	F.Meister	Marina
	<i>Navicula rostellata</i>	Kützing	Cosmopolita
	<i>Navicula salinarum</i>	Grunow	Salobre
	<i>Navicula salinarum var. rostrata</i>	(Hustedt) Lange-Bertalot	Salobre

	<i>Navicula sp1</i>		
	<i>Navicula sp10</i>		
	<i>Navicula sp11</i>		
	<i>Navicula sp12</i>		
	<i>Navicula sp13</i>		
	<i>Navicula sp14</i>		
	<i>Navicula sp15</i>		
	<i>Navicula sp16</i>		
	<i>Navicula sp17</i>		
	<i>Navicula sp18</i>		
	<i>Navicula sp2</i>		
	<i>Navicula sp3</i>		
	<i>Navicula sp4</i>		
	<i>Navicula sp5</i>		
	<i>Navicula sp6</i>		
	<i>Navicula sp8</i>		
	<i>Navicula sp9</i>		
Género	<i>Pinnunavis</i>		
Especie	<i>Pinnunavis sp1</i>		
	<i>Pinnunavis yarrensis</i>	(Grunow) H.Okuno	Marina
	<i>Pinnunavis yarrensis var. americana</i>	Grunow	Marina
Género	<i>Rhoikoneis</i>		
Especie	<i>Rhoikoneis sp1</i>		
Género	<i>Seminavis</i>		
Especie	<i>Seminavis latior</i>	(A.W.F.Schmidt) Danieleidis & D.G.Mann	Marina
	<i>Seminavis robusta</i>	D.B.Danielidis & D.G.Mann	Marina
	<i>Seminavis sp1</i>		
Género	<i>Trachyneis</i>		
Especie	<i>Trachyneis aspera</i>	(Ehrenberg) Cleve	Marina
Familia	Pinnulariaceae		
Género	<i>Envekadea</i>		
Especie	<i>Envekadea pseudocrassirostris</i>	(Hustedt) Van de Vijver, Gligora, Hinz, Kralj & Cocquy	Dulceacuicola
Género	<i>Oestrupia</i>		
Especie	<i>Oestrupia powellii</i>	(F.W.Lewis) Heiden	Cosmopolita
	<i>Oestrupia zanardiniana</i>	(Grunow) Hendey	Marina
Género	<i>Pinnularia</i>		
Especie	<i>Pinnularia rectangulata</i>	(W.Gregory) Rabenhorst	Marina
	<i>Pinnularia cf. quadratarea</i>	(A.W.F.Schmidt) Cleve	Marina
	<i>Pinnularia sp1</i>		
	<i>Pinnularia sp2</i>		
Familia	Plagiotropidaceae		
Género	<i>Plagiotropis</i>		
Especie	<i>Plagiotropis arizonica</i>	Czarnecki & Blinn	Marina
	<i>Plagiotropis sp1</i>		
	<i>Plagiotropis vitrea</i>	(W.Smith) Grunow	Marina
Familia	Pleurosigmataceae		
Género	<i>Carinasigma</i>		
Especie	<i>Carinasigma rectum</i>	(Donkin) G.Reid	Marina

Género	<i>Donkinia</i>		
Especie	<i>Donkinia thumii</i>	H.Peragallo	Marina
Género	<i>Pleurosigma</i>		
Especie	<i>Pleurosigma angulatum</i>	(J.T.Quckett) W.Smith	Marina
	<i>Pleurosigma cf. angulatum var. genuinum</i>	(J.T.Quckett) W.Smith	Marina
	<i>Pleurosigma cf. normanii</i>	Ralfs	Marina
	<i>Pleurosigma elongatum var. fallax</i>	(Grunow) Cleve	Marina
	<i>Pleurosigma formosum</i>	W.Smith	Marina
	<i>Pleurosigma ibericum</i>	Peragallo	Marina
	<i>Pleurosigma inflatum</i>	Shadbolt	Marina
	<i>Pleurosigma sp1</i>		
Familia	Sellaphoraceae		
Género	<i>Fallacia</i>		
Especie	<i>Fallacia cf. floriniae</i>	(M.Møller) Witkowski	Marina
	<i>Fallacia hummii</i>	(Hustedt) D.G.Mann	Salobre
	<i>Fallacia litoricola</i>	(Hustedt) D.G.Mann	Marina
	<i>Fallacia pygmaea</i>	(Kützing) Stickle & D.G.Mann	Dulceacuícola
	<i>Fallacia schaeferae</i>	(Hustedt) D.G.Mann	Marina
	<i>Fallacia sp1</i>		
Género	<i>Sellaphora</i>		
Especie	<i>Sellaphora sp1</i>		
Familia	Scoliotropidaceae		
Género	<i>Biremis</i>		
Especie	<i>Biremis circumtexta</i>	(Meister ex Hustedt) Lange-Bertalot & Witkowski	Cosmopolita
	<i>Biremis ridicula</i>	(Giffen) D.G.Mann	Marina
	<i>Biremis solitaria</i>	(Cleve) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	Marina
	<i>Biremis sp1</i>		
Género	<i>Scoliotropis</i>		
Especie	<i>Scoliotropis sp1</i>		
Familia	Stauroneidaceae		
Género	<i>Stauroneis</i>		
Especie	<i>Stauroneis sp1</i>		
Orden	Plagiogrammales		
Familia	Plagiogrammaceae		
Género	<i>Dimeregramma</i>		
Especie	<i>Dimeregramma minus var. scutulum</i>	(Hanna) Proshkina-Lavrenko	Dulceacuícola
Género	<i>Glyphodesmis</i>		
Especie	<i>Glyphodesmis cf. rhombica</i>	(Cleve) Simonsen	Marina
Género	<i>Plagiogramma</i>		
Especie	<i>Plagiogramma minus</i>	(W.Gregory) Chunlian Li, Ashworth & Witkowski	Marina
	<i>Plagiogramma pulchellum</i>	Greville	Marina
	<i>Plagiogramma wallichianum</i>	Greville	Marina
Orden	Thalassionematales		
Familia	Thalassionemaceae		
Género	<i>Thalassionema</i>		
Especie	<i>Thalassionema nitzchioides</i>	(Grunow) Mereschkowsky	Marina
Orden	Thalassiophysales		
Familia	Catenulaceae		
Género	<i>Amphora</i>		
Especie	<i>Amphora arenaria</i>	Donkin	Marine
	<i>Amphora gacialis</i>	Ehrenberg	Dulceacuícola

	<i>Amphora graeffeana</i>	Hendey	Marina
	<i>Amphora obtusa</i>	W.Gregory	Marina
	<i>Amphora ostrearia</i> var. <i>vitrea</i>	Cleve	Marina
	<i>Amphora proteus</i>	W.Gregory	Marina
	<i>Amphora</i> sp1		
	<i>Amphora</i> sp10		
	<i>Amphora</i> sp11		
	<i>Amphora</i> sp12		
	<i>Amphora</i> sp13		
	<i>Amphora</i> sp14		
	<i>Amphora</i> sp15		
	<i>Amphora</i> sp16		
	<i>Amphora</i> sp17		
	<i>Amphora</i> sp18		
	<i>Amphora</i> sp19		
	<i>Amphora</i> sp2		
	<i>Amphora</i> sp20		
	<i>Amphora</i> sp21		
	<i>Amphora</i> sp22		
	<i>Amphora</i> sp23		
	<i>Amphora</i> sp24		
	<i>Amphora</i> sp25		
	<i>Amphora</i> sp26		
	<i>Amphora</i> sp27		
	<i>Amphora</i> sp3		
	<i>Amphora</i> sp4		
	<i>Amphora</i> sp5		
	<i>Amphora</i> sp6		
	<i>Amphora</i> sp7		
	<i>Amphora</i> sp8		
	<i>Amphora</i> sp9		
	<i>Amphora grevilleana</i>	Brébisson ex W.Gregory	Marina
Género	<i>Catenula</i>		
Especie	<i>Catenula</i> cf. <i>adhaerens</i>	(Mereschkowsky) Mereschkowsky	Salobre
Orden	Rhabdonematales		
Familia	Grammatophoraceae		
Género	<i>Grammatophora</i>		
Especie	<i>Grammatophora hammulifera</i>	Kützing	Marina
	<i>Grammatophora marina</i>	(Lyngbye) Kützing	Marina
	<i>Grammatophora oceanica</i>	Ehrenberg	Marina
Familia	Rhabdonemataceae		
Género	<i>Rhabdonema</i>		
Especie	<i>Rhabdonema arcuatum</i>	(Lyngbye) Kützing	Cosmopolita
Orden	Rhaphoneidales		
Familia	Rhaphoneidaceae		
Género	<i>Delphineis</i>		
Especie	<i>Delphineis minutissima</i>	(Hustedt) Simonsen	Marina
	<i>Delphineis surirella</i>	(Ehrenberg) G.W.Andrews	Marina

Género	<i>Neodelphineis</i>		
Especie	<i>Neodelphineis silenda</i>	(M.H.Hohn & J.Hellerman) N.Desianti & M.Potapova	Marina
	<i>Neodelphineis sp1</i>		
Género	<i>Rhaphoneis</i>		
Especie	<i>Rhaphoneis amphiceros</i>	(Ehrenberg) Ehrenberg	Marina
	<i>Rhaphoneis castracanei</i>	Grunow	Marina
Familia	Rhopalodiaceae		
Género	<i>Epithemia</i>		
Especie	<i>Epithemia cf. adnata</i>	(Kützing) Brébisson	Dulceacuícola
	<i>Epithemia pacifica</i>	(Krammer) Lobban & J.S.Park	Marina
Género	<i>Rhopalodia</i>		
Especie	<i>Rhopalodia cf. acuminata</i>	Krammer	Salobre
	<i>Rhopalodia constricta</i>	(Brébisson) Krammer	Salobre
	<i>Rhopalodia gibberula var. debyi</i>	(Pantocsek) Tempère & Peragallo	Salobre
	<i>Rhopalodia musculus</i>	(Kützing) O.Müller	Salobre
Familia	Psammodiscaceae		
Género	<i>Psammodiscus</i>		
Especie	<i>Psammodiscus nitidus</i>	(W.Gregory) Round & D.G.Mann	Marina
Orden	Surirellales		
Familia	Surirellaceae		
Género	<i>Campylodiscus</i>		
Especie	<i>Campylodiscus echeneis</i>	Ehrenberg ex Kützing	Marina
	<i>Campylodiscus neofastuosus</i>	Ruck & Nakov	Marina
	<i>Campylodiscus sp1</i>		
	<i>Campylodiscus sp2</i>		
	<i>Campylodiscus subangularis</i>	Cleve & Möller	Marina
Género	<i>Petrodictyon</i>		
Especie	<i>Petrodictyon gemma</i>	(Ehrenberg) D.G.Mann	Marina
Género	<i>Surirella</i>		
Especie	<i>Surirella armoricana</i>	H.Peragallo & M.Peragallo	Marina
	<i>Surirella atomus</i>	Hustedt	Marina
	<i>Surirella febigeri</i>	F.W.Lewis	Marina
	<i>Surirella striatula</i>	Turpin	Marina
Familia	Entomoneidaceae		
Género	<i>Entomoneis</i>		
Especie	<i>Entomoneis paludosa</i>	(W.Smith) Reimer	Marina
	<i>Entomoneis pulchra var. pulchella</i>	(H.Peragallo & M.Peragallo) Siqueiros-Beltrones & Y.J.M	Marina
	<i>Entomoneis sp2</i>		
	<i>Entomoneis sp2</i>		
Taxón 1			
Taxón 2			
Taxón 3			
Taxón 4			
Taxón 5			
Taxón 6			

Apéndice II. Abundancias por número de valvas, abundancias relativas (AR), abundancias relativas acumuladas (ARA) y clasificación en la cual se ubican los taxones de diatomeas bentónicas de sedimentos.

