



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA**

“ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE
Protoperdinium Bergh (Dinophyceae) EN LA REGIÓN CENTRAL DEL GOLFO DE
MÉXICO”

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
(BIOLOGÍA MARINA)

PRESENTA:

BIÓLOGO JOSÉ MANUEL GONZÁLEZ FERNÁNDEZ

TUTOR PRINCIPAL:

Dr. SERGIO LICEA DURÁN
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

COMITÉ TUTOR:

Dr. DAVID ALBERTO SALAS DE LEÓN
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

Dra. ELIZABETH ORTEGA MAYAGOITIA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Dra. ROSALBA ALONSO RODRÍGUEZ
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
UNIDAD ACADÉMICA DE MAZATLÁN

Dra. MARÍA ESTHER MEAVE DEL CASTILLO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

ASESOR EXTERNO:

M. en C. MARGARITO ÁLVAREZ RUBIO
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

Ciudad Universitaria. Cd. Mx., febrero 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



“ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN, ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE
Protoperdinium Bergh (Dinophyceae) EN LA REGIÓN CENTRAL DEL GOLFO DE
MÉXICO”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
(BIOLOGÍA MARINA)

PRESENTA:
BIÓLOGO JOSÉ MANUEL GONZÁLEZ FERNÁNDEZ

TUTOR PRINCIPAL

Dr. SERGIO LICEA DURÁN
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

COMITÉ TUTOR

Dr. DAVID ALBERTO SALAS DE LEÓN
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

Dra. ELIZABETH ORTEGA MAYAGOITIA
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Dra. ROSALBA ALONSO RODRÍGUEZ
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA
UNIDAD ACADÉMICA DE MAZATLÁN

Dra. MARÍA ESTHER MEAVE DEL CASTILLO
POSGRADO EN CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

ASESOR EXTERNO:

M. en C. MARGARITO ÁLVAREZ RUBIO
INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR Y LIMNOLOGÍA

Ciudad Universitaria. Cd. Mx., febrero 2018

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de maestría. En especial al Instituto de Ciencias del Mar y Limnología por hacer uso de sus instalaciones en particular del laboratorio de Fitoplancton y productividad.

Al Dr. Sergio Licea Durán quien fungió como director de la presente tesis. Desde hace muchos años me brindó su amistad y confianza pero sobre todo me ha compartido su conocimiento en ficología.

A los miembros del jurado: Drs. David Salas de León, Elizabeth Ortega Mayagoitia, Rosalba Alonso Rodríguez, Ma. Esther Meave del Castillo y al M. en C. Margarito Álvarez Rubio por sus aportes que mejoraron sustancialmente el trabajo.

Al Dr. Luis Soto González quien confió en mi en todo momento al invitarme a colaborar con su equipo de trabajo durante las campañas oceanográficas MARZEE-I y II.

Al Dr. Martín Merino Ibarra por facilitar los datos físico-químicos de la campaña UEYATL-I, apoyo financiero, así como sus opiniones vertidas que fueron de gran utilidad para el trabajo.

A la Unidad de Informática Marina (UNIMAR) del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología en especial al M. en C. León F. Álvarez Sánchez por facilitar imágenes satelitales, así como apoyo en asesoría técnica.

A la M. en C. Ruth Luna Soria por sus atinados comentarios y enseñarme a encarar la vida desde una visión académica.

Al Dr. Juan José Kasper Zubillaga quien aportó comentarios y sugerencias de importante valor al trabajo.

Al Dr. José Luis Moreno Ruiz por aportar lo mejor de su experiencia en la taxonomía y ecología del fitoplancton para el desarrollo de la presente tesis.

Al Personal Administrativo del Posgrado por todo su apoyo en especial a la M. en C. Diana Juárez Bustos, M. en C. Chantal G. Ruiz Guerrero, Guadalupe Godoy Medina y Gabriela Almaraz Mejía.

A todas las personas de intendencia, vigilancia y administrativos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Muy en especial al C.P. Alfredo Govea Fernández Cano.

DEDICATORIA

Esta tesis esta dedica a María del Carmen Guerrero y Malik González Guerrero quienes sin importar las adversidades de la vida siempre me han apoyado y confiado en la construcción del conocimiento.

Índice General

RESUMEN-----	1
ABSTRACT-----	3
1. INTRODUCCIÓN-----	4
2. ANTECEDENTES-----	10
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN-----	11
4. HIPÓTESIS-----	11
5. OBJETIVOS-----	11
6. MATERIALES Y MÉTODOS-----	12
7. RESULTADOS-----	19
8. DISCUSIÓN-----	46
9. CONCLUSIONES-----	54
10. LITERATURA CITADA-----	55
11. ANEXOS-----	64

Índice de figuras y tablas

Figura 1. Dinoflagelado mostrando características de la clase: aparato de Golgi (AG), cíngulo (Cg), cromosomas (Cr), epicono (E), envoltura del cloroplasto (EC), flagelo longitudinal (FL), flagelo transversal (FT), gránulo de almidón (GA), hipocono (H), lípidos (L), núcleo (N), poro del tricocisto (P), tricocisto (T), placa tecal (PT) y (REC) retículo endoplasmático del cloroplasto.....	5
Figura 2. Ornamentación de placas en el género <i>Protoperidinium</i> : A) Placa suave, B) Placa suave con poros, C) Placa con espinillas, D) Reticulación poligonal E) Reticulación poligonal y F) Espinas.....	5
Figura 3. Forma y disposición de placas tecales en: Prorocentroide, Dinofisioide, Peridinioide y Gonyaulacoide.....	6
Figura 4. Forma y arreglo de serie de placas poligonales en el género <i>Protoperidinium</i>	7
Figura 5. Dinoflagelado heterotrófico <i>Protoperidinium conicum</i> alimentándose de una diatomea <i>Corethron hystrix</i> . a) pseudópodo extendido, b) presa atrapada y c) presa siendo digerida extracelularmente.....	8
Figura 6. Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo de las campañas oceanográficas MARZEE-I y MARZEE-II en la región central del Golfo de México.....	13
Figura 7. Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo de la campaña oceanográfica UEYATL-I en la región central del Golfo de México.....	13
Figura 8. Tabulación de las placas tecales en el género <i>Protoperidinium</i> . A) vista ventral, vista dorsal, vista apical y vista antapical y B) primera placa ventral tipo orto, meta y para y segunda placa dorsal tipo hexa quadra y penta (Po, X, 4', 3a, 7", 3c, 5s, 5"', 2''').	17
Figura 9. Tipos de cíngulo: 1, ascendente, cavozono; 2, circular, nivelado o ecuatorial, cavozono; 3, descendente, planozono; 4, ascendente con entrecruzamiento, planozono.....	17
Figura 10. Comparación de la variación de los parámetros físico-químicos: A) temperatura, B) salinidad, C) oxígeno disuelto y D) clorofila-a a 10 m de profundidad en la región central del Golfo de México en los meses de julio-2010 (MARZEE-I), enero-2011(MARZEE-II) y octubre-2013 (UEYATL-I).....	20

Figura 11. Comparación de la variación de los parámetros químicos: A) amonio, B) nitrato, C) nitrito, D) fosfato y E) silicato a 10 m de profundidad en la región central del Golfo de México en los meses de julio-2010 (MARZEE-I), enero-2011(MARZEE-II) y octubre-2013 (UEYATL-I).....	21
Figura 12A-C. Dendogramas de agrupación (lado izquierdo) y modelos de ordenación de los ejes principales (lado derecho) [λ Wilks 0.05 y $p < 0.05$] de la zonación del área de estudio en los meses de julio-2010, enero-2011 y octubre-2013 en la región central del Golfo de México.....	25
Figura 13. Zonación del ambiente durante julio-2010 (época de lluvias) en la región central del Golfo de México. Zona 1= ambiente nerítico-oceánico, zona 2= ambiente nerítico-talud-oceánico y zona 3= ambiente nerítico. Las barras indican valores máximos y mínimos.....	26
Figura 14. Zonación del ambiente durante enero-2011 (época de secas) en la región central del Golfo de México. Zona 1= ambiente nerítico-talud-oceánico, zona 2= ambiente nerítico-oceánico y zona 3= ambiente nerítico. Las barras indican valores máximos y mínimos.....	28
Figura 15. Zonación del ambiente durante octubre-2013 (época de nortes) en la región central del Golfo de México. Zona 1= ambiente oceánico-nerítico, zona 2= ambiente nerítico y zona 3= ambiente oceánico-nerítico. Las barras indican valores máximos y mínimos.....	29
Figura 16. Distribución horizontal de la riqueza específica (lado izquierdo) y dendograma de agrupación de las estaciones (lado derecho) con base en la presencia/ausencia de las especies del género <i>Protoberidinium</i> de la campaña oceanográfica MARZEE-I en julio-2010 en la región central del Golfo de México.	34
Figura 17. Distribución horizontal de la riqueza específica (lado izquierdo) y dendograma de agrupación de las estaciones (lado derecho) con base en la presencia/ausencia de las especies del género <i>Protoberidinium</i> de la campaña oceanográfica MARZEE-II en enero-2011 en la región central del Golfo de México.....	37
Figura 18. Distribución horizontal (abajo) de la riqueza específica y dendograma de agrupación (arriba) de las estaciones de muestreo con base en la presencia/ausencia de las especies del género <i>Protoberidinium</i> de la campaña oceanográfica UEYATL-I en octubre-2013 en la región central del Golfo de México.....	40

Figura 19. Distribución horizontal de la abundancia en céls/L de las especies del género <i>Protoperidinium</i> en octubre-2013 en la región central del Golfo de México.....	41
Figura 20. Valores de abundancia en céls/L observados en la campaña oceanográfica Ueyatl-I de <i>Protoperidinium</i> spp.: A-F. A) <i>P. tuba</i> , B) <i>P. ovum</i> , C) <i>P. cf. bipes</i> , D) <i>P. elegans</i> , E) <i>P. pyriforme</i> y F) <i>P. venustum</i> en la región central del Golfo de México.....	42
Figura 21. Gráfico de Olmstead-Tukey de las especies del género <i>Protoperidinium</i> en la campaña oceanográfica UEYATL-I en la región central del Golfo de México.....	43
Figura 22. Dendograma de agrupación (lado izquierdo) y modelo de ordenación de los ejes principales (lado derecho) (λ Wilks 0.05 y $p < 0.05$) de las variables físico-químicas y de la abundancia relativa durante octubre-2013 en la región central del Golfo de México.....	44
Figura 23. Patrón de circulación de los giros ciclónicos y anticiclónicos en los meses de A) julio-2010, B) enero-2011 y C) octubre-2013 en la región central del Golfo de México.....	45
Figura 24. Distribución global de las especies del género <i>Protoperidinium</i> registradas en las campañas oceanográficas: MARZEE-I, MARZEE-II y UEYATL-I.....	51
Tabla 1. Relación de muestras colectadas de botella y red en las campañas oceanográficas MARZEE-I, MARZEE-II y UEYATL-I en la región central del Golfo de México.....	16
Tabla 2. Especies del género <i>Protoperidinium</i> colectadas con botella y red en las campañas oceanográficas MARZEE-I, MARZEE-II y UEYATL-I en la región central del Golfo de México. Abreviaciones: ■=Nerítica; ●=Oceánica y ▲=Nerítica-Oceánica. Frec%=Frecuencia en porcentaje, Abu%=Abundancia en porcentaje, Ner=Nerítica, Oce=Oceánica, Tem=Templada, Tro=Tropical, Subtro=Subtropical y Cosm=Cosmopolita, D=Dominante; C=constante; O=Ocasional y R= Rara (valido solo para la campaña UEYATL-I). *Nuevos registros para el área de estudio.	32-33