Especie	Abundancia	AR	ARA	Clasificación
<i>Haslea staurosigmaidea</i>	3552	12.982	12.982	MA
<i>Cymatosira belgica</i>	2209	8.074	21.056	MA
<i>Navicula salinarum var. rostrata</i>	1063	3.885	24.942	MA
<i>Paralia grunowii</i>	930	3.399	28.341	MA
<i>Anaulus minutus</i>	707	2.584	30.925	MA
<i>Cyclotella choctawhatcheea</i>	630	2.303	33.227	MA
<i>Fallacia pygmaea</i>	597	2.182	35.409	MA
<i>Tryblionella coarctata</i>	557	2.036	37.445	MA
<i>Cocconeis scutellum</i>	544	1.988	39.433	MA
<i>Cyclotella litoralis</i>	540	1.974	41.407	MA
<i>Eunotogramma laeve</i>	485	1.773	43.180	MA
<i>Fallacia hummii</i>	470	1.718	44.898	MA
<i>Thalassionema nitzchioides</i>	458	1.674	46.572	MA
<i>Amphicocconeis discoloides</i>	456	1.667	48.238	MA
<i>Diploneis gruendleri</i>	414	1.513	49.751	MA
<i>Nitzschia distans</i>	413	1.510	51.261	MA
<i>Cyclotella striata</i>	394	1.440	52.701	MA
<i>Navicula platyventris</i>	377	1.378	54.079	MA
<i>Navicula salinarum</i>	373	1.363	55.442	MA
<i>Cocconeis guttata</i>	357	1.305	56.747	MA
<i>Paralia sulcata var. coronata</i>	356	1.301	58.048	MA
<i>Tryblionella compressa</i>	344	1.257	59.306	MA
<i>Cocconeis placentula var. euglypta</i>	305	1.115	60.420	MA
<i>Tryblionella granulata</i>	301	1.100	61.520	MA
<i>Diploneis crabro</i>	288	1.053	62.573	MA
<i>Cocconeis distans</i>	279	1.020	63.593	MA
<i>Haslea crucigera</i>	276	1.009	64.602	MA
<i>Paralia sulcata</i>	251	0.917	65.519	MA
<i>Navicula sp5</i>	239	0.874	66.393	MA
<i>Nitzschia frustulum</i>	226	0.826	67.219	MA
<i>Tetramphora lineolata</i>	214	0.782	68.001	MA
<i>Gyrosigma tenuissimum</i>	195	0.713	68.713	AB
<i>Caloneis excentrica</i>	177	0.647	69.360	AB

<i>Diploneis obliqua</i>	175	0.640	70.000	AB
<i>Nitzschia sp1</i>	167	0.610	70.610	AB
<i>Amicula speculum</i>	166	0.607	71.217	AB
<i>Nitzschia lanceolata var. minima</i>	161	0.588	71.806	AB
<i>Nitzschia macilenta</i>	155	0.567	72.372	AB
<i>Navicula perminuta</i>	151	0.552	72.924	AB
<i>Cyclotella stylorum</i>	148	0.541	73.465	AB
<i>Tabularia fasciculata</i>	146	0.534	73.999	AB
<i>Navicula sp4</i>	140	0.512	74.510	AB
<i>Haslea oestraria</i>	133	0.486	74.996	AB
<i>Navicula cf. Soehrensii f. capitata</i>	131	0.479	75.475	AB
<i>Tryblionella pararostrata</i>	124	0.453	75.928	AB
<i>Nitzschia sp3</i>	123	0.450	76.378	AB
<i>Karayevia submarina</i>	122	0.446	76.824	AB
<i>Rhaphoneis castracanei</i>	122	0.446	77.270	AB
<i>Navicula sp6</i>	119	0.435	77.705	AB
<i>Chamaepinnularia clamans</i>	118	0.431	78.136	AB
<i>Eunotogramma marinum</i>	116	0.424	78.560	AB
<i>Thalassiosira cedarkeyensis</i>	115	0.420	78.980	AB
<i>Shionodiscus oestrupii</i>	112	0.409	79.390	AB
<i>Aulacoseira granulata</i>	109	0.398	79.788	AB
<i>Nitzschia incurva var. lorenziana</i>	107	0.391	80.179	AB
<i>Pinnunavis yarrensii</i>	107	0.391	80.570	AB
<i>Cocconeis sublittoralis</i>	104	0.380	80.950	AB
<i>Seminavis robusta</i>	99	0.362	81.312	CM
<i>Amphora sp3</i>	98	0.358	81.670	CM
<i>Tryblionella punctata</i>	98	0.358	82.029	CM
<i>Navicula sp18</i>	95	0.347	82.376	CM
<i>Diploneis suborbicularis</i>	94	0.344	82.719	CM
<i>Mastogloia crucicula</i>	94	0.344	83.063	CM
<i>Hyalosynedra laevigata</i>	93	0.340	83.403	CM
<i>Odontella aurita</i>	91	0.333	83.735	CM
<i>Melosira moniliformis var. octago</i>	90	0.329	84.064	CM
<i>Grammatophora marina</i>	89	0.325	84.390	CM
<i>Climaconeis colemaniae</i>	88	0.322	84.711	CM
<i>Diploneis dicipens var. parallela</i>	88	0.322	85.033	CM
<i>Navicula sp1</i>	79	0.289	85.322	CM

Apéndice II (Continuación)

<i>Planothidium delicatulum</i>	72	0.263	85.585	CM
<i>Hippodonta sp1</i>	69	0.252	85.837	CM
<i>Amphora proteus</i>	65	0.238	86.075	CM
<i>Navicula gregaria</i>	65	0.238	86.312	CM
<i>Biremis circumtexta</i>	65	0.238	86.550	CM
<i>Halamphora tenerrima</i>	64	0.234	86.784	CM
<i>Nitzschia amabilis</i>	64	0.234	87.018	CM
<i>Amphora sp25</i>	63	0.230	87.248	CM
<i>Tryblionella apiculata</i>	62	0.227	87.474	CM
<i>Seminavis latior</i>	62	0.227	87.701	CM
<i>Amphora sp18</i>	61	0.223	87.924	CM
<i>Cocconeis scutellum var. parva</i>	61	0.223	88.147	CM
<i>Amphora arenaria</i>	60	0.219	88.366	CM
<i>Sellaphora sp1</i>	60	0.219	88.586	CM
<i>Navithidium delicatissima</i>	58	0.212	88.798	CM
<i>Pleurosigma inflatum</i>	58	0.212	89.010	CM
<i>Actinoptychus senarius</i>	56	0.205	89.214	CM
<i>Stephanocyclus meneghinianus</i>	56	0.205	89.419	CM
<i>Cocconeis molesta</i>	54	0.197	89.616	CM
<i>Nitzschia dissipata</i>	54	0.197	89.814	CM
<i>Amphora graeffeana</i>	53	0.194	90.007	CM
<i>Rhopalodia musculus</i>	51	0.186	90.194	CM
<i>Nitzschia sp2</i>	49	0.179	90.373	CM
<i>cf. Astartiella punctifera</i>	47	0.172	90.545	CM
<i>Mastogloia pusilla</i>	47	0.172	90.716	CM
<i>Nitzschia carnicobarica</i>	47	0.172	90.888	CM
<i>Planothidium hauckianum</i>	42	0.154	91.042	CM
<i>Tryblionella lanceola</i>	41	0.150	91.192	CM
<i>Lemnicola hungarica</i>	39	0.143	91.334	CM
<i>Staurosiora sp1</i>	38	0.139	91.473	CM
<i>Amphora sp10</i>	37	0.135	91.608	CM
<i>Diploneis smithii var. smithii</i>	37	0.135	91.743	CM
<i>Amphora sp2</i>	36	0.132	91.875	CM
<i>Nitzschia amphibia</i>	36	0.132	92.007	CM
<i>Tetramphora robusta</i>	36	0.132	92.138	CM
<i>Navicula sp12</i>	34	0.124	92.262	CM
<i>Epithemia pacifica</i>	34	0.124	92.387	CM
<i>Navicula cf rostellata</i>	34	0.124	92.511	CM

Apéndice II (Continuación)

<i>Pleurosigma angulatum</i>	33	0.121	92.632	CM
<i>Opephora marina</i>	33	0.121	92.752	CM
<i>Pinnunavis yarrensis var. americana</i>	33	0.121	92.873	CM
<i>Diploneis weissflogii</i>	31	0.113	92.986	CM
<i>Pleurosigma formosum</i>	29	0.106	93.092	CM
<i>Staurosira cf. construens</i>	27	0.099	93.191	CM
<i>Navicula rostellata</i>	27	0.099	93.289	CM
<i>Nitzschia miserabilis</i>	27	0.099	93.388	CM
<i>Nitzschia reversa</i>	27	0.099	93.487	CM
<i>Psammodiscus nitidus</i>	27	0.099	93.586	CM
<i>Amphora sp11</i>	26	0.095	93.681	CM
<i>Neofragilaria nicobarica</i>	26	0.095	93.776	CM
<i>Nitzschia bicapitata</i>	26	0.095	93.871	CM
<i>Amphora sp24</i>	25	0.091	93.962	CM
<i>Amphicocconeis discrepans</i>	25	0.091	94.053	CM
<i>Neodelphineis silenda</i>	25	0.091	94.145	CM
<i>Podosira montagnei</i>	25	0.091	94.236	CM
<i>Thalassiosira eccentrica</i>	25	0.091	94.327	CM
<i>Oestrupia zanardiniana</i>	25	0.091	94.419	CM
<i>Actinocyclus octonarius</i>	24	0.088	94.507	CM
<i>Podosira hormoides</i>	24	0.088	94.594	CM
<i>Zygoceros rhombus</i>	24	0.088	94.682	CM
<i>Entomoneis pulchra var. pulchella</i>	23	0.084	94.766	CM
<i>Licmophora paradoxa</i>	23	0.084	94.850	CM
<i>Parlibellus cruciculoides</i>	23	0.084	94.934	CM
<i>Cocconeis pseudodiruptoides</i>	22	0.080	95.015	CM
<i>Navicula longa var. irregularis</i>	22	0.080	95.095	CM
<i>Fallacia litoricola</i>	22	0.080	95.175	CM
<i>Nitzschia insignis</i>	22	0.080	95.256	CM
<i>Amphora gacialis</i>	22	0.080	95.336	CM
<i>Plagiogramma minus</i>	21	0.077	95.413	CM
<i>Fallacia sp1</i>	21	0.077	95.490	CM
<i>Gyrosigma balticum</i>	21	0.077	95.567	CM
<i>Mastogloia decussata</i>	21	0.077	95.643	CM
<i>Petroneis marina</i>	21	0.077	95.720	CM
<i>Amphora sp13</i>	21	0.077	95.797	CM
<i>Pseudostaurosira decipiens</i>	21	0.077	95.874	CM
<i>Rhopalodia constricta</i>	21	0.077	95.950	CM
<i>Seminavis sp1</i>	20	0.073	96.023	CM

Apéndice II (Continuación)

<i>Halamphora cf. interrupta</i>	19	0.069	96.093	CM
<i>Caloneis liber</i>	18	0.066	96.159	CM
<i>Opephora pacifica</i>	18	0.066	96.224	CM
<i>Cocconeis sp8</i>	18	0.066	96.290	CM
<i>Envekadea pseudocrassirostris</i>	18	0.066	96.356	CM
<i>Amphora sp22</i>	17	0.062	96.418	CM
<i>Navicula sp2</i>	17	0.062	96.480	CM
<i>Aulacoseira ambigua</i>	16	0.058	96.539	CM
<i>Mastogloia erythraea</i>	16	0.058	96.597	CM
<i>Pleurosigma ibericum</i>	16	0.058	96.656	CM
<i>Thalassiosira cf. Nanolineata</i>	16	0.058	96.714	CM
<i>Navicula sp3</i>	15	0.055	96.769	RA
<i>Cocconeis sp1</i>	14	0.051	96.820	RA
<i>Thalassiosira sp1</i>	14	0.051	96.871	RA
<i>Diploneis sp1</i>	14	0.051	96.923	RA
<i>Psammodictyon panduriforme</i>	14	0.051	96.974	RA
<i>Tryblionella navicularis</i>	14	0.051	97.025	RA
<i>Toxarium undulatum</i>	14	0.051	97.076	RA
<i>Bacillaria socialis</i>	13	0.048	97.124	RA
<i>Cymatosira lorenziana</i>	13	0.048	97.171	RA
<i>Diploneis dimorpha</i>	13	0.048	97.219	RA
<i>Mastogloia binotata</i>	13	0.048	97.266	RA
<i>Mastogloia borneensis</i>	13	0.048	97.314	RA
<i>Nitzschia aremonica</i>	13	0.048	97.361	RA
<i>Staurophora cf. columbiana</i>	13	0.048	97.409	RA
<i>Trieres mobiliensis</i>	13	0.048	97.456	RA
<i>Nitzschia sp9</i>	13	0.048	97.504	RA
<i>Amphora sp19</i>	13	0.048	97.551	RA
<i>Petroneis latissima var. rostrata</i>	12	0.044	97.595	RA
<i>Parlibellus panduriformis</i>	12	0.044	97.639	RA
<i>Staurophora dubitabilis</i>	12	0.044	97.683	RA
<i>Amphora sp12</i>	12	0.044	97.727	RA
<i>Neoelphineis sp1</i>	12	0.044	97.770	RA
<i>Pantocsekiella tripartita</i>	11	0.040	97.811	RA
<i>Grammatophora hammulifera</i>	11	0.040	97.851	RA
<i>Odontella obtusa</i>	11	0.040	97.891	RA
<i>Anorthoneis eurystoma</i>	10	0.037	97.928	RA
<i>Cocconeis sp2</i>	10	0.037	97.964	RA