Resumen

Se estudió la composición, abundancia y distribución de las especies del género *Protoberidinium* y su relación con algunos parámetros físico-químicos en tres campañas oceanográficas: MARZEE-I (julio de 2010), MARZEE-II (enero de 2011) y UEYATL-I (octubre de 2013) en la región central del Golfo de México. Las muestras de agua para este estudio se colectaron a 10 m de profundidad mediante un CTD acoplado a una roseta con 12 botellas Niskin. La temperatura del agua a 10 m de profundidad osciló entre 18.18 y 29.90°C con los valores más bajos en enero. El oxígeno disuelto varió entre 3.80 y 5.22 mL/L; la salinidad osciló entre 33.19 y 36.40 ups con los valores más altos en enero. La clorofila-a se determinó por espectrofotometría de barrido y sus valores oscilaron entre 0.05 y 2.33 µg/L con valores altos en las estaciones neríticas. Los nitratos fluctuaron entre 0.01 y 1.70 µM/L; los nitritos variaron entre 0.01 y 1.99 µM/L. El amonio osciló entre 0.08 y 7.40 µM/L; los fosfatos entre 0.02 y 1.14 µM/L y los silicatos entre 0.85 y 16.04 µM/L. Con base en la variación de los parámetros físico-químicos y en los resultados del análisis de clasificación se obtuvo la zonación en las tres campañas donde se identificaron tres ambientes: nerítico, talud y oceánico. Mismos que se validaron con un Análisis Discriminante Múltiple, encontrando que en la campaña de julio el amonio y la clorofila-a fueron las variables que determinan la zonación. En enero, la diferencia entre las zonas se explica por la salinidad y los silicatos que se correlacionaron significativamente de manera negativa con la temperatura, clorofila-a y nitratos. En octubre las variables que influyeron en la diferenciación entre las zonas fueron el amonio y los silicatos. El análisis cualitativo de especímenes del género *Protoberidinium* se realizó por el método de Utermöhl identificándose 29 especies, seis subespecies y nueve especies no determinadas. En octubre se registró la mayor riqueza de especies del género con 38 taxones identificados, mientras que en julio y enero se registraron 25 y 22 taxones respectivamente. En general se observó que las especies del género *Protoberidinium* tuvieron baja distribución, pero con mayor presencia en la zona nerítica. En julio *P. crassipes*, *P. depressum*, *P. divergens* y *P. ovum* mostraron moderada distribución, mientras que en enero y octubre *P. ovum* y *P. pyriforme* mostraron un ligero aumento en su distribución. *Protoberidinium cassum*, *P. conicum*, *P. crassipes*, *P. divergens*, *P. leonis*, *P. oceanicum*, *P. oviforme*, *P. ovum*, *P. pellucidum*, *P. pentagonum*, *P. pyriforme*, *P. quarnerense*, *P. steinii*, *P. tuba*, *P. venustum* y *Protoberidinium* sp. 1 representaron el 38% del total de las especies identificadas, las cuales estuvieron presentes en los tres periodos de muestreo. Los datos de abundancia en octubre mostraron que las especies más abundantes son: *Protoberidinium tuba* (623 céls/L), *P. ovum* (473 céls/L), *P. cf. bipes* (358 céls/L), *P. elegans* (275 céls/L), *P. pyriforme* (259 céls/L) y *P. venustum* (190 céls/L). Con base en el Análisis Discriminante Múltiple la densidad de especies de *Protoberidinium* se correlacionó significativamente de manera negativa con el amonio, con mayor riqueza y abundancia de especies en la zona nerítica. Se concluye que la composición, distribución y abundancia del género *Protoberidinium* está relacionada con las condiciones climáticas y los patrones de circulación de las masas de agua y no con los nutrientes, probablemente debido a su carácter heterótrofo. Los valores de nutrientes y clorofila-a corroboran las condiciones oligotróficas del área de estudio.

Se presentan por primera vez datos de la composición, distribución y abundancia de algunas especies de *Protoberidinium* con lo que se amplía la distribución de este género en el sur del Golfo de México, en particular en la zona costera de los estados de Veracruz y Tamaulipas.

Abstract

A study of the composition, abundance and distribution of *Protoperidinium* species and its relationship with some physical-chemical parameters was carried out in three oceanographic cruises: MARZEE-I (July 2010), MARZEE-II (January 2011) and UEYATL-I (October 2013) at the central region of the Gulf of Mexico. Water samples for this study were collected at 10 m depth using a CTD coupled to a rosette with 12 Niskin bottles. Water temperature at 10 m depth ranged from 18.18 to 29.90°C with lowest values in January. Dissolved oxygen ranged from 3.80 to 5.22 mL/L; salinity ranged from 33.19 and 36.40 psu with highest values in January. Chlorophyll-*a* was determined by scanner spectrophotometry and their values ranged between 0.05 and 2.33 µg/L with highest values at neritic stations. Nitrates fluctuated between 0.01 and 1.70-µM/L; nitrites ranged from 0.01 to 1.99 µM/L. Ammonium ranged between 0.08 and 7.40 µM/L; phosphates between 0.02 and 1.14 µM/L and silicates between 0.85 and 16.04 µM/L. Based on physico-chemical parameters and classification analysis a zonation was obtained in the study area, recognizing three environments: coastal, breaking shelf and oceanic. Multiple discriminant analysis indicated that in July cruise ammonium and chlorophyll-*a* were the variables in the formation of these areas. In January the difference between zones is explained by the salinity and silicates which were negatively correlated with temperature, chlorophyll-*a*, and nitrates. In October the variables that influenced the differentiation between zones were ammonium and silicates. Qualitative analysis of *Protoperidinium* specimen was carried out by the Utermöhl method identifying 29 species, six subspecies and nine undetermined species. In October was recorded the greatest species richness with 38 identified taxa, while in July and January 25 and 22 taxa were registered respectively. In general, *Protoperidinium* species had low distribution, but with a greater presence in the neritic zone was observed. In July *P. crassipes*, *P. depressum*, *P. divergens* and *P. ovum* showed a moderate distribution, while in January and October *P. ovum* and *P. pyriforme* showed a slight increase on its distribution. *Protoperidinium cassum*, *P. conicum*, *P. crassipes*, *P. divergens*, *P. leonis*, *P. oceanicum*, *P. oviforme*, *P. ovum*, *P. pellucidum*, *P. pentagonum*, *P. pyriforme*, *P. quarnerense*, *P. steinii*, *P. tuba*, *P. venustum* y *Protoperidinium* sp. 1 accounted for 38% of the total number of identified species and were present on three sampling periods. Data of abundance showed that *Protoperidinium tuba* (623 cells/L), *P. ovum* (473 cells/L), *P. cf. bipes* (358 cells/L), *P. elegans* (275 cells/L), *P. pyriforme* (259 cells/L) and *P. venustum* (190 cells/L) were the most abundant species. According to multiple discriminant analysis of *Protoperidinium* species density was negatively correlated with ammonium, with the greatest richness and species abundance in the neritic zone. We concluded that composition, distribution and abundance of *Protoperidinium* species is related to climatic conditions and water masses circulation instead of nutrients, probably because of its heterotrophic condition. Additionally nutrients and chlorophyll-*a* values confirm the oligotrophic conditions. Data on the composition, distribution and abundance of some species of *Protoperidinium* are given for the first time extending the distribution of this genus in the Southern Gulf of Mexico, particularly in the coastal areas of the of Veracruz and Tamaulipas states.

1. Introducción

Los dinoflagelados son un grupo de protistas, unicelulares, algunos acuáticos parásitos o fotosintéticos, con diferentes tipos de ciclos de vida. Dentro del fitoplancton, los dinoflagelados son, después de las diatomeas, las productoras primarias más importantes del fitoplancton marino (Licea et al., 1995 y Carty, 2003). Tienen características que las hacen ser un grupo de interés en virtud de ser formadoras de mareas rojas, algunas son bioluminiscentes, otras producen diversas toxinas; sus microfósiles son de gran utilidad en estudios paleográficos y estratigráficos, además de que presentan características celulares y bioquímicas especiales (Lara-Villa et al., 1996).

Este grupo de organismos presentan gran diversidad morfológica y funcional, en su mayoría son unicelulares, algunas forman colonias o pseudo-colonias. Pueden tener cloroplastos, aunque pocas especies son estrictamente fotoautótrofas, muchas son mixótrofas y un gran porcentaje son heterótrofas obligadas. Se sabe que la mitad de las especies existentes son fundamentalmente heterótrofas o mixótrofas (Stoecker, 1999).

Se conoce que hay más de 2000 especies de dinoflagelados, de éstos, aproximadamente 75 producen toxinas que pueden llegar a ser letales (Hernández-Orozco y Gárate-Lizárraga, 2006). Estas toxinas pueden tener actividad citolítica, hemolítica, hepatotóxica y neurotóxica, además que pueden bioacumularse al ser transferidas a través de la trama alimenticia y con ello afectar a los organismos con los que coexisten, además de tener implicaciones en la salud humana.

Los dinoflagelados poseen dos flagelos desiguales; uno longitudinal (sulcal) y otro en forma de listón que rodea a la célula en su ecuador (cingular). La mayoría de los dinoflagelados presentan una asimetría característica, suelen ser de talla pequeña a grande (entre 5-250 μm y algunos hasta 2 mm). Presentan un epicono así como un hipocono divididos por un cingulum o constricción (Steidinger y Tangen, 1997).

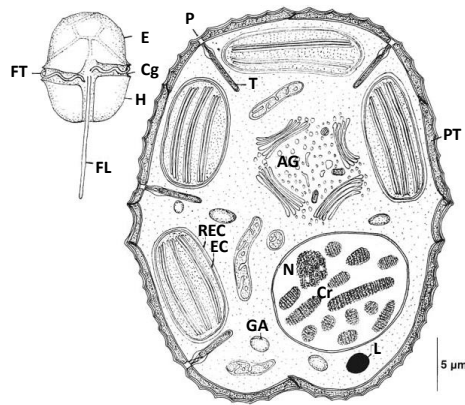


Fig. 1. Esquema de una dinoflagelada mostrando sus caracteres morfológicos: aparato de Golgi (AG), cíngulo (Cg), cromosomas (Cr), epicono (E), envoltura del cloroplasto (EC), flagelo longitudinal (FL), flagelo transversal (FT), gránulo de almidón (GA), hipocono (H), lípidos (L), núcleo (N), poro del tricocisto (P), tricocisto (T), placa tecal (PT) y retículo endoplasmático del cloroplasto (REC). Tomado de Lee (2008).

Todos los dinoflagelados presentan un anphiesma, que es una capa compuesta de pequeñas vesículas aplanadas y algunos tienen además una cubierta llamada teca (tecados), de consistencia dura, formada por celulosa, cuya estructura básica es una serie de membranas presentes en la pared celular (Fig.1). La teca está formada por placas cuyo número y disposición tiene valor taxonómico (Steidinger y Tangen, 1997).

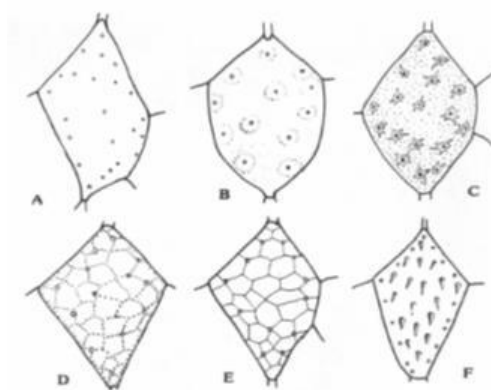


Fig. 2. Ornamentación de placas en el género *Protoperdinium*: A) Placa suave, B) Placa suave con poros, C) Placa con espinillas, D) Reticulación poligonal, E) Reticulación poligonal y F) Espinas. Tomado de Dodge (1983).

Las placas pueden presentar ornamentación diversa como areolas, poros, estrías, espínulas, espinas y velos (Fig. 2) y su estructura tiene importancia taxonómica (Dodge, 1983); sin embargo el mayor peso se concede a su forma y disposición. Así, se pueden distinguir diversos tipos: gonyaulacoide, peridinioide, dinofisioide, prorocentroide entre otros (Figs. 3 y 4).

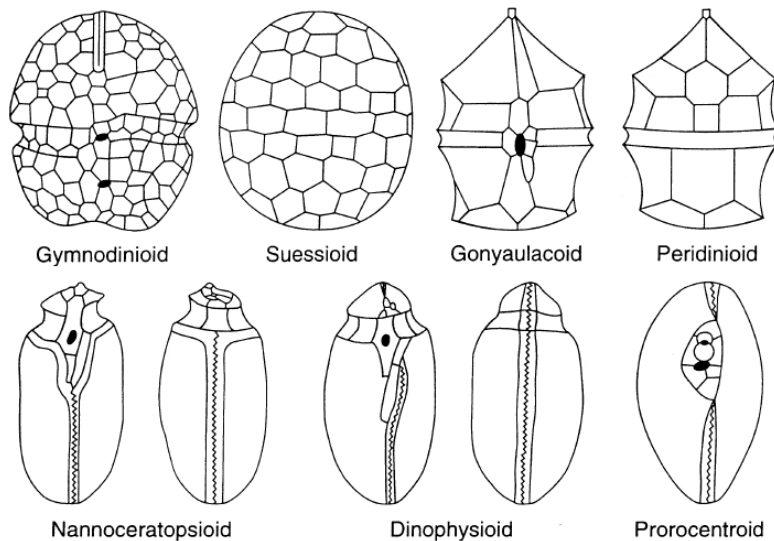


Fig. 3. Forma y disposición de placas tecales en: Gimnodinioide, Suesioide, Gonyaulacoide Peridinioide, Dinofisioide y Procoentroid. Modificado de Fensome et al. (1999).

Las especies del género *Protoperidinium* Bergh, 1881, motivo de este estudio, incluyen formas móviles caracterizadas por la presencia de una pared rígida de celulosa compuesta por series de placas poligonales (teca) que son ampliamente utilizadas en la taxonomía del género (Fig. 4). Este género es uno de los grupos más diversos y ampliamente distribuidos en el fitoplancton marino (Faust, 2002). Es un grupo con amplia distribución con más de 200 especies morfológicamente definidas (Balech, 1974). Siano y Montresor (2005) señalan que el género incluye más de 250 especies de diversas tallas y morfología. Más recientemente Gómez (2012) en una revisión minuciosa refiere un total de 280 especies válidas.

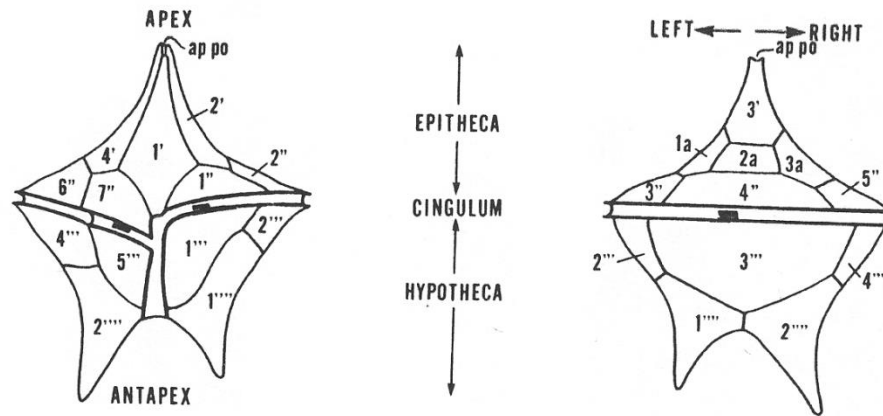


Fig. 4. Forma y arreglo de serie de placas poligonales en el género *Protoperidinium*. Tomado de Steidinger y Tangen (1997).

Las especies de este grupo están ampliamente distribuidas y con frecuencia dominan en abundancia los ecosistemas costeros (Evagelopoulos, 2002; Faust, 2002; Okolodkov, 2008; Taylor et al., 2008). Este género, generalmente no presenta cloroplastos por lo que está considerado como heterótrofo (Olseng et al., 2002; Elbrächter y Hoppenrath, 2009). Debido a su amplia diversidad morfológica, la taxonomía del género *Protoperidinium* no es un trabajo sencillo (Gribble y Anderson, 2006).

La mayoría de las especies fueron descritas como *Peridinium* Ehrenberg (Gribble y Anderson, 2006) e incluían especies marinas y de agua dulce. Bergh (1881) observó que las placas tecales exhibían un patrón común básico e introdujo el género *Protoperidinium* que incluyó especies marinas y de aguas epicontinentales. Más tarde, Schütt (1895) enfatizó la importancia de la morfología en la identificación taxonómica y así dividió a *Peridinium* en subgrupos basados en el contorno y desplazamiento del cíngulo. Kofoid (1909) propuso la descripción detallada de las placas tecales, lo que es la base de la clasificación moderna de las especies de *Protoperidinium* (Figs. 4 y 7). Subsecuentemente, Jörgensen (1912) propuso nuevos grupos con base en las placas tecales para la identificación de las especies. Las especies con tres placas intercalares se mantuvieron en el género *Peridinium*, cuyas subdivisiones se basaron en la forma de la primera placa apical (1'), así como la

forma y posición de la segunda placa intercalar (2a) y propuso al género *Archaeoperidinium* para especies con dos placas intercalares anteriores. Posteriormente Balech (1963) y Loeblich (1968) notaron que las especies marinas de *Peridinium* tienen tres placas cingulares más una placa transicional, lo que contrasta con las especies de agua dulce que tienen más placas cingulares. Bourrelly (1970) estudió las placas cingulares de varias especies de agua dulce y concluyó que éstas poseían cinco o seis placas cingulares. Con base en lo anterior Balech (1974) transfirió 231 especies marinas de *Peridinium* a *Proto-peridinium*. Esta transferencia incluía especies con la primera placa apical (1') tipo para, meta u orto, placa intercalar (2a) con los tipos hexa, penta y quadra, cuatro placas cingulares y seis sulcales. Más recientemente Steidinger y Tangen (1997) con base en las observaciones de Balech (1974) establecieron la fórmula tecal: Po, X, 4', 3a, 7'', 3+1c, 6s, 5''', 2'''''. Los estudios en laboratorio han permitido conocer más sobre la biología de las especies de *Proto-peridinium*. Así se han podido conocer algunos hábitos alimenticios como el uso en algunas especies de un pseudópodo con el que envuelven a su presa y la digieren extracelularmente (Gaines y Taylor 1984; Jacobson y Anderson, 1986; Gribble et al., 2007 y Lee, 2008) (Fig. 5). Esto permite a las especies alimentarse de presas en una proporción aproximada de 1:1 o mayor dependiendo la especie (Naustvoll, 2000).

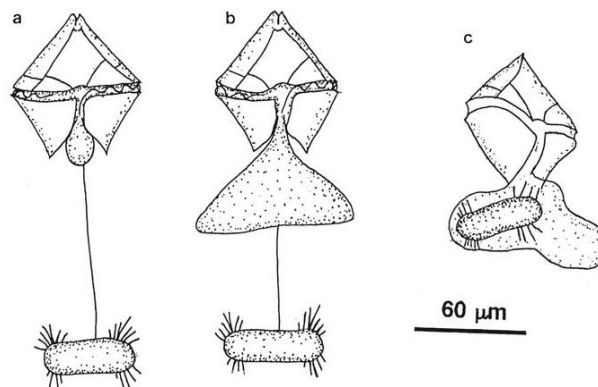


Fig. 5. Dinoflagelado heterotrófico *Proto-peridinium conicum* alimentándose de una diatomea *Corethron hystrix*. a) pseudópodo extendido, b) presa atrapada y c) presa siendo digerida. Tomado de Lee (2008).

Por lo tanto, *Protooperidinium* compite con el mesozooplancton por la misma fuente de alimento. La mayoría de las especies estudiadas en laboratorio son selectivas en su alimentación como *Protooperidinium steinii*, *P. pyriforme*, *P. cf. divergens* y *P. crassipes* registradas en este estudio, mientras otras especies son menos selectivas como *P. vorax*, exhibiendo tasas positivas de crecimiento alimentándose sobre una amplia diversidad de diatomeas y dinoflageladas (Jacobson y Anderson 1986; Jeong y Latz 1994; Buskey 1997; Naustvoll, 2000; Menden-Deuer et al., 2005; Siano y Montresor 2005, Gribble et al., 2007). También se ha observado que en escasez de alimento (diatomeas y otras dinoflageladas) se nutren de huevos de copépodos y/o detritus, o bien recurren al canibalismo como *P. steinii* (Jeong y Latz 1994; Jeong, 1996, Olseng et al., 2002). Siano y Montresor (2005) indican que algunas especies del género *Protooperidinium* juegan un papel importante en el decaimiento de florecimientos algales nocivos por pastoreo. Esto sugiere que el género *Protooperidinium* juega un papel importante en la estructura trófica en los ecosistemas marinos. Sin embargo, a pesar de que se conocen más de 280 especies de *Protooperidinium* (Gómez, 2012), poco se sabe de la ecología de este género y menos acerca de la autoecología de las especies. Por esta razón el propósito fundamental de esta investigación es conocer la composición, abundancia y distribución del género *Protooperidinium*, así como su relación con algunos factores ambientales que los afectan para generar información básica de este grupo que en el futuro coadyuve para evaluar posibles cambios climáticos en el ecosistema.

2. Antecedentes

Las primeras investigaciones en donde se menciona la presencia de *Protoperidinium* con el nombre genérico de *Peridinium* se realizaron en el norte del Golfo de México (Graham, 1954; Curl, 1959; Balech, 1967; Norris y Berner 1970; Steidinger y Williams, 1970 y Steidinger, 1971). En particular las compilaciones de Steidinger (1972) y Steidinger et al. (2009) proporcionan una lista de 76 especies de *Protoperidinium* (como *Peridinium*) y 88 especies como *Protoperidinium*.