Apéndice II (Continuación)

<i>Entomoneis paludosa</i>	10	0.037	98.001	RA
<i>Mastogloia elegans</i>	10	0.037	98.037	RA
<i>Navicula sp16</i>	10	0.037	98.074	RA
<i>Nitzschia palea</i>	10	0.037	98.110	RA
<i>Planothidium deperditum</i>	10	0.037	98.147	RA
<i>Rhopalodia cf. acuminata</i>	10	0.037	98.183	RA
<i>Halamphora aponina</i>	9	0.033	98.216	RA
<i>Hyalodiscus scoticus</i>	9	0.033	98.249	RA
<i>Mastogloia braunii</i>	9	0.033	98.282	RA
<i>Mastogloia puctifera</i>	9	0.033	98.315	RA
<i>Campylodiscus neofastuosus</i>	9	0.033	98.348	RA
<i>Grammatophora oceanica</i>	9	0.033	98.381	RA
<i>Azpeitia nodulifera</i>	8	0.029	98.410	RA
<i>Amphiprora cf. conspicua</i>	8	0.029	98.439	RA
<i>Mastogloia urveae</i>	8	0.029	98.469	RA
<i>Navicula sp13</i>	8	0.029	98.498	RA
<i>Pseudostaurosiroopsis punctiformis</i>	8	0.029	98.527	RA
<i>Amphora sp27</i>	8	0.029	98.556	RA
<i>Licmophora remulus</i>	8	0.029	98.586	RA
<i>Mastogloia sp5</i>	8	0.029	98.615	RA
<i>Cocconeis cf. distantula</i>	8	0.029	98.644	RA
<i>Diploneis smithii var. recta</i>	7	0.026	98.670	RA
<i>Navicula sp14</i>	7	0.026	98.695	RA
<i>Tabularia sp1</i>	7	0.026	98.721	RA
<i>Stauroneis sp1</i>	7	0.026	98.746	RA
<i>Amphora ostrearia var. vitrea</i>	6	0.022	98.768	RA
<i>Amphora sp4</i>	6	0.022	98.790	RA
<i>Coscinodiscus gigas</i>	6	0.022	98.812	RA
<i>Fallacia schaeferae</i>	6	0.022	98.834	RA
<i>Frustulia interposita</i>	6	0.022	98.856	RA
<i>Gyrosigma wansbeckii</i>	6	0.022	98.878	RA
<i>Lyrella lira</i>	6	0.022	98.900	RA
<i>Mastogloia paradoxa</i>	6	0.022	98.922	RA
<i>Trachyneis aspera</i>	6	0.022	98.944	RA
<i>Pleurosigma elongatum var. fallacia</i>	6	0.022	98.966	RA
<i>Amphora sp8</i>	5	0.018	98.984	RA
<i>Biremis solitaria</i>	5	0.018	99.002	RA
<i>Staurosirella pinnata</i>	5	0.018	99.020	RA

Apéndice II (Continuación)

<i>Diploneis didymus</i>	5	0.018	99.039	RA
<i>Nanofrustulum sopotense</i>	5	0.018	99.057	RA
<i>Mastogloia cf. belaensis</i>	5	0.018	99.075	RA
<i>Surirella atomus</i>	5	0.018	99.094	RA
<i>Tabularia tabulata</i>	5	0.018	99.112	RA
<i>Nitzschia bartholomei</i>	5	0.018	99.130	RA
<i>Halamphora sp2</i>	5	0.018	99.148	RA
<i>Gogorevia exilis</i>	5	0.018	99.167	RA
<i>Amphora sulcata</i>	5	0.018	99.185	RA
<i>Psammothidium ventrale</i>	5	0.018	99.203	RA
<i>Pinnularia sp2</i>	4	0.015	99.218	RA
<i>Lyrella diffluens</i>	4	0.015	99.232	RA
<i>Mastogloia pisciculus</i>	4	0.015	99.247	RA
<i>Nitzschia sp5</i>	4	0.015	99.262	RA
<i>Pleurosigma sp1</i>	4	0.015	99.276	RA
<i>Triceratium reticulum</i>	4	0.015	99.291	RA
<i>Tryblionella littoralis</i>	4	0.015	99.306	RA
<i>Cocconeis cf. dirupta</i>	4	0.015	99.320	RA
<i>Pleurosigma cf. normanii</i>	4	0.015	99.335	RA
<i>Cyclotella meduanae</i>	4	0.015	99.349	RA
<i>Ardissonaea formosa</i>	4	0.015	99.364	RA
<i>Cocconeis sp5</i>	4	0.015	99.379	RA
<i>Amphora sp1</i>	3	0.011	99.390	RA
<i>Amphora sp6</i>	3	0.011	99.401	RA
<i>Cocconeis fasciolata</i>	3	0.011	99.412	RA
<i>Cocconeis lineata</i>	3	0.011	99.423	RA
<i>Diploneis caffra</i>	3	0.011	99.433	RA
<i>Diploneis littoralis var. hospes</i>	3	0.011	99.444	RA
<i>Mastogloia acustiuscula</i>	3	0.011	99.455	RA
<i>Mastogloia angulata</i>	3	0.011	99.466	RA
<i>Mastogloia ovalis</i>	3	0.011	99.477	RA
<i>Pinnularia rectangulata</i>	3	0.011	99.488	RA
<i>Rhopalodia gibberula var. debyi</i>	3	0.011	99.499	RA
<i>Tryblionella circumsuta</i>	3	0.011	99.510	RA
<i>Pinnularia sp1</i>	3	0.011	99.521	RA
<i>Caloneis permagma</i>	3	0.011	99.532	RA
<i>Rhabdonema arcuatum</i>	3	0.011	99.543	RA
<i>Amphiprora gigantea var. sulcata</i>	3	0.011	99.554	RA
Taxón 4	3	0.011	99.565	RA

Apéndice II (Continuación)

<i>Amphora sp15</i>	3	0.011	99.576	RA
<i>Discotella stelligera</i>	3	0.011	99.587	RA
<i>Plagiotropis sp1</i>	3	0.011	99.598	RA
<i>Plagiogramma wallichianum</i>	3	0.011	99.609	RA
<i>Plagiotropis arizonica</i>	3	0.011	99.620	RA
<i>Tetramphora decussata</i>	3	0.011	99.631	RA
<i>Cocconeis cf. Irregularis</i>	3	0.011	99.642	RA
<i>cf. Adalphia</i>	3	0.011	99.653	RA
<i>Pleurosigma cf. angulatum var. g</i>	3	0.011	99.664	RA
<i>Nitzschia sp20</i>	3	0.011	99.675	RA
<i>Actinocyclus gallicus</i>	2	0.007	99.682	RA
<i>Amphora sp5</i>	2	0.007	99.689	RA
<i>Amphora sp7</i>	2	0.007	99.697	RA
<i>Amphora sp9</i>	2	0.007	99.704	RA
<i>Asteromphalus flabellatus</i>	2	0.007	99.711	RA
<i>Campylodiscus echeneis</i>	2	0.007	99.719	RA
<i>Cocconeis californica</i>	2	0.007	99.726	RA
<i>Cocconeis pellucida</i>	2	0.007	99.733	RA
<i>Cocconeis sp4</i>	2	0.007	99.740	RA
<i>Gyrosigma sp1</i>	2	0.007	99.748	RA
<i>Hantzschia virgata</i>	2	0.007	99.755	RA
<i>Navicula sp15</i>	2	0.007	99.762	RA
<i>Tryblionella levidensis</i>	2	0.007	99.770	RA
<i>Nitzschia microcephala</i>	2	0.007	99.777	RA
<i>Nitzschia vidovichii</i>	2	0.007	99.784	RA
<i>Petrodictyon gemma</i>	2	0.007	99.792	RA
<i>Surirella striatula</i>	2	0.007	99.799	RA
<i>Mastogloia varians</i>	2	0.007	99.806	RA
<i>Actinoptychus aster</i>	2	0.007	99.814	RA
<i>Mastogloia sp7</i>	2	0.007	99.821	RA
<i>Nitzschia brevissima</i>	2	0.007	99.828	RA
<i>Navicula marina var. pagophila</i>	2	0.007	99.836	RA
<i>Diploneis smithii</i>	2	0.007	99.843	RA
<i>Caloneis sp1</i>	2	0.007	99.850	RA
<i>Actinoptychus vulgaris</i>	1	0.004	99.854	RA
<i>Amphora sp14</i>	1	0.004	99.857	RA
<i>Amphora sp20</i>	1	0.004	99.861	RA
<i>Amphora sp23</i>	1	0.004	99.865	RA
<i>Asteromphalus parvulus</i>	1	0.004	99.868	RA

Apéndice II (Continuación)

<i>Campylodiscus subangularis</i>	1	0.004	99.872	RA
<i>Denticula subtilis</i>	1	0.004	99.876	RA
<i>Discostella pseudostelligera</i>	1	0.004	99.879	RA
<i>Discostella woltereckii</i>	1	0.004	99.883	RA
<i>Orthoneis cribrosa</i>	1	0.004	99.887	RA
<i>Mastogloia sp1</i>	1	0.004	99.890	RA
<i>Oestrupia powellii</i>	1	0.004	99.894	RA
<i>Rhaphoneis amphiceros</i>	1	0.004	99.898	RA
<i>Scoliotropis sp1</i>	1	0.004	99.901	RA
<i>Surirella febigerii</i>	1	0.004	99.905	RA
<i>Diploneis cf. Nitescens</i>	1	0.004	99.909	RA
<i>Podosira stelligera</i>	1	0.004	99.912	RA
<i>Tetramphora sp1</i>	1	0.004	99.916	RA
<i>Plagiogramma pulchellum</i>	1	0.004	99.920	RA
<i>Biddulphia biddulphiana</i>	1	0.004	99.923	RA
<i>Donkina thumii</i>	1	0.004	99.927	RA
<i>Delphineis surirella</i>	1	0.004	99.931	RA
<i>Achnanthes brevipes var. brevipes</i>	1	0.004	99.934	RA
<i>Toxarium hennedyanum</i>	1	0.004	99.938	RA
<i>Tryblionella didyma</i>	1	0.004	99.942	RA
<i>Gyrosigma hummii</i>	1	0.004	99.945	RA
<i>Parlibellus hagelsteinii</i>	1	0.004	99.949	RA
<i>Stephanodiscus minutulus</i>	1	0.004	99.952	RA
<i>Cocconeis convexa</i>	1	0.004	99.956	RA
<i>Planothidium cf. marginostriatum</i>	1	0.004	99.960	RA
<i>Rhoikoneis sp1</i>	1	0.004	99.963	RA
<i>Mastogloia cf. calcarea</i>	1	0.004	99.967	RA
<i>Pinnunavis sp1</i>	1	0.004	99.971	RA
<i>Campylodiscus sp1</i>	1	0.004	99.974	RA
<i>Tetramphora cf. robusta</i>	1	0.004	99.978	RA
<i>Actinocyclus sp1</i>	1	0.004	99.982	RA
<i>Navicula sp11</i>	1	0.004	99.985	RA
<i>Cocconeis sp7</i>	1	0.004	99.989	RA
Taxón 6	1	0.004	99.993	RA
<i>Mastogloia sp6</i>	1	0.004	99.996	RA
<i>Entomoneis sp1</i>	1	0.004	100.000	RA

Apéndice III. Láminas

Lámina 1

1. *Asteromphalus flabellatus* (Brébisson) Ralfs
- 2, 4. *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen
3. *Actinoptychus aster* Brun
5. *Actinocyclus gallicus* F. Meister