En la región sur del Golfo de México los estudios sobre plancton se llevaron a cabo por las expediciones soviéticas y soviéticas-cubanas en los años 1960s y 1980s (Khromov, 1965; Bogdanov et al., 1968; Roujyaynen et al., 1968; Zernova 1969, 1970, 1974, 1982; Bessonov et al., 1971; De la Cruz, 1971; Krylov, 1974; Vinogradova, 1976). Sin embargo, en todos los casos *Protoperidinium* (como *Peridinium*) no se proporciona detalle con respecto a su distribución. En años recientes Licea et al. (2004) llevaron a cabo un estudio sobre la sistemática y distribución de microalgas en el sur del Golfo de México y se registraron un total de 252 especies de dinoflagelados, de los cuales 28 especies pertenecen al género de *Protoperidinium*. Okolodkov (2003, 2008) analizó la morfología de 46 especies de *Protoperidinium* presentes en el Sistema Arrecifal Veracruzano de las cuales reportó 15 especies como nuevos registros para el Golfo de México y 25 especies para el estado de Veracruz; Merino-Virgilio et al. (2013) estudiaron muestras recolectadas con botella provenientes de la plataforma continental de la parte norte de la península de Yucatán y proporcionaron una lista preliminar de microalgas planctónicas y ticoplantónicas registrando 23 especies del género *Protoperidinium*. Cabe señalar que los estudios sobre este género en el área de estudio son escasos ó inexistentes con respecto a su ecología.

3. Pregunta de investigación

¿Existe una relación entre las especies del género *Protoperdinium* con los parámetros ambientales temperatura, salinidad, O₂, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻, SiO₂⁻ y clorofila-a?

4. Hipótesis

El cambio en la composición, abundancia y distribución de las especies del género *Protoperdinium* se relaciona con parámetros ambientales como la temperatura, salinidad, concentración de O₂, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻, SiO₂⁻ y clorofila-a.

5. Objetivos

Objetivo General

Analizar la composición taxonómica, abundancia y distribución de las especies del género *Protoperdinium* y su relación con algunos parámetros físico-químicos en tres épocas de muestreo en la región central del Golfo de México.

Objetivos Particulares

Determinar la composición taxonómica y distribución de las especies del género *Protoperdinium* en la región central del Golfo de México.

Estimar la frecuencia y la abundancia relativa de las especies del género *Protoperdinium* en la campaña UEYATL-I en la región central del Golfo de México.

Correlacionar la abundancia de las especies del género *Protoperdinium* con los parámetros ambientales de temperatura, salinidad, concentración de O₂, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻, SiO₂⁻ y clorofila-a en la campaña UEYATL-I en la región central del Golfo de México.

6. Materiales y Métodos

Área de Estudio

El área de estudio se sitúa entre los 21°00" y 26° 87" Lat. Norte y 87°00" y 97° 30" Long. Oeste y hasta la isóbata de los 1500 m de profundidad (Figs. 6 y 7). Las condiciones hidrográficas están fuertemente influidas por la corriente de Lazo, la formación de giros ciclónicos y anticiclónicos que se desplazan en dirección hacia la costa de Tamaulipas (Zavala-Hidalgo et al., 2006), así como por la aparición de las tormentas de invierno, entre octubre y febrero (Hulburt y Thompson, 1980) cuyos vientos contribuyen al enfriamiento y mezcla de la columna de agua de la superficie en esta región.

Esta región presenta una circulación predominantemente ciclónica, la cual esta principalmente asociada a las aguas del Canal de Yucatán (Nowlin, 1972). Monreal-Gómez y Salas de León (1985, 1990) confirmaron la presencia de giros ciclónicos en dirección oeste, que persisten en toda la región de febrero hasta marzo y tiende desaparecer en abril. En mayo el giro desaparece, y la circulación cambia de este a oeste.

El clima va de semiárido, con temperatura media anual de 18 a 22°C en la región norte correspondiente al estado de Tamaulipas, hasta subhúmedo con temperatura media anual de 18°C al norte del estado de Veracruz. La precipitación mensual promedio es de 120 a 1,000 mm de junio a noviembre (época de lluvias), en tanto que en época de secas se registran precipitaciones menores de 120 mm entre diciembre y mayo. En general la humedad relativa es alta a lo largo del año (García, 2004; Britton y Morton, 1989). Otra característica climática es la influencia de masas de aire frío y seco provenientes del norte que al interactuar con las masas tropicales propias del Golfo producen frentes fríos conocidos como "nortes" de octubre a febrero (Nowlin y Parker, 1974). Estos vientos tienen influencia en toda la región provocando enfriamiento y mezcla de la capa superficial, con impacto considerable en la zona costera (Alatorre et al., 1987). Más información de esta área se encuentra en Salas de León et al. (2009); Yañez-Arancibia et al. (2013) y Zavala-Hidalgo et al. (2014).

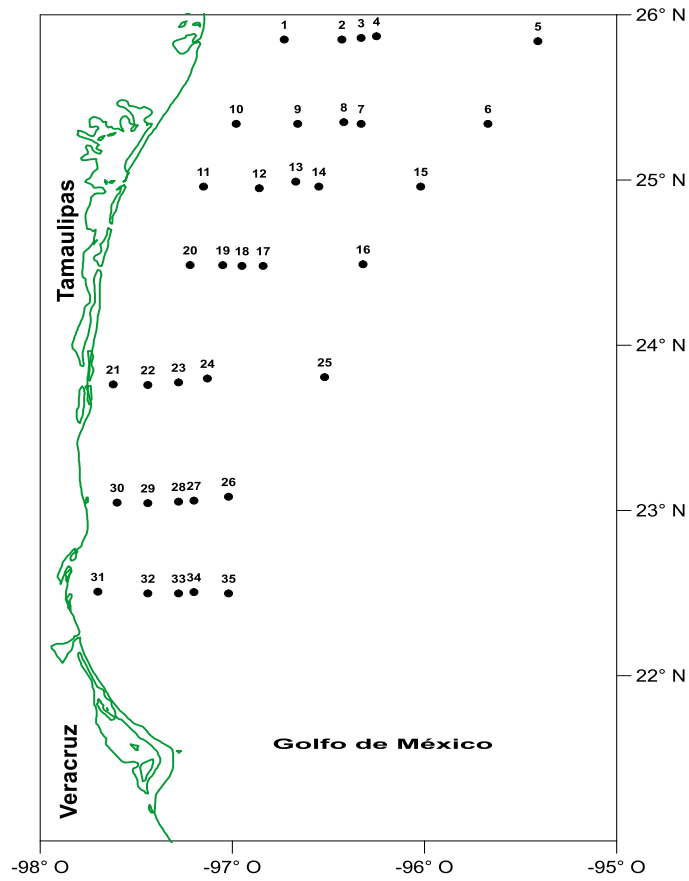


Fig. 6. Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo de las campañas oceanográficas MARZEE-I y MARZEE-II en la región central del Golfo de México.

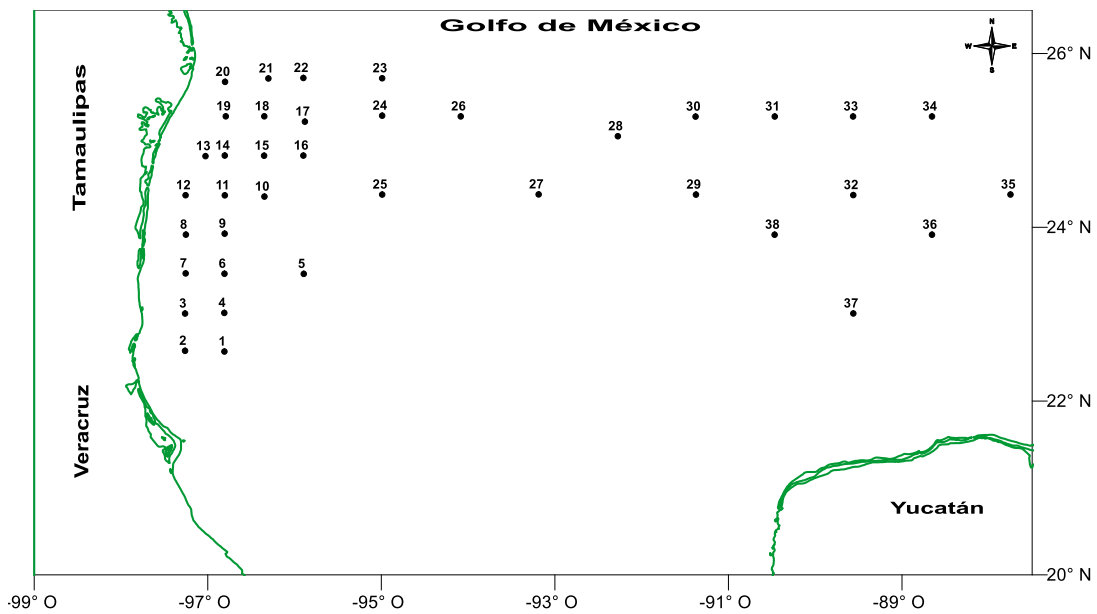


Fig. 7. Área de estudio y localización de las estaciones de muestreo de la campaña oceanográfica UYATL-I en la región central del Golfo de México.

Parámetros físico-químicos y biológicos

Los parámetros físico-químicos (temperatura, salinidad, O_2 , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , SiO_2 y clorofila-*a*) y las muestras de fitoplancton se obtuvieron en tres campañas oceanográficas: MARZEE-I, MARZEE-II (Marco Ambiental de las Condiciones Oceanográficas en el Sector NW de la ZEE de México en el Golfo de México) y UEYATL-I (Establecimiento de la línea base ambiental en el sector NW de la Zona Económica Exclusiva de México en el Golfo de México). Cabe señalar que en la campaña MARZEE-II no se tienen datos de nitritos ni amonio y no hay ninguna información ambiental de las estaciones 26 a 35. Asimismo, en la campaña UEYATL-I no se obtuvieron datos del CTD (Conductivity, Temperature and Depth) en las estaciones 39, 40, 41 y 43 debido a condiciones adversas durante los muestreos.

Se colectaron muestras de agua destinadas al análisis de células del fitoplancton, clorofila-*a* y nutrientes mediante un CTD modelo Sea Bird SBE-9 plus, equipado con un perfilador de fluorescencia y un sensor de oxígeno acoplados a un muestreador de roseta estándar para 12 botellas tipo Niskin de 10 L de capacidad a bordo del B/O "Justo Sierra". El procesamiento de los datos (salinidad, temperatura y fluorescencia) se llevó a cabo mediante la utilización del software Seabird versión Seasave V.7.26.1.

La determinación de oxígeno disuelto se llevó a cabo con el método de micro-Winkler (Grasshoff et al., 1999). El análisis de muestras de nutrientes inorgánicos disueltos (fosfato, silicato, nitrato, nitrito y amonio) se realizó con un analizador de flujo segmentado, marca Skalar modelo San-Plus. Las determinaciones se hicieron con base en los métodos de Strickland y Parsons (1972) y Grasshoff et al. (1999). La determinación de fosfato se realizó mediante la formación del ácido 12-molibdofosfórico y su posterior reducción a fosfomolibdeno azul con ácido ascórbico. La determinación del amonio se realizó con la técnica descrita por Solórzano (1969), los nitratos se determinaron mediante su reducción a nitrito, empleando el método modificado de Treguer y Le Corre (1974), usando como

agente reductor una columna de cadmio recubierta con cobre, acondicionada con cloruro de amonio. La determinación de silicato se realizó mediante la metodología propuesta por Brewer y Riley (1966) y Hansen y Koroleffs (1999) mediante la conversión del ácido silico a ácido B-silicomolibdico y su reducción a molibdeno azul con un reductor como el ácido ascórbico. Cabe señalar que para la realización de todos los análisis en el sistema de flujo continuo San Plus de Skalar, se utilizaron los circuitos diseñados por Kirkwood (1994). Los métodos anteriormente señalados han sido creados para el análisis de nutrientes en aguas oligotróficas, por lo que su límite de detección y sensibilidad a las interferencias son superiores a las de los métodos usados en agua dulce, como los de la APHA (Merino-Ibarra et al., 2011; 2012; 2016).

La obtención de la clorofila-a se hizo filtrando 2 litros de agua a través de una membrana de nitrocelulosa de 0.45 μm (Millipore), que se almacenó en tubos Falcon de 10 ml. La extracción se realizó con acetona al 90% dejándola en refrigeración durante 24 horas. Posteriormente las muestras se centrifugaron durante 7 min a 2,500 rpm. La lectura de absorbancia se hizo en un espectrofotómetro de barrido Elyptica, modelo Ely-2000 a tres diferentes longitudes de onda. La concentración de pigmentos fotosintéticos se obtuvo mediante la técnica tricromátrica, con base en las ecuaciones de Jeffrey y Humphrey (1975).

Como una herramienta adicional para conocer las posibles relaciones entre las variables físico-químicas, biológicas y la circulación de las masas de agua se utilizaron imágenes de satélite relacionadas con la dirección y velocidad de las corrientes oceánicas del proyecto COPERNICUS (European Space Agency) (Fig. 23A-C). Dichas imágenes se elaboraron con el software de información geográfica QGIS V. 2.18.9 (2004-2016).

Fitoplancton: *Protoperidinium* spp.

Se analizaron 142 muestras (Tabla 1) recolectadas en 103 sitios de muestreo (Figs. 6 y 7). En todas las campañas se colectaron muestras con una red cónica de 30 cm de diámetro de boca, abertura de malla de 25 μm y longitud de 1 m mediante arrastres verticales hasta un máximo de 200 m de profundidad y se preservaron en formalina al 2%. Adicionalmente, en la campaña UEYATL-I se colectaron muestras de agua con botellas Niskin a 10 m de profundidad exclusivamente y se preservaron con una solución de Lugol a saturación con acetato de sodio (Ferrario et al., 1995). El material obtenido se depositó en la colección de microalgas del Laboratorio de Fitoplancton y Productividad del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Tabla 1. Relación de muestras colectadas con botella y red en las campañas oceanográficas MARZEE-I, MARZEE-II y UEYATL-I en la región central del Golfo de México.

Campañas:	Fecha:	Tipo de muestra:	Núm. Muestras:
MARZEE-I	Del 28 de junio al 10 de julio 2010	Red de arrastre (red 25 μm)	35
MARZEE-II	Del 26 de enero al 1 de febrero 2011	Red de arrastre (red 25 μm)	25
UEYATL-I	Del 11 al 29 de octubre 2013	Botella y red de arrastre (red 25 μm)	82 (41 c/u)
Total de muestras			142

El análisis cualitativo y cuantitativo de muestras de agua se realizó siguiendo el método de Utermöhl referido en Edler y Elbrächter (2010). Previo al conteo de las muestras, éstas se concentraron de 1000 mL a 100 mL mediante un proceso de decantación y se dejaron sedimentar por 48 h. A partir de este concentrado se tomó una alícuota de 2 mL y se transfirió a una cámara de sedimentación. Los conteos se hicieron en dos microscopios (Carl Zeiss ICM-405 y Olympus-IX71-invertido), equipados con cámaras digitales (Canon-A620 y Evolution-VF respectivamente). Este equipo permitió la obtención de imágenes y mediciones que coadyuvaron en la determinación de las especies. En algunos casos fue necesario el examen

detallado de la morfología de las placas, utilizando las técnicas de Qian et al. (1995) y Steidinger y Tangen (1997) que consisten en aislar las especies en un portaobjetos con agua destilada y la adición de hipoclorito de sodio al 5%. La tabulación de las placas se realizó con la nomenclatura de Balech (1974) y Steidinger y Tangen (1997). Se hicieron mediciones del largo, transdiámetro y observaciones sobre el desplazamiento del cíngulo, presencia-ausencia de cuernos o espinas apicales, antapicales y en la medida de lo posible se valoró la decoración de las placas tecales (Figs. 2, 8 y 9).

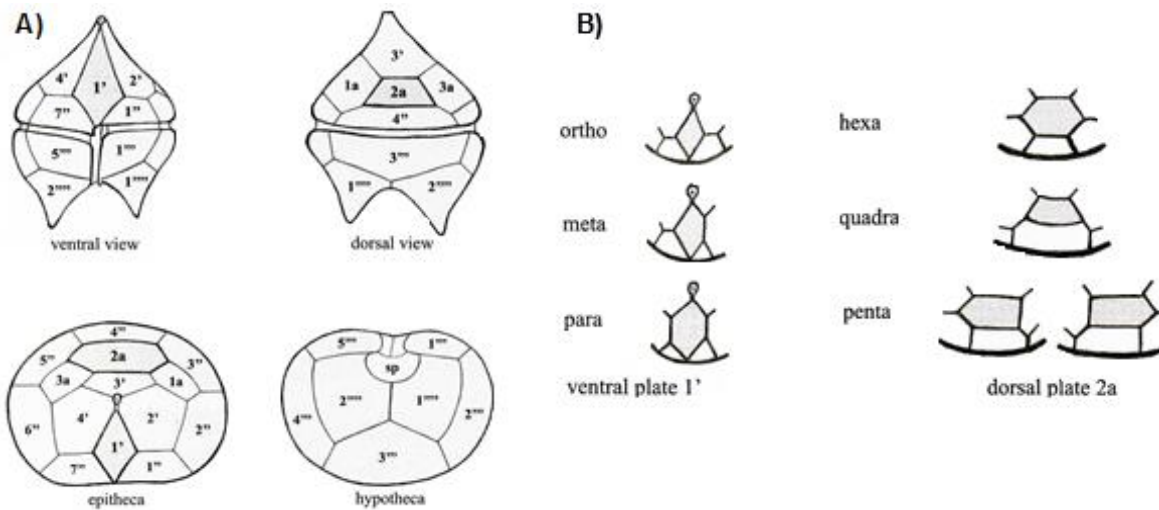


Fig. 8. Tabulación de las placas tecales en el género *Protoperidinium*. A) vista ventral, dorsal, apical y antapical y B) primera placa ventral tipo orto, meta y para y segunda placa dorsal tipo hexa quadra y penta (Po, X, 4', 3a, 7'', 3c, 5s, 5''', 2'''). Modificado de Elbrächter y Hoppenrath (2009).



Fig. 9. Tipos de cíngulo: 1, ascendente, cavozono; 2, circular, nivelado o ecuatorial, cavozono; 3, descendente, planozono; 4, ascendente con entrecruzamiento, planozono. Modificado de Balech (1974).

En la determinación de las especies se utilizaron claves y descripciones existentes en Abé (1927, 1936, 1981), Balech (1963, 1964, 1967, 1971, 1974, 1980, 1988), Dodge (1983), Licea et al. (1995), Hernández-Becerril (1991), Hernández-Becerril y Navarro (1996), Steidinger y Tangen (1997) y Okolodkov (2003, 2008).

Análisis estadísticos

Los datos de los parámetros físico-químicos se analizaron utilizando estadística descriptiva relacionada con las medidas de tendencia central y de dispersión (media aritmética, mediana, desviación estándar y coeficiente de variación). Con los valores obtenidos se diseñaron gráficos de caja y bigotes con muesca con el objeto de identificar diferencias significativas entre las medianas de los parámetros físico-químicos de acuerdo a Boyer et al. (1997), ver figuras 10, 11, 13, 14 y 15. A partir del análisis cualitativo y cuantitativo de las especies determinadas se construyó la Tabla 2 incluyendo su composición, hábitat, distribución global, frecuencia, abundancia relativa y la importancia de las especies. Para determinar dicha importancia se elaboró un análisis de Olmstead-Tukey de acuerdo con Sokal y Rohlf (1981). Para lo cual se aplicó el siguiente criterio: especies con valores de abundancia y de frecuencia por arriba de la media se consideraron especies dominantes, especies que registraron valores de abundancia por debajo de la media pero arriba de la media de la frecuencia se consideraron especies constantes, especies que mostraron valores por arriba de la media de abundancia pero por debajo de la media de la frecuencia se consideraron especies ocasionales y especies que registraron valores por debajo de la media tanto de la abundancia como de la frecuencia se categorizaron como raras (Fig. 21). Se identificaron y clasificaron zonas del ambiente mediante un análisis de conglomerados (AC) de cada periodo de muestreo. Para ello se elaboró una matriz que incluyó las variables físico-químicas y los sitios de muestreo. Un segundo AC se realizó para identificar los ambientes en los que se distribuyen las especies del género de *Protoberidinium*, para lo cual se construyó otra matriz con la presencia/ausencia de las especies en relación con las localidades en donde se encontraron las especies (Anexo 2). Un tercer AC se elaboró para la campaña de octubre 2013 que comprendió las variables

físico-químicas y la abundancia relativa de las especies del género. Para todo lo anterior se utilizó un método de clasificación de conglomerados con una métrica de distancia euclidiana y un algoritmo que permite medir la varianza mínima entre grupos (Ward, 1963). Lo que se conoce como agrupamiento jerárquico cuyo objetivo principal es clasificar (Figs. 12A-C, 16, 17, 18 y 22) mismo que ha sido ampliamente descrito en la literatura (Pielou, 1984 y Legendre y Legendre, 2012). Los gráficos del AC se expresaron con dendogramas. Para corroborar los grupos obtenidos se realizó un Análisis Discriminante Múltiple (ADM) de acuerdo con Pielou (1984) y Legendre y Legendre (2012) (Figs.12A-C y 22). Antes de ingresar los datos físico-químicos y biológicos al modelo los datos se analizan con base en una transformación logarítmica ($\ln(x+1)$) (Lepistö y Rosenström, 1998). El corrimiento de los análisis se llevó a cabo con el programa Statistica versión 11 (Statsoft, 2011).

7. Resultados

En los párrafos siguientes se describen las variables físico-químicas a la profundidad de 10 m, las cuales se tomaron de tres informes de investigación referidos en Soto González et al. (2011; 2012) y Merino-Ibarra et al. (2016), en las que el autor de ésta tesis participó.

Campaña MARZEE-I

La temperatura del agua superficial registró un valor mínimo de 26.60°C en la desembocadura del río Soto La Marina y una máxima de 29.60°C frente al río Grande con una mediana de $28.10 \pm 0.77^\circ\text{C}$ y una variación del 3%. La salinidad con un valor mínimo de 35.12 ups (estación 1) y un máximo de 36.42 ups (estación 35) con una mediana de 36.10 ± 0.31 ups y un porcentaje de variación de 1%. El oxígeno disuelto registró un valor mínimo de 4.22 mL/L (estación 16) y un máximo de 4.90 mL/L (estación 18) con una mediana de 4.60 ± 0.14 mL/L y una variación de 0.3%. La clorofila-a tuvo un intervalo entre 0.05 $\mu\text{g/L}$ en la estación 9 cercana a la costa y 2.14 $\mu\text{g/L}$ en la estación 21 en la desembocadura del río Soto La Marina y una mediana de 0.30 ± 0.49 $\mu\text{g/L}$ con una amplia variación de 158% (Fig. 10A-D).