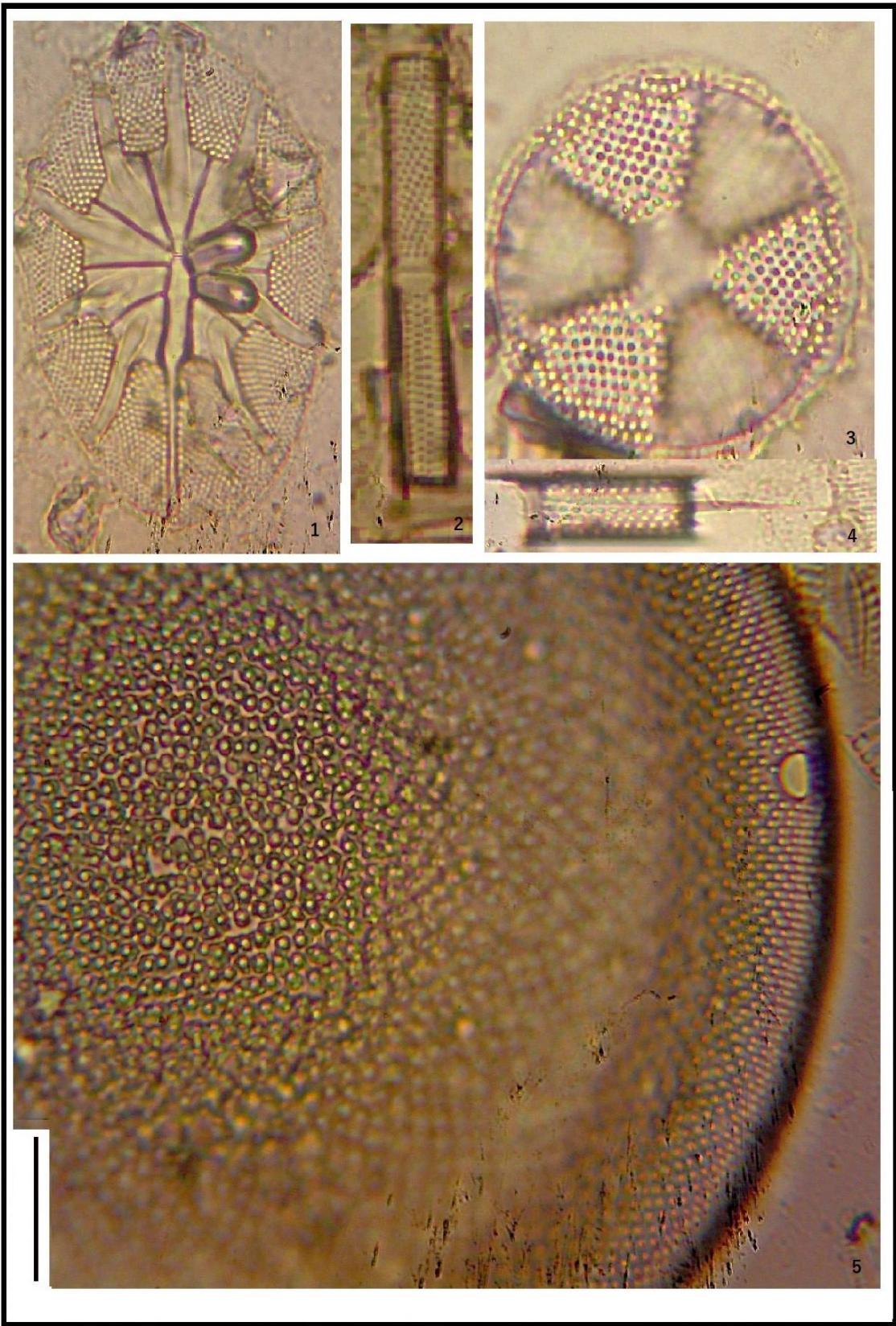


Lámina 2

1. *Hyalodiscus scoticus* (Kützing) Grunow
2. *Paralia grunowii* Glezer
3. *Melosira monoliformis* var. *octagona* Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin
4. *Paralia sulcata* var. *coronata* (Ehrenberg) G.W.Andrews
5. *Podosira stilligera* (Bailey) A.Mann

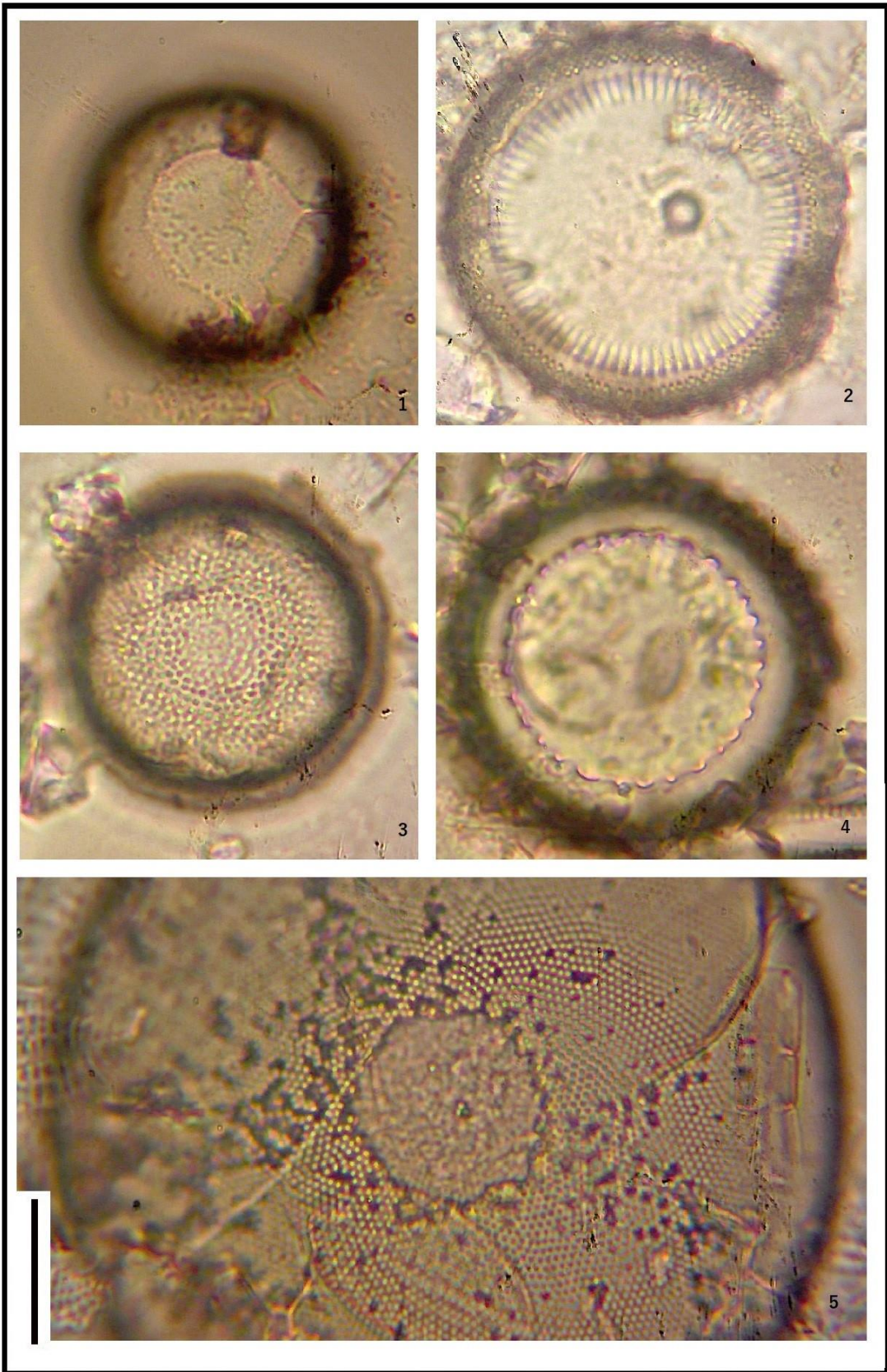


Lámina 3

- 1, 2. *Anaulus minutus* Grunow
3. *Eunotogramma marinum* (W. Smith) H.Peragallo & M.Peragallo
4. *Eunotogramma laeve* Grunow
5. *Cymatosira lorenziana* Grunow
6. *Odontella obtusa* Kützing
7. *Cymatosira belgica* Grunow
8. *Toxarium undulatum* (W. Gregory) Pelletan
9. *Toxarium hennedyanum* Bailey

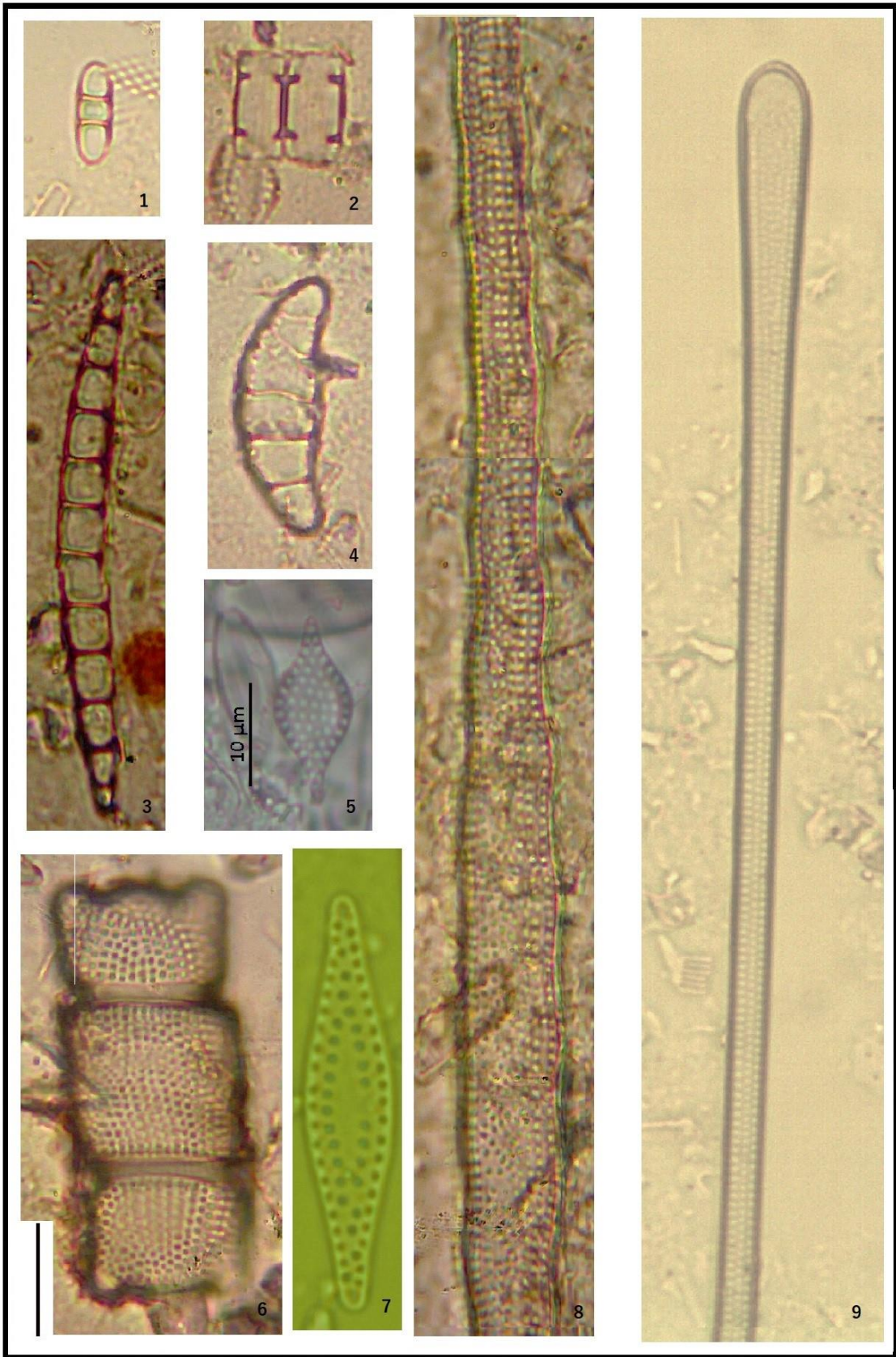


Lámina 4

- 1, 2. *Cyclotella choctawhatcheea* Prasad
3. *Cyclotella meduanae* H.Germain
4. *Cyclotella litoralis* Lange & Syvertsen
5. *Stephanocyclus meneghinianus* (Kützing) Kulikovskiy, Genkal & Kociolek
6. *Cyclotella striata* (Kützing) Grunow
7. *Discostella woltereckii* (Hustedt) Houk & Klee
8. *Discostella pseudostelligera* (Hustedt) Houk & Klee
9. *Discostella stelligera* (Cleve & Grunow) Houk & Klee
10. *Cyclotella stylorum* Brightwell
11. *Stephanodiscus minutulus* (Kützing) Cleve & Möller
12. *Minidiscus proschkinae* (Makarova) J.S.Park & J.H.Lee
13. *Thalassiosira cedarkeyensis* A.K.S.K.Prasad
14. *Pantocsekiella tripartite* (Håkansson) K.T.Kiss & E.Ács