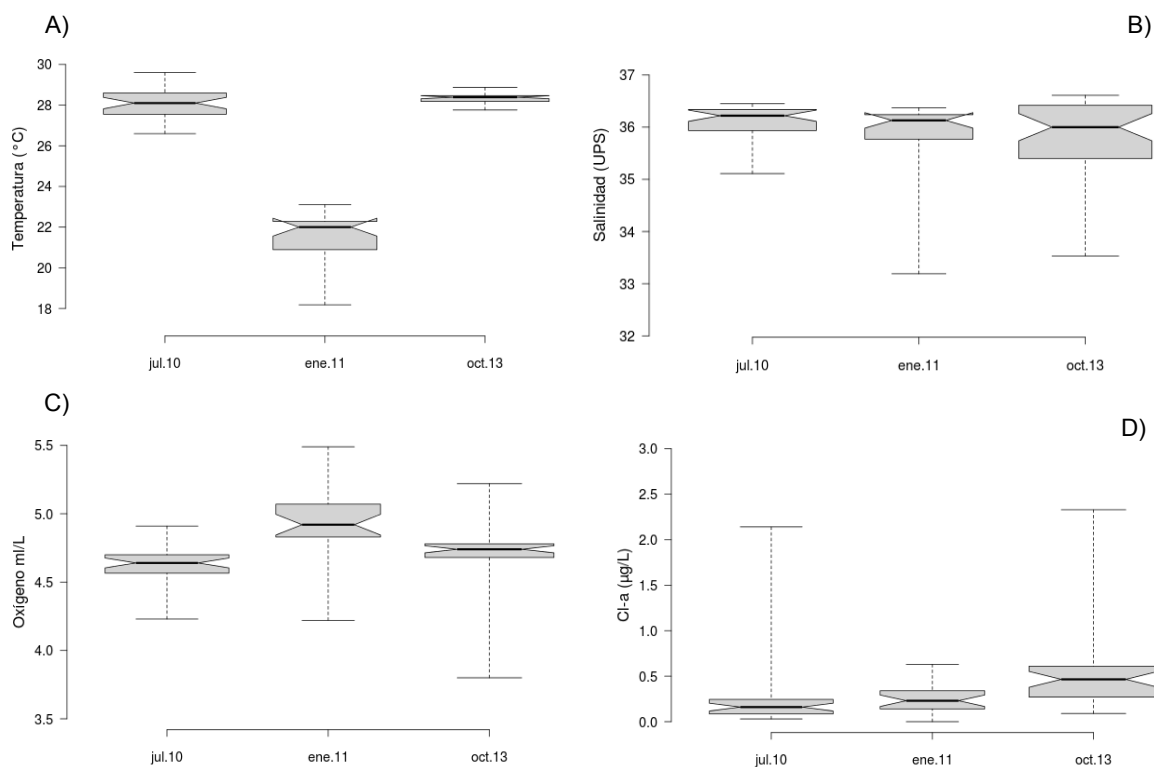


Fig. 10. Comparación de la variación de los parámetros físico-químicos: A) temperatura, B) salinidad, C) oxígeno disuelto y D) clorofila-a a 10 m de profundidad en la región central del Golfo de México en los meses de julio-2010 (MARZEE-I), enero-2011 (MARZEE-II) y octubre-2013 (UEYATL-I). Las barras indican valores máximos y mínimos.

El amonio (NH_4^+) registró una mediana de $1.82 \pm 1.68 \mu\text{M/L}$ y una variación del 92.5% en un intervalo $0.10 \mu\text{M/L}$ (estación 15) y de $7.40 \mu\text{M/L}$ (estación 5) ambas estaciones alejadas de la costa. Los nitratos (NO_3^-) tuvieron una mediana de $0.33 \pm 0.38 \mu\text{M/L}$ con una variación del 117% dentro de un intervalo de 0.10 y $1.70 \mu\text{M/L}$ (estación 5). Los nitritos (NO_2^-) oscilaron entre 0.01 y $1.40 \mu\text{M/L}$ con una mediana de $0.13 \pm 0.30 \mu\text{M/L}$ y una variación del 235%. Los silicatos (SiO_2^-) mostraron un intervalo entre 0.90 y $3.60 \mu\text{M/L}$ y una mediana de $2.2 \pm 0.58 \mu\text{M/L}$ con un porcentaje de variación de 26%. Las estaciones con los valores más altos fueron: 4, 24 y 26; mientras que en la estación 27 se registró el valor más bajo. Las estaciones anteriormente referidas están alejadas de la costa. Los fosfatos (PO_4^{3-}) tuvieron una mediana de $0.30 \pm 0.28 \mu\text{M/L}$ y un porcentaje de variación de 94% con un intervalo entre 0.03 y $1.14 \mu\text{M/L}$, donde el mínimo valor se encontró en la estación 10 en la zona costera, mientras que el máximo valor se registró en la estación 8 en el borde del talud continental (Fig. 11A-E).

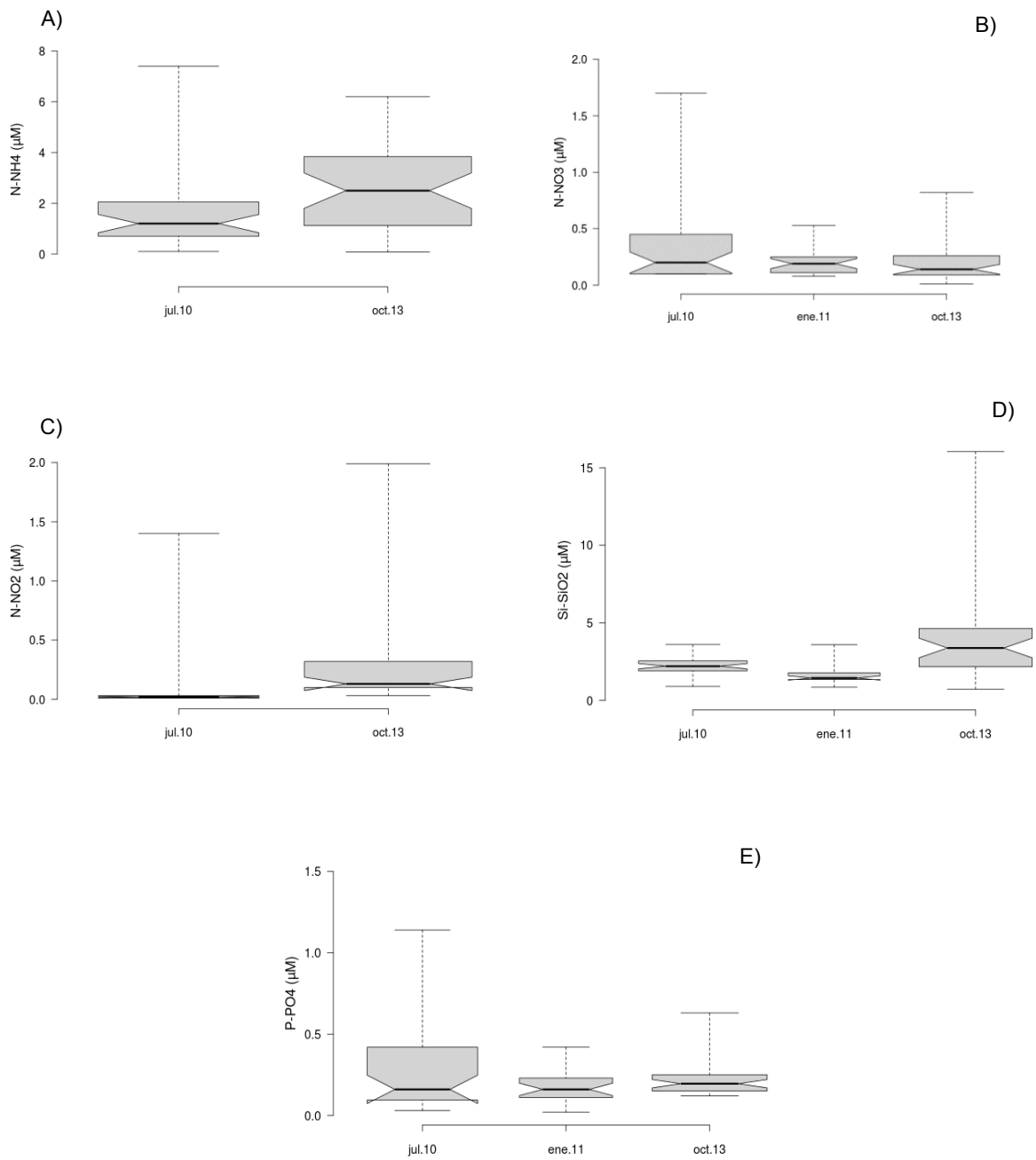


Fig. 11. Comparación de la variación de los parámetros químicos: A) amonio, B) nitrato, C) nitrito, D) fosfato y E) silicato a 10 m de profundidad en la región central del Golfo de México en los meses de julio-2010 (MARZEE-I), enero-2011(MARZEE-II) y octubre-2013 (UEYATL-I). Las barras indican valores máximos y mínimos.

Campaña MARZEE-II

La temperatura del agua mostró un mínimo de 18.10°C en la estación 1 (zona nerítica) y una máxima de 23.10°C en la estación 25 (zona oceánica) con una mediana de $21.39 \pm 1.42^\circ\text{C}$ y con una variación aproximada del 6.60%. La salinidad registró una mediana de 35.7 ± 0.84 ups con un porcentaje de variación de 2.3% así el valor mínimo de 33.10 ups en la estación 21 frente a la desembocadura del río Soto La Marina, mientras que el valor máximo fue 36.7 ups en la estación 6 (zona oceánica). La concentración de oxígeno disuelto registró un mínimo de 4.22 mL/L en la estación 5 y un máximo de 5.49 mL/L en la estación 21 con una mediana de 4.91 ± 0.05 mL/L y una variación de 0.50%. La clorofila-a registró un intervalo entre 0.06 µg/L y 0.63 µg/L con una mediana de 0.27 ± 0.13 µg/L y una variación del 51%. Los valores mínimos se observaron en las estaciones 24 y 25 estaciones situadas alejadas de la costa; mientras que los valores máximos se registraron en las estaciones 15 y 10, esta última ubicada en la zona nerítica próxima a la Laguna Madre (Fig. 10 A-D).

Los nitratos (NO_3^-) registraron una mediana de 0.22 ± 0.12 µM/L con un porcentaje de variación del 54% dentro de un intervalo de 0.09 µM/L (estaciones 13 y 21) y 0.53 µM/L (estación 24). Los silicatos (SiO_2^-) registraron una mediana de 1.70 ± 0.62 µM/L y un porcentaje de variación de 37% en un intervalo entre 0.85 y 3.59 µM/L. La estación que mostró el valor más bajo fue la 18 mientras que la estación 21 ubicada enfrente del río Soto la Marina registró el valor más alto. Los fosfatos (PO_4^{3-}) se registraron una mediana de 0.18 ± 0.11 µM/L y un porcentaje de variación de 60% con un intervalo entre 0.02 y 0.42 µM/L en donde el valor mínimo se encontró en la estación 12 y el máximo se observó en la estación 11 ambas en la zona costera de la Laguna Madre (Fig. 11 B, D y E).

Campaña UEYATL-I

La temperatura del agua exhibió un mínimo de 27.72°C y una máxima de 28.82°C con una mediana de $28.30 \pm 0.24^\circ\text{C}$ y una variación del 0.84%. La salinidad se registró un valor mínimo de 33.53 ups en la estación 18 y un máximo de 36.61 ups en la estación 9 con una mediana de 35.72 ± 0.89 ups y un porcentaje de variación de 2.49%. Los valores de oxígeno disuelto oscilaron entre 3.80 y 5.22 mL/L, con una mediana de 4.72 ± 0.20 mL/L y una variación del 4.23%; el valor máximo se registró en la estación 3 que se encuentra en la zona nerítica, mientras que el valor mínimo se encontró en la estación 23 ubicada en la zona oceánica. La clorofila-a registró valores entre 0.01 y 2.33 $\mu\text{g/L}$, éste último en la estación 10 cercana a la Laguna Madre con una mediana de 0.52 ± 0.41 $\mu\text{g/L}$ y una variación del 79% (Fig. 10A-D). El amonio (NH_4^+) presentó una mediana de 2.46 ± 1.62 $\mu\text{M/L}$ y una variación del 66% en un intervalo de 0.08 a 6.20 $\mu\text{M/L}$ las estaciones que exhibieron los valores máximos fueron la 17, 22 y 25 las dos últimas localizadas en la región oceánica, mientras que el mínimo valor se registró en la estación 5. Los nitratos (NO_3^-) mostraron una mediana de 0.21 ± 0.20 $\mu\text{M/L}$ con un porcentaje de variación del 94% dentro de un intervalo de 0.01 y 0.82 $\mu\text{M/L}$. El valor más alto se encontró en la estación 19 en la zona nerítica entre la desembocadura de río Grande y la Laguna Madre mientras que el valor mínimo se encontró en la estación 35 en la parte correspondiente a la zona oceánica. Los nitritos (NO_2^-) registraron valores entre 0.03 y 1.99 $\mu\text{M/L}$ con una mediana de 0.34 ± 0.44 $\mu\text{M/L}$ y una variación del 129%, siendo la estación 11 la que registró el valor más alto, mientras que la estación 38 registró el valor mínimo. Los silicatos (SiO_2^-) mostraron un intervalo entre 0.72 y 16.18 $\mu\text{M/L}$ y una mediana de 4.50 ± 3.71 $\mu\text{M/L}$ y un porcentaje de variación de 82%. Las estaciones 9, 2, 33 y 39 mostraron los valores más altos mientras que la estación 37 registró el valor mínimo todas localizadas en la zona nerítica. Los fosfatos (PO_4^{3-}) tuvieron una mediana de 0.22 ± 0.11 $\mu\text{M/L}$ y un porcentaje de variación de 49% con un intervalo entre 0.12 y 0.63 $\mu\text{M/L}$ en donde el valor máximo se registró en la estación 9 y el valor mínimo en la estación 21 (Fig. 11A-E).

Las Figuras 10 y 11 muestran la comparación de la variación de los parámetros físico-químicos (temperatura, salinidad, concentración de oxígeno disuelto, clorofila-a, amonio, nitratos, nitritos, fosfatos y silicatos) anteriormente referidos de los meses julio-2010 (MARZEE-I), enero-2011 (MARZEE-II) y octubre-2013 (UEYATL-I). Los datos utilizados para el análisis de la variación de los parámetros físico-químicos corresponden a muestreos de años y esfuerzos de muestreo diferentes, por lo que deben ser considerados con reserva.

Zonación del área de estudio

El análisis de conglomerados (AC) de los parámetros físico-químicos de las 3 campañas permitió distinguir en general 3 zonas en el área de estudio: 1) ambiente nerítico, 2) ambiente oceánico y 3) ambiente nerítico-talud-oceánico. Las que fueron validadas mediante un Análisis Discriminante Múltiple (ADM). En los párrafos siguientes se describen las zonas identificadas en cada campaña (Fig. 12A-C).

Campaña MARZEE-I

El ADM de los parámetros físico-químicos mostró diferencias significativas (Lambda de Wilks < 0.050, $p < 0.0000$ y una correlación canónica del 89%) con un 97% de los casos bien clasificados (Anexo 1). La formación de los grupos confirma la distribución de las localidades de muestreo en las zonas clasificadas por el AC a un corte al 31% y una distancia euclidiana de 2.5 (Fig. 2A). El grupo 1 (zona 1: ambiente nerítico-oceánico) se integró por las estaciones 20, 19, 22, 17, 8, 27, 29, 26, 25 y 5 distribuidas principalmente en la región centro y sur del área de estudio. El grupo 2 (zona 2: ambiente nerítico-talud-oceánico) se integró por las estaciones :34, 28, 33, 32, 31, 15, 35, 14, 10, 18, 12, 7, 23, 9, 3, 24, 6, 13, 4, 16, 11 y 2 localizadas entre la región norte y sur. El grupo 3 (zona 3: ambiente nerítico) agrupó a las estaciones: 30, 21 y 1. La diferencia observada en las tres zonas se determinó fundamentalmente por las variables clorofila-a y amonio, las cuales se correlacionaron significativamente con la primera (56%) y segunda función (44%) discriminantes que explican el 100% de la variabilidad total (Fig. 12A y Anexo 1). Los valores de amonio, nitritos, nitratos, silicatos y fosfatos fueron significativamente

mayores en la zona 1 (mediana máxima 3.75, 0.10, 0.60, 2.45 y 0.42 $\mu\text{M/L}$ respectivamente) con respecto a los de las zonas 2 y 3 (Fig. 13).

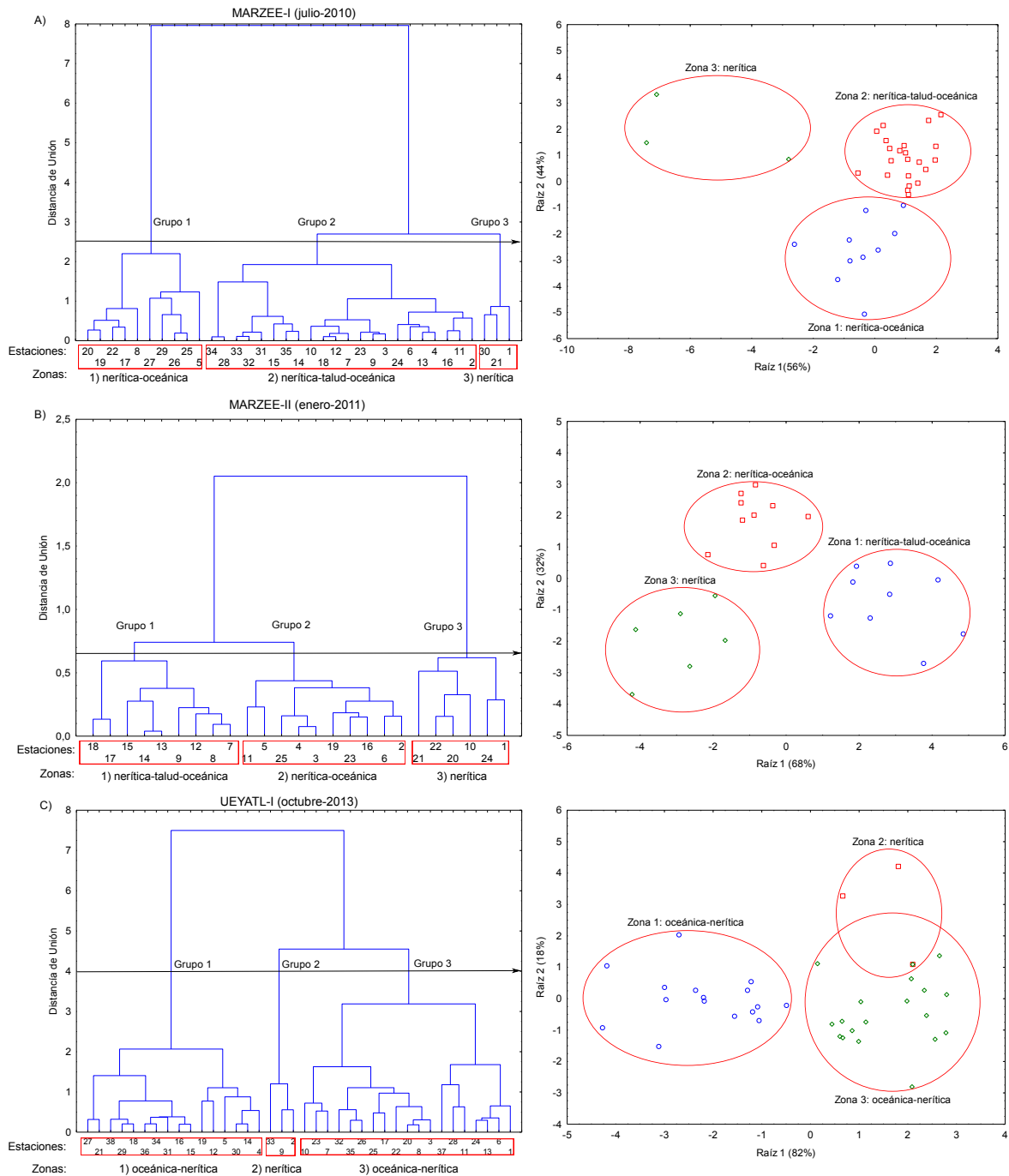


Fig. 12A-C. Dendrogramas de agrupación (lado izquierdo) y modelos de ordenación de los ejes principales (λ Wilks 0.05 y $p < 0.05$) de la zonación del área de estudio en los meses de julio-2010, enero-2011 y octubre-2013 en la región central del Golfo de México.

La concentración de nutrientes más baja se registró en la zona 2. La clorofila-a presentó diferencias significativas entre las zonas. La mediana máxima se registró en la zona 3 con un valor de 2.03 $\mu\text{g/L}$, así como el valor más alto con 2.14 $\mu\text{g/L}$. La temperatura mostró la mediana máxima con 28.40°C, así como el valor más alto en la zona 3 con 29.60°C y menor variabilidad entre las zonas. La concentración del oxígeno disuelto no mostró diferencias significativas con respecto a la mediana entre las 3 zonas (medianas 4.60, 4.60 y 4.52 mL/L respectivamente), el valor máximo se registró en la zona 2 con 4.95 mL/L. La salinidad no presentó diferencias significativas entre las zonas, sin embargo, los datos obtenidos señalan una mayor variabilidad en la zona 3 (Fig. 13).