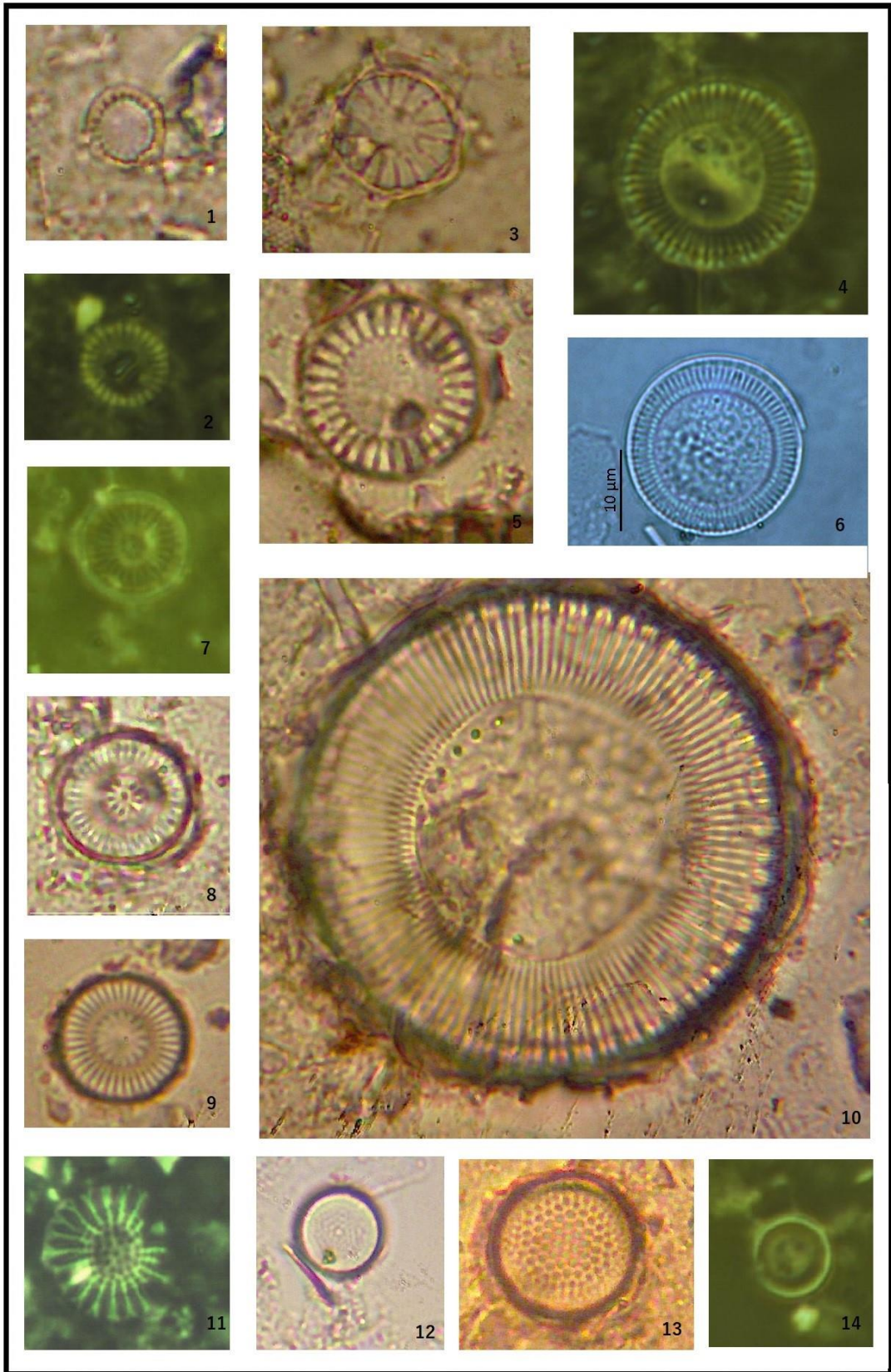


Lámina 5

1. *Achnanthes brevipes* var. *brevipes* (Kützing) Cleve
2. *Gogorevia exilis* (Kützing) Kulikovskiy & Kociolek
3. *Karayevia submarina* (Hustedt) Bukhtiyarova
4. *Lemnicola hungarica* (Grunow) Round & Basson
5. *Navithidium delicatissima* (Simonsen) Al-Handal, Romero & Wulff
6. *Planothidium* cf. *marginostriatum* Van de Vijver & Beyens
7. *Psammothidium levanderi* (Hustedt) Bukhtiyarova & Round
- 8, 9. *Amphicocconeis disculoides* (Hustedt) Stefano & Marino
10. *Cocconeis scutellum* var. *parva* (Grunow) Cleve
11. *Anorthoneis eurystoma* Cleve
12. *Cocconeis convexa* Giffen
13. *Cocconeis sublittoralis* Hendey

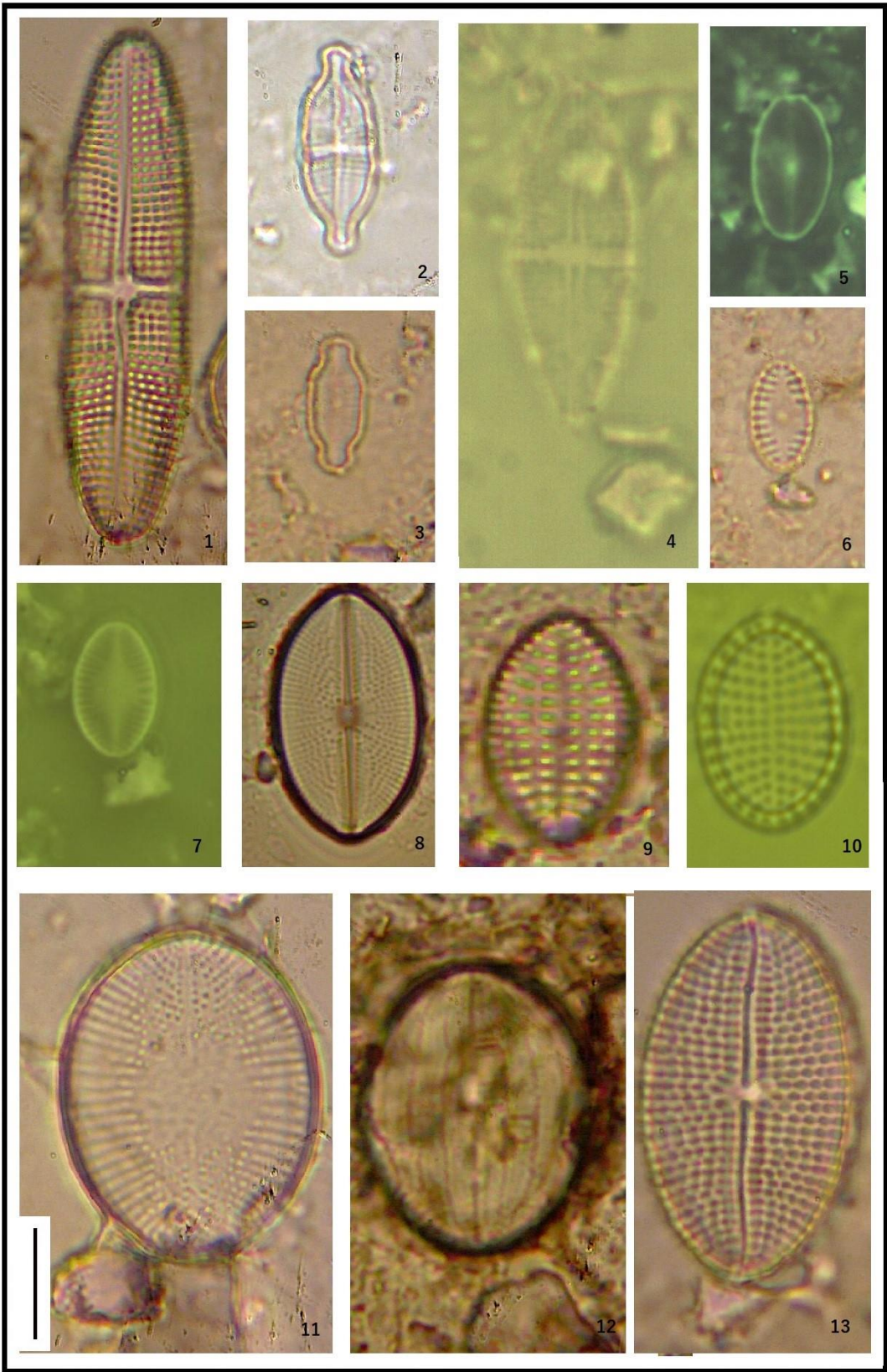


Lámina 5

1. *Denticula subtilis* Grunow
2. *Nitzschia bicapitata* Cleve
3. *Nitzschia microcephala* Grunow
4. *Tryblionella granulata* (Grunow) D.G.Mann
5. *Tryblionella pararostrata* (Lange-Bertalot) Clavero & Hernández-Mariné
6. *Hantzschia virgata* (Roper) Grunow
7. *Psammodictyon constrictum* (W.Gregory) D.G.Mann
8. *Tryblionella lanceola* Grunow
9. *Tryblionella littoralis* (Grunow) D.G.Mann
10. *Nitzschia polaris* Grunow

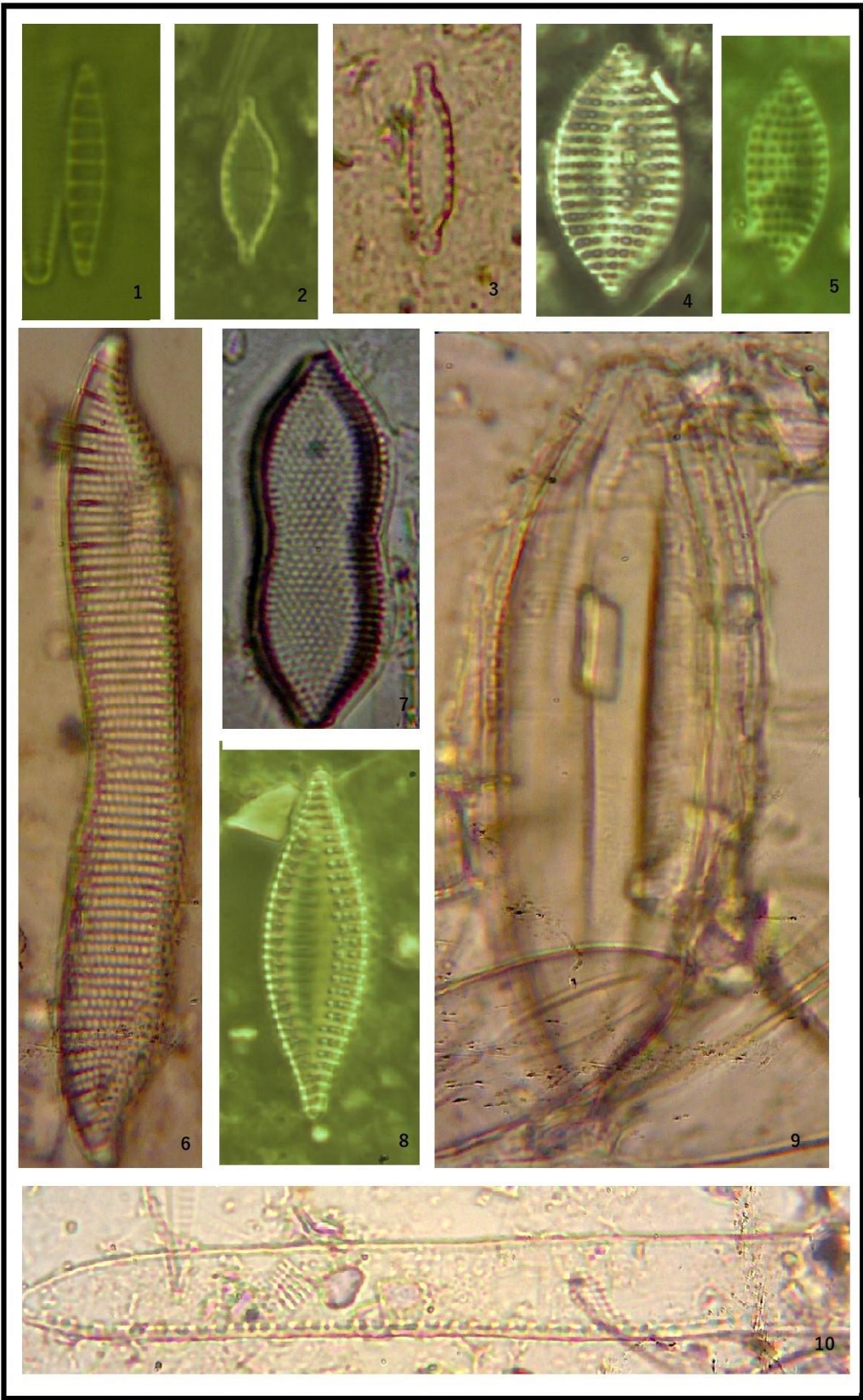


Lámina 6

1. *Staurophora dubitabilis* (Hustedt) Clavero & Hernández-Mariné
2. *Eunotia tenella* (Grunow) Hustedt
3. *Gomphonema affine* Kützing
4. *Gomphonema parvulum* (Kützing) Kützing
5. *Staurosirella pinnata* (Ehrenberg) D.M.Williams & Round
6. *Neofragilaria nicobarica* Desikachary, Prasad & Prema
7. *Opephora pacifica* (Grunow) Petit
8. *Nanofrustulum sopotense* (Witkowski & Lange-Bertalot) E.Morales,
9. *Pseudostaurosira decipiens* E. Morales, G.Chávez & L.Ector
10. *Pseudostaurosiroopsis punctiformis* (Witkowski, Metzeltin & Lange-Bertalot)
Witkowski, Seddon & Pliński
11. *Licmophora communis* (Heiberg) Grunow
12. *Hyalosynedra laevigata* (Grunow) D.M.Williams & Round
13. *Lyrella diffluens* (A.W.F.Schmidt) D.G.Mann
14. *Lyrella clavata* var. *caribaea* (Cleve) Siqueiros Beltrones
15. *Petroneis marina* (Ralfs) D.G.Mann

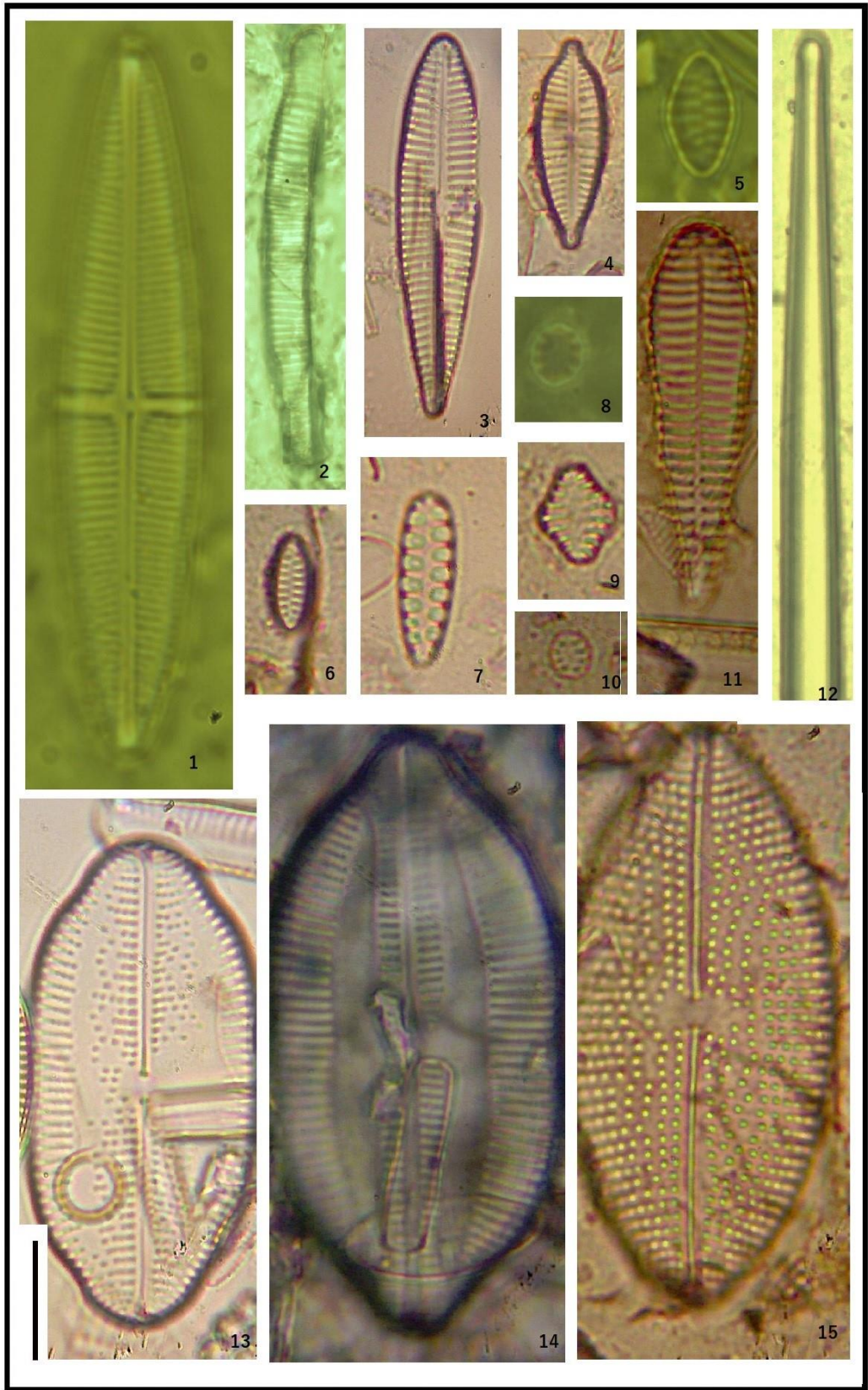


Lámina 7

1. *Mastogloia gibbosa* Brun
2. *Mastogloia grunowii* A.W.F.Schmidt
3. *Mastogloia binotata* (Grunow) Cleve
4. *Mastogloia corsicana* (Grunow) H.Peragallo & M.Peragallo
5. *Mastogloia barbadensis* (Greville) Cleve
6. *Mastogloia crucicula* (Grunow) Cleve
- 7, 8. *Mastogloia braunii* Grunow
9. *Mastogloia erythraea* Grunow

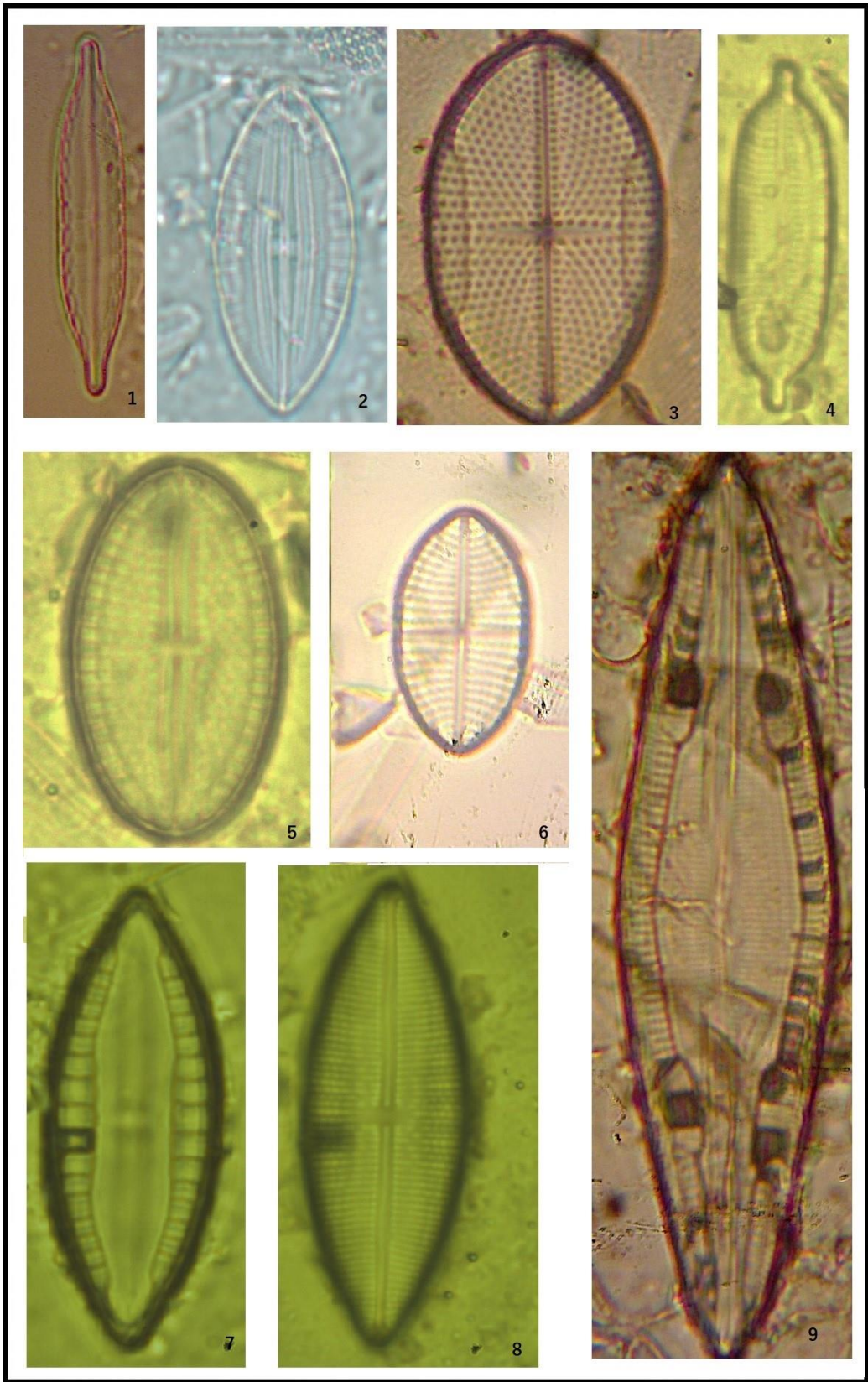


Lámina 8

1. *Tetramphora robusta* Stepanek & Kociolek
2. *Halamphora eunotia* (Cleve) Levkov
3. *Frustulia romboides* (Ehrenberg) De Toni
4. *Parlibellus cruciculoides* (C.Brockmann) Witkowski, Lange-Bertalot &
5. *Berkeleya scopulorum* (Brébisson ex Kützing) E.J.Cox
6. *Climaconeis colemaniae* A.K.S.K.Prasad
7. *Halamphora capitata* (R.Hagelstein) Álvarez-Blanco & S.Blanco
8. *Amphiprora gigantea* var. *sulcata* (O'Meara) Cleve
9. *Brachysira* sp. 1

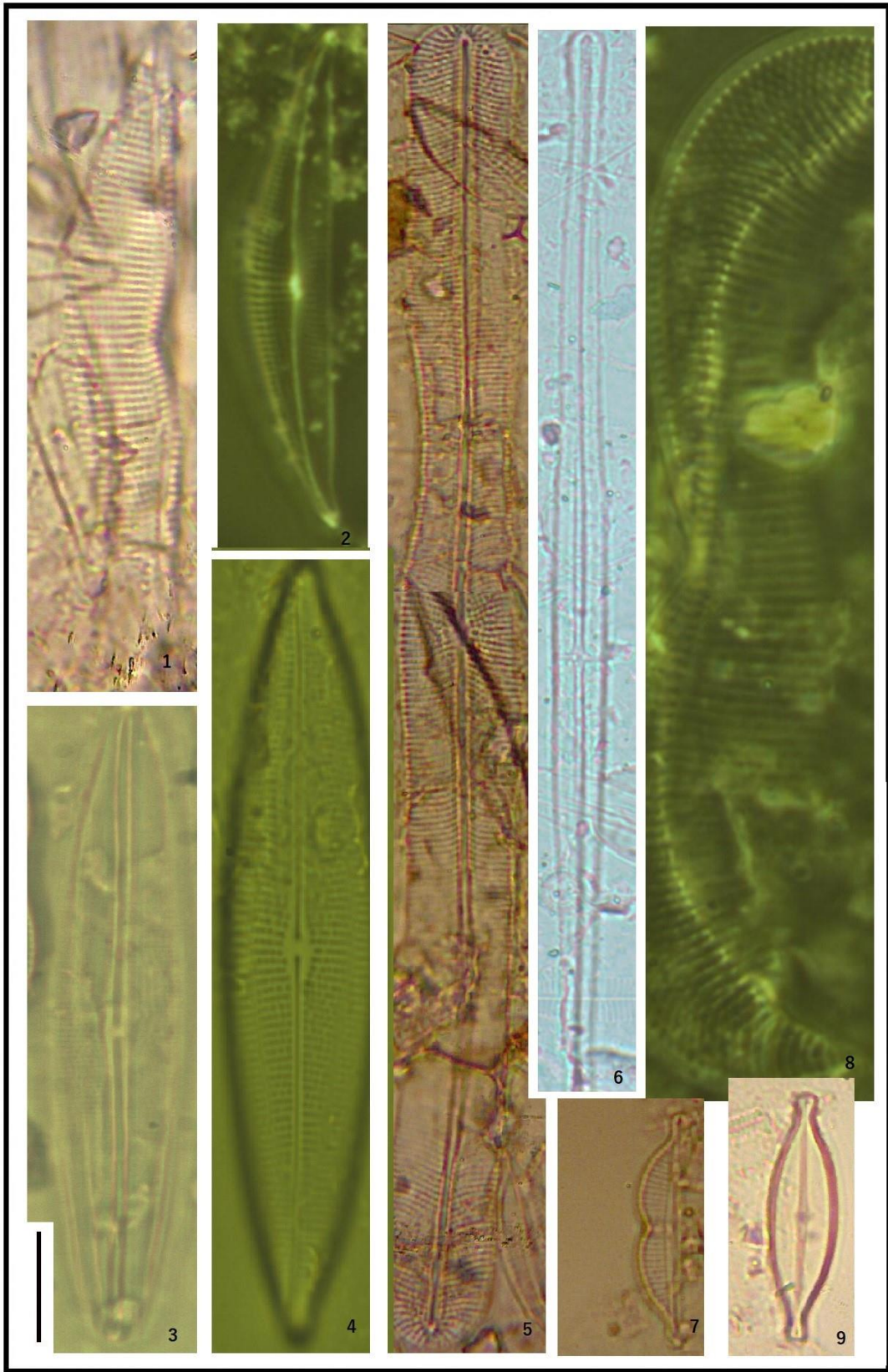


Lámina 9

1 *Diploneis obliqua* (Brun) Hustedt

2, 3. *Chamaepinnularia clamans* (Hustedt) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin

4. *Navicula perminuta* Grunow

5. *Diploneis littoralis* var. *hospes* (A.W.F.Schmidt) Cleve

6. *Navicula salinarum* Grunow

7. *Navicula platyventris* F.Meister

8. *Navicula marina* var. *pagophila* (Grunow) F.W.Mills

9. *Caloneis excéntrica* (Grunow) Boyer

10. *Gyrosigma hummii* Hustedt

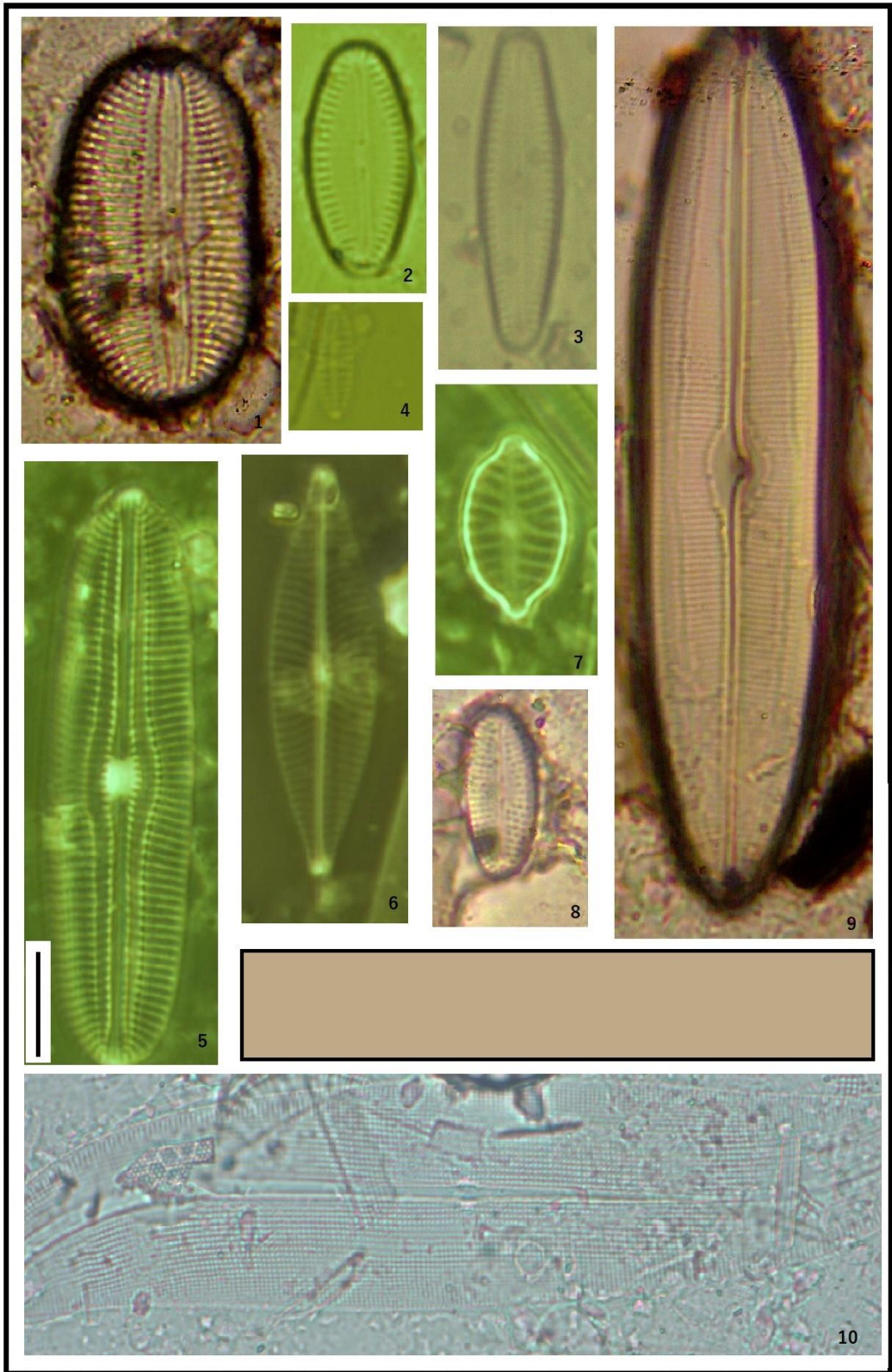


Lámina 10

1. *Pinnularia rectangulata* (W.Gregory) Rabenhorst
2. *Pinnunavis yarrensii* (Grunow) H.Okuno
3. *Seminavis robusta* D.B.Danielidis & D.G.Mann
4. *Envekadea pseudocrassirostris* (Hustedt) Van de Vijver, Gligora, Hinz, Kralj &
5. *Pleurosigma inflatum* Shadbolt
6. *Oestrupia zanardiniana* (Grunow) Hendey
7. *Trachyneis aspera* (Ehrenberg) Cleve
8. *Pleurosigma* sp. 1

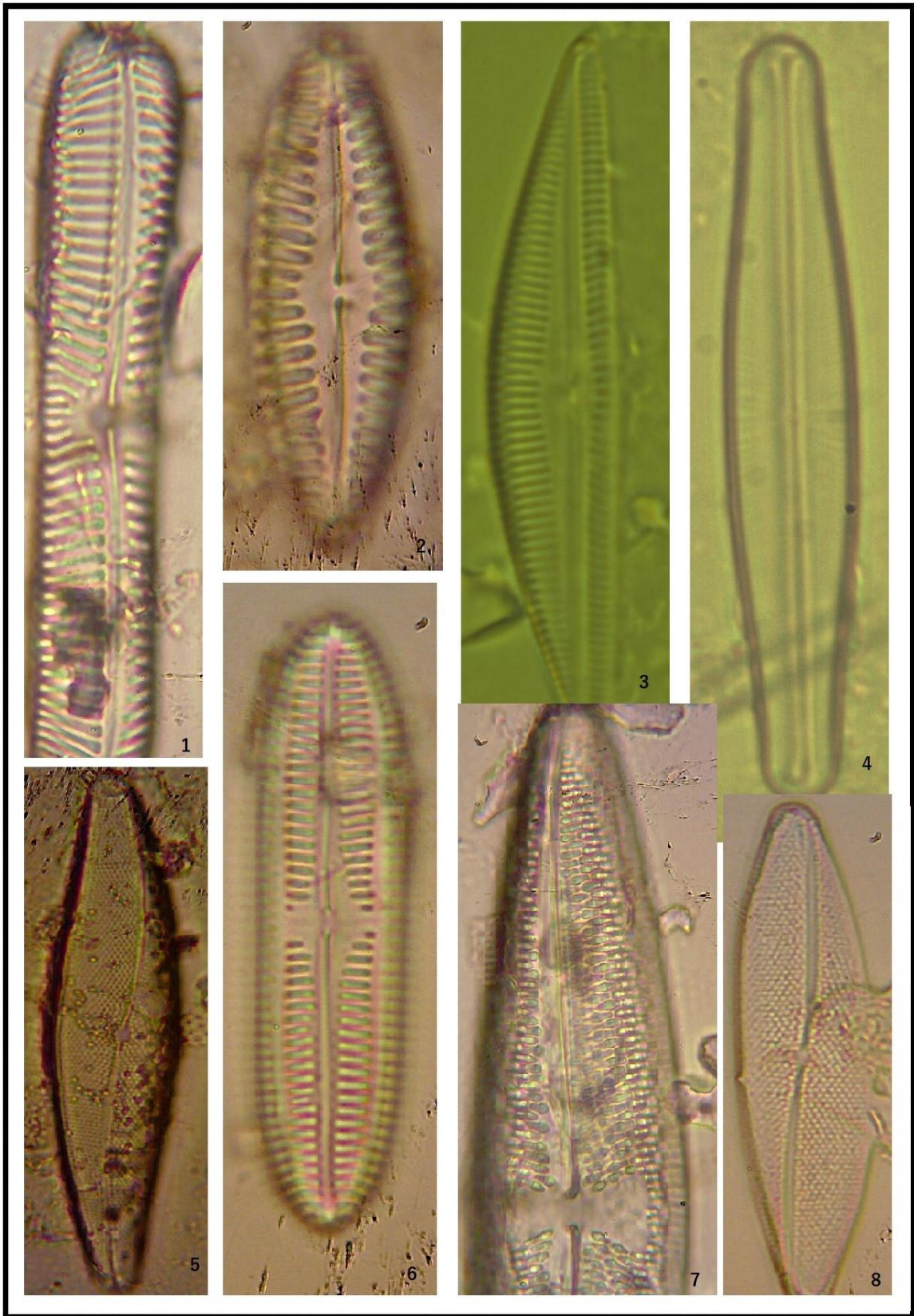


Lámina 11

1. *Fallacia hummii* (M.Møller) Witkowski
2. *Fallacia litoricola* (Hustedt) D.G.Mann
3. *Fallacia pygmaea* (Kützing) Stickle & D.G.Mann
4. *Biremis circumtexta* (Meister ex Hustedt) Lange-Bertalot & Witkowski
5. *Biremis ridicula* (Giffen) D.G.Mann
6. *Dimeregramma minos var. scutulum* (Hanna) Proshkina-Lavrenko
7. *Plagiogramma wallichianum* Greville
8. *Thalassionema nitzchioides* (Grunow) Mereschkowsky
9. *Plagiogramma pulchellum* Greville
10. *Amphora graeffeana* Hendey

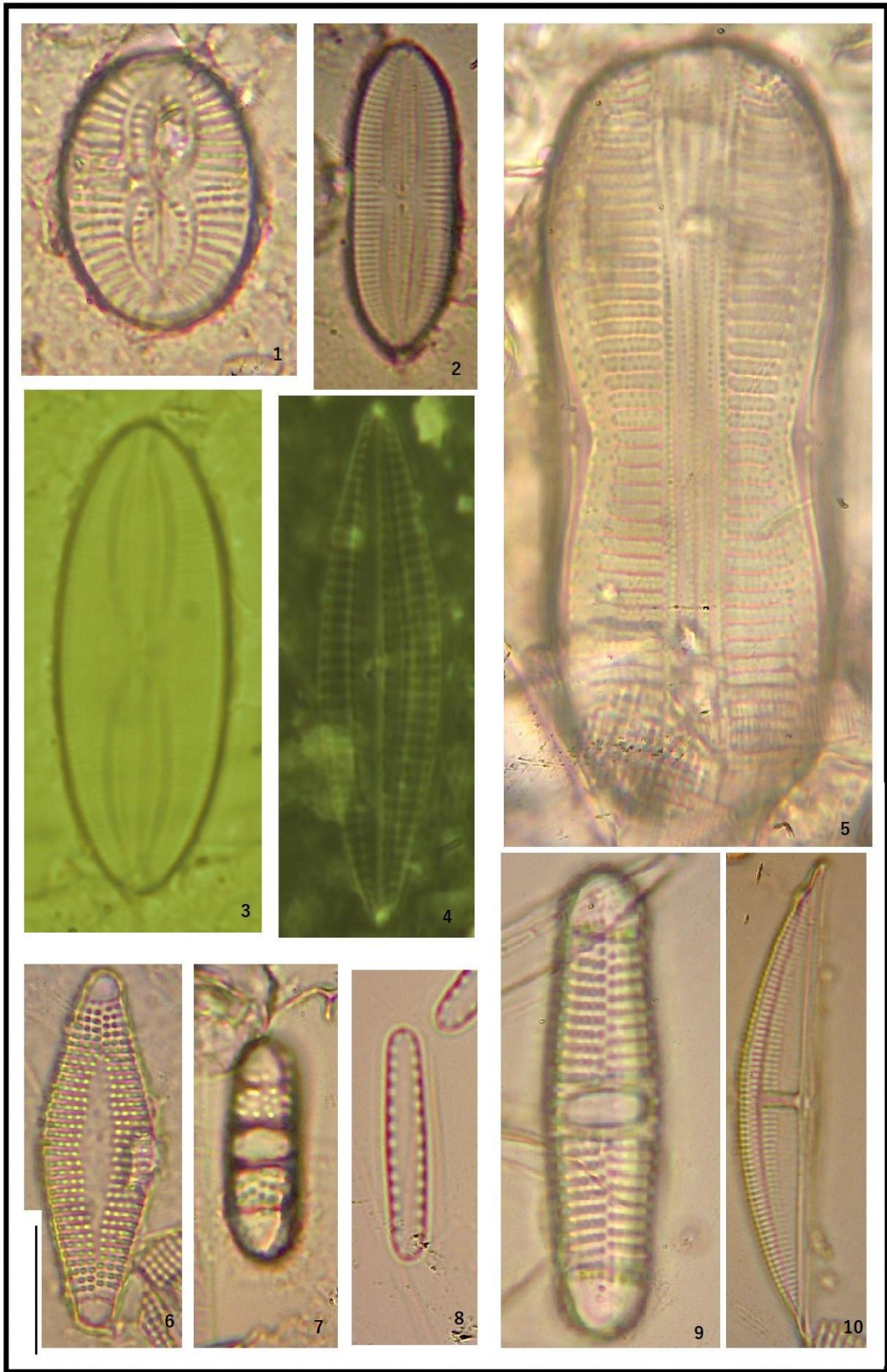


Lámina 12

1. *Amphora ostrearia* var. *vitrea* Cleve
2. *Catenula* cf. *adhaerens* (Mereschkowsky) Mereschkowsky
3. *Grammatophora hammulifera* Kützing
4. *Rhabdonema arcuatum* (Lyngbye) Kützing
5. *Rhaphoneis amphiceros* (Ehrenberg) Ehrenberg
6. *Rhaphoneis castracanei* Grunow
7. *Delphineis minutissima* (Hustedt) Simonsen
8. *Delphineis surirella* (Ehrenberg) G.W.Andrews
9. *Epithemia* cf. *adnata* (Kützing) Brébisson

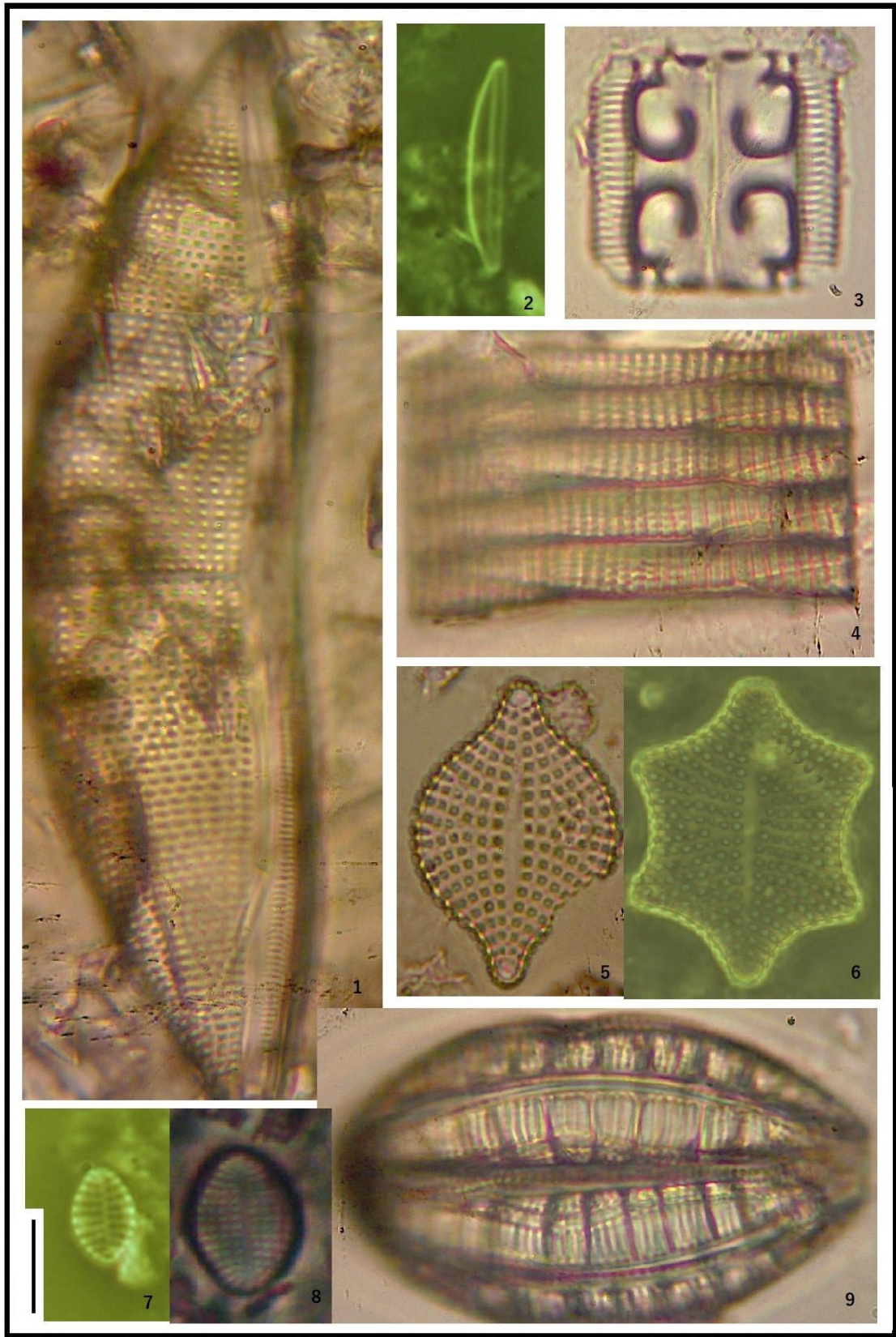
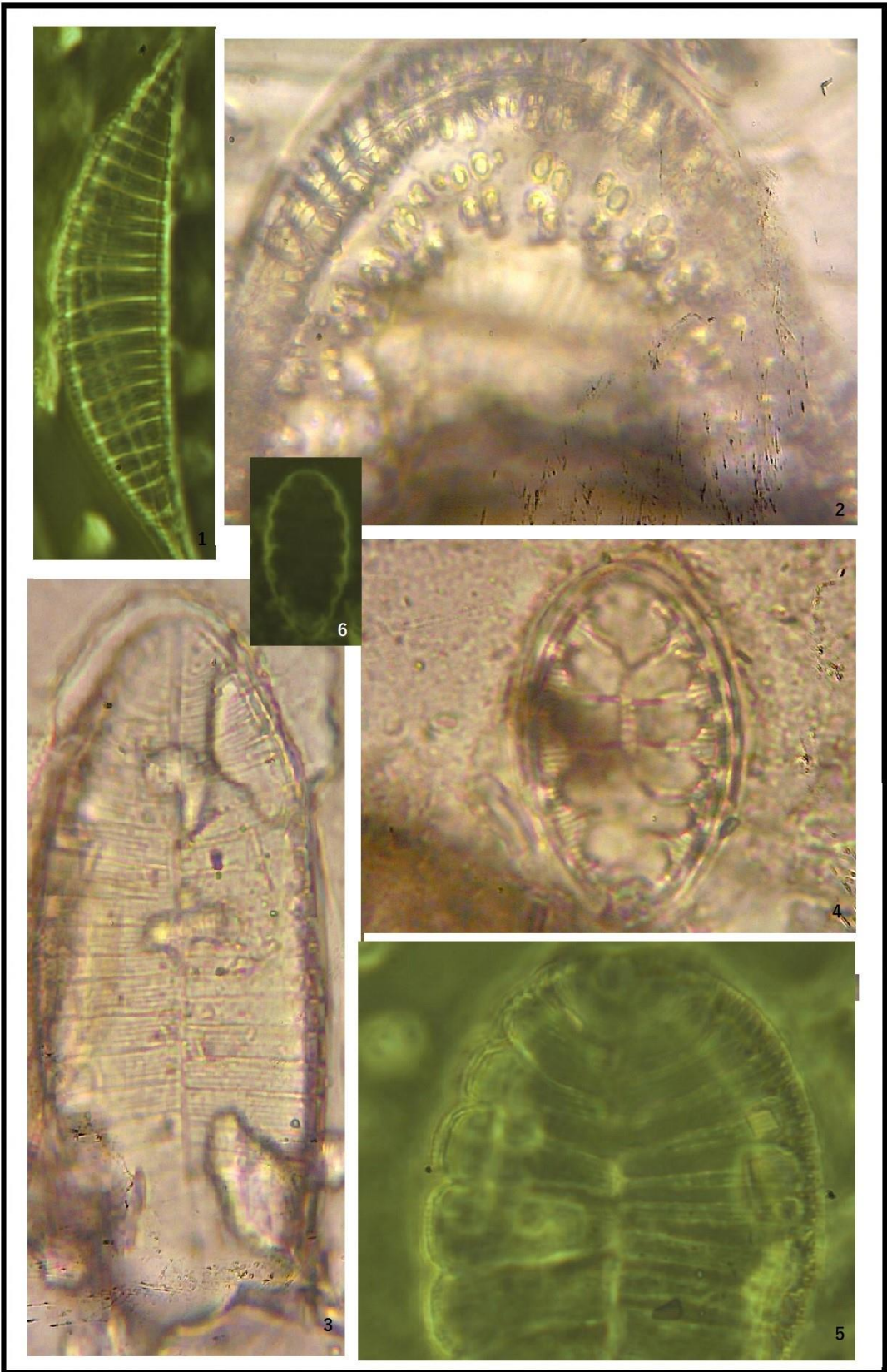


Lámina 13

1. *Rhopalodia musculus* (Kützing) O.Müller
2. *Campylodiscus echeneis* Ehrenberg ex Kützing
3. *Petrodictyon gemma* (Ehrenberg) D.G. Mann
4. *Surirella armoricana* H.Peragallo & M.Peragallo
5. *Surirella striatula* Turpin
6. *Surirella atomus* Hustedt





VARIACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL EN LA ESTRUCTURA DE LAS ASOCIACIONES DE DIATOMEAS BENTÓNICAS EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DE TÉRMINOS, CAMPECHE, MÉXICO.

En la Ciudad de México, se presentaron a las 11:00 horas del día 29 del mes de junio del año 2023 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DR. JOSE ALEJANDRO ZAVALA HURTADO
DR. EBERTO NOVELO MALDONADO
DRA. YURIKO JOCELIN MARTINEZ HERNANDEZ
M. EN C. MARIA EUGENIA ZAMUDIO RESENDIZ

Bajo la Presidencia del primero y con carácter de Secretaría la última, se reunieron para proceder al Examen de Grado cuya denominación aparece al margen, para la obtención del grado de:

MAESTRA EN BIOLOGÍA

DE: JANIS DE LOS SANTOS GONZALEZ

y de acuerdo con el artículo 78 fracción III del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

Aprobar

Acto continuo, el presidente del jurado comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.

JANIS DE LOS SANTOS GONZALEZ
ALUMNA

REVISÓ

MTRA. ROSALIA SERRANO DE LA PAZ
DIRECTORA DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CBS

DR. JOSE LUIS GOMEZ OLIVARES

PRÉSIDENTE

DR. JOSE ALEJANDRO ZAVALA HURTADO

VOCAL

DR. EBERTO NOVELO MALDONADO

VOCAL

DRA. YURIKO JOCELIN MARTINEZ HERNANDEZ

SECRETARIA

M. EN C. MARÍA EUGENIA ZAMUDIO RESENDIZ