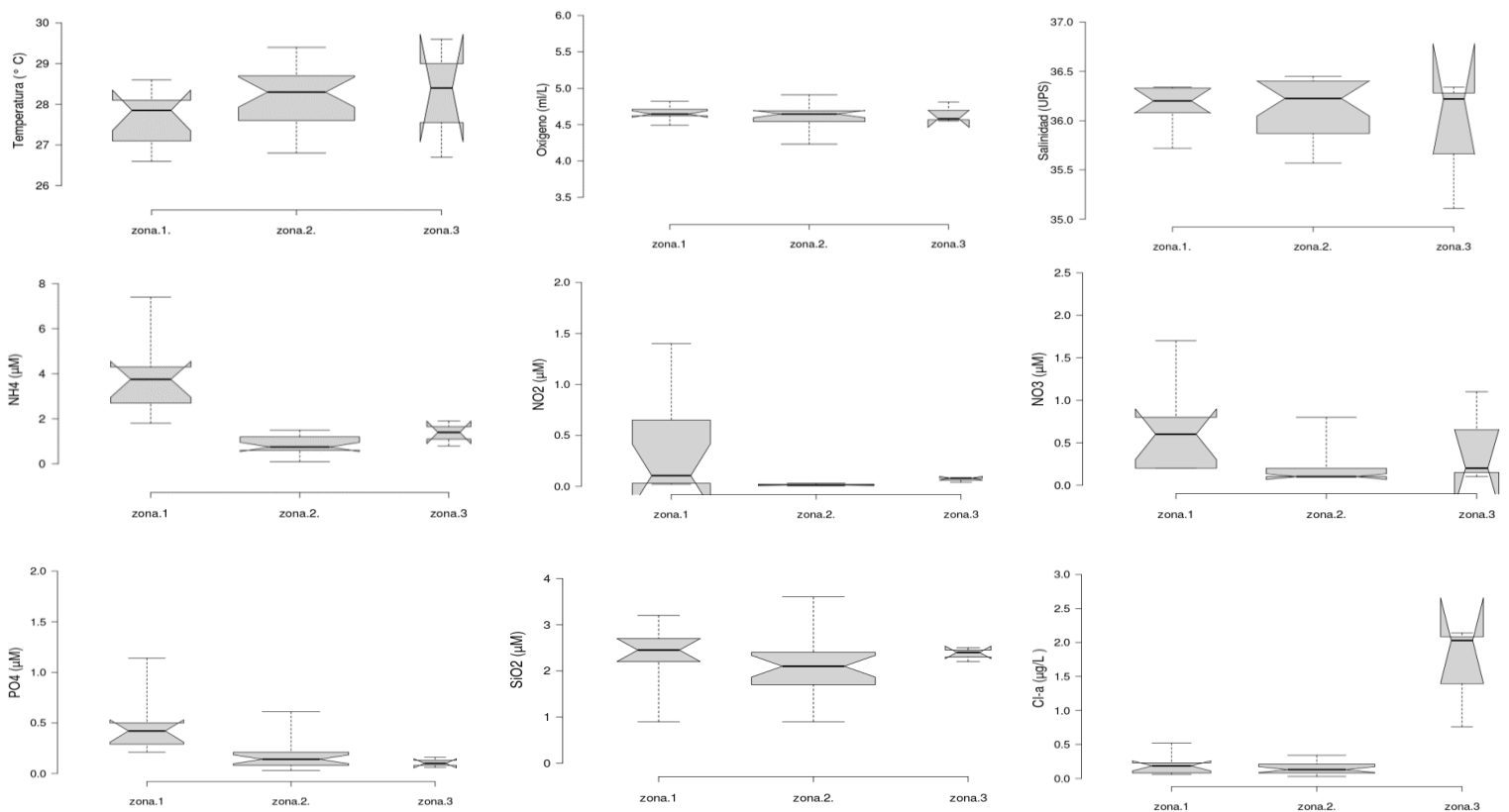


Fig. 13. Zonación del ambiente durante julio-2010 (época de lluvias) en la región central del Golfo de México. Zona 1= ambiente nerítico-oceánico, zona 2= ambiente nerítico-talud-oceánico y zona 3= ambiente nerítico. Las barras indican valores máximos y mínimos.

Campaña MARZEE-II

El ADM de los parámetros físico-químicos reveló diferencias significativas (Lambda de Wilks <0.037, $p < 0.0000$ y correlación canónica de 93%) con 100% de los casos bien clasificados (Anexo 1). La formación de los grupos confirma la distribución de las localidades de muestreo en las zonas clasificadas por el AC a un corte al 26% y distancia euclidiana de 0.65 (Fig. 12B).

El grupo 1 (zona 1: ambiente nerítico-talud-oceánico) se constituyó por dos subgrupos, el primero incluyó las estaciones 18 y 17, mientras que el segundo subgrupo lo formaron las estaciones 15, 14, 13, 9, 12, 8, 7 localizadas en su mayoría en la región norte del área de estudio. El grupo 2 (zona 2: ambiente nerítico-oceánico) se integró por tres subgrupos, el primero lo formaron las estaciones 11 y 5; el segundo las estaciones 25, 4, 3 y el tercero lo formaron las estaciones 19, 23, 16, 6 y 2. El grupo 3 (zona 3: ambiente nerítico) se estructuró por las estaciones 21, 22, 20, 10, 24, y 1. La diferencia entre las zonas se determinó por la clorofila-a, silicatos, temperatura y salinidad. Estas variables se correlacionaron significativamente con la primera función discriminante (raíz uno) que explica el 68% de la variabilidad total de los datos (Fig. 12B y Anexo 1).

En la zona 3, la temperatura fue significativamente menor con una mediana máxima de 18.90°C, mientras que la zona 2 exhibió el valor más alto con 23.10°C y la mayor variación. En la zona 3 el oxígeno presentó la mediana máxima con 5.11 mL/L. Con respecto a la salinidad se observaron los valores mínimos y la mayor variación dentro de la zona 3. Los nutrientes mostraron en general las medianas máximas en la zona 3 con respecto a las zona 1 y 2. La concentración total de clorofila-a mostró diferencias significativas entre las tres zonas. Las zonas 2 y 3 evidenciaron una mayor variación mientras que la máxima concentración se observó en la zona 1 con 0.63 µg/L (Fig. 14).

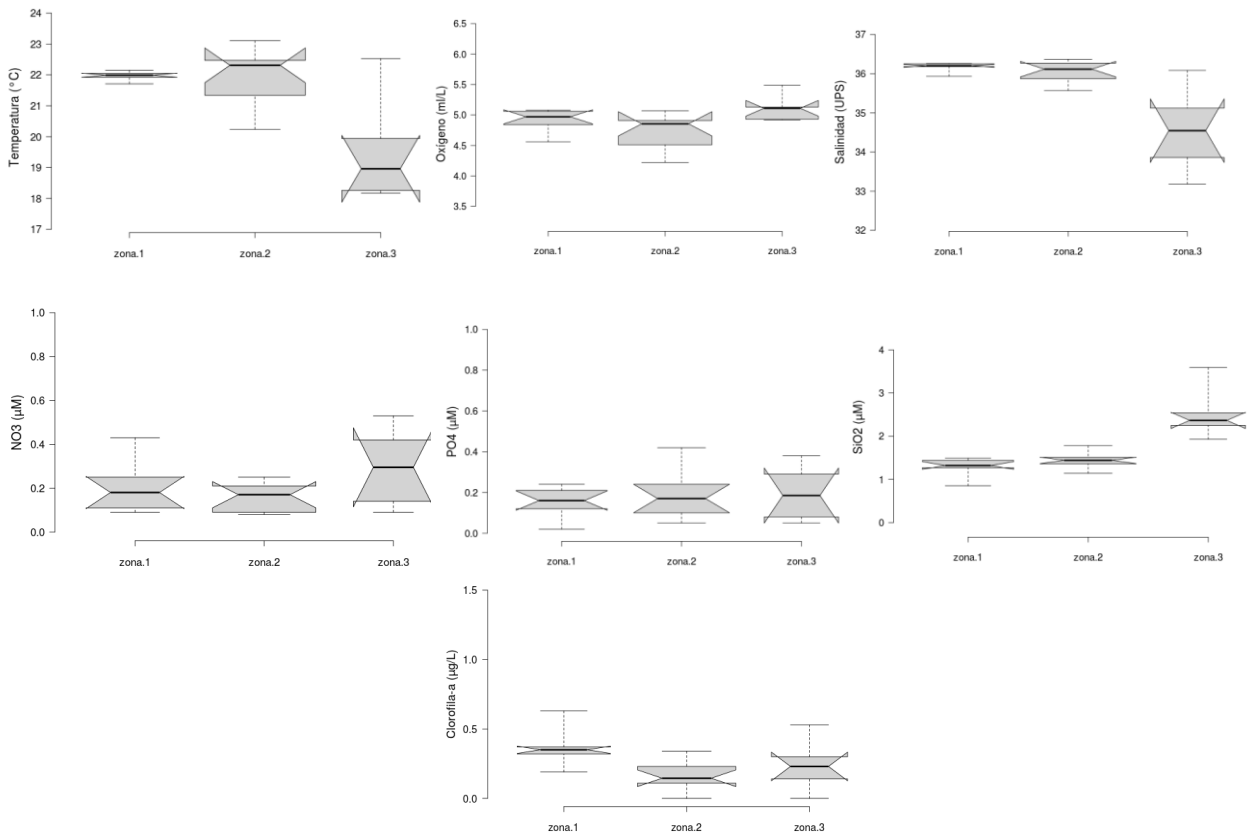


Fig. 14. Zonación del ambiente durante enero-2011 (época de secas) en la región central del Golfo de México. Zona 1= ambiente nerítico-talud-oceánico, zona 2=ambiente nerítico-oceánico y zona 3 =ambiente nerítico. Las barras indican valores máximos y mínimos.

Campaña UEYATL-I

El ADM de los parámetros físico-químicos reflejó diferencias significativas (Lambda de Wilks <0.12, $p < 0.0000$ y correlación canónica del 89%) con 97% de los casos bien clasificados (Anexo 1). La formación de los grupos confirma nuevamente la asociación de las localidades de muestreo en las zonas clasificadas por el AC a un corte al 50% y distancia euclidiana de 4.0 (Fig. 12C). El grupo 1 (zona 1: ambiente oceánico-nerítico) se estructuró con dos subgrupos, el primero formado por las estaciones 27, 21, 38, 29, 18 y 36, 34, 31, 16, 15 localizadas en el ambiente oceánico; el segundo subgrupo lo conformaron fundamentalmente estaciones neríticas 19, 12, 5, 30, 14, 4. El grupo 2 (zona 2: ambiente nerítico) se integró por las estaciones 33, 9 y 2. El grupo 3 (zona 3: ambiente oceánico-nerítico) se conformó por dos subgrupos, el primero estructurado por las estaciones 10, 23, 7, 32, 35, 26, 25, 17, 22, 20, 8 y 3. El segundo subgrupo lo formaron las estaciones

37, 28, 11, 24, 13, 6, 1 (Fig. 12C). La diferencia entre las zonas se determinó por la concentración del amonio, nitritos, silicatos, fosfatos y oxígeno que se correlacionaron significativamente con las raíces 1 (82%) y 2 (18%) que explican el 100% de la variación total de los datos (Fig. 12C y Anexo 1).

La concentración de nutrientes reveló su mediana máxima en la zona 2. El amonio y los silicatos (mediana máxima 3.84 $\mu\text{M/L}$ y 13.83 $\mu\text{M/L}$ respectivamente) fueron las variables con diferencias significativas entre las zonas. La temperatura, la concentración de oxígeno y la salinidad no mostraron diferencias significativas con respecto a la mediana entre las tres zonas. La clorofila-*a* registró la máxima mediana con 0.67 $\mu\text{g/L}$ en la zona 1, no obstante el valor máximo se registró en la zona 3 con 2.33 $\mu\text{g/L}$; así como la mayor variabilidad (Fig. 15).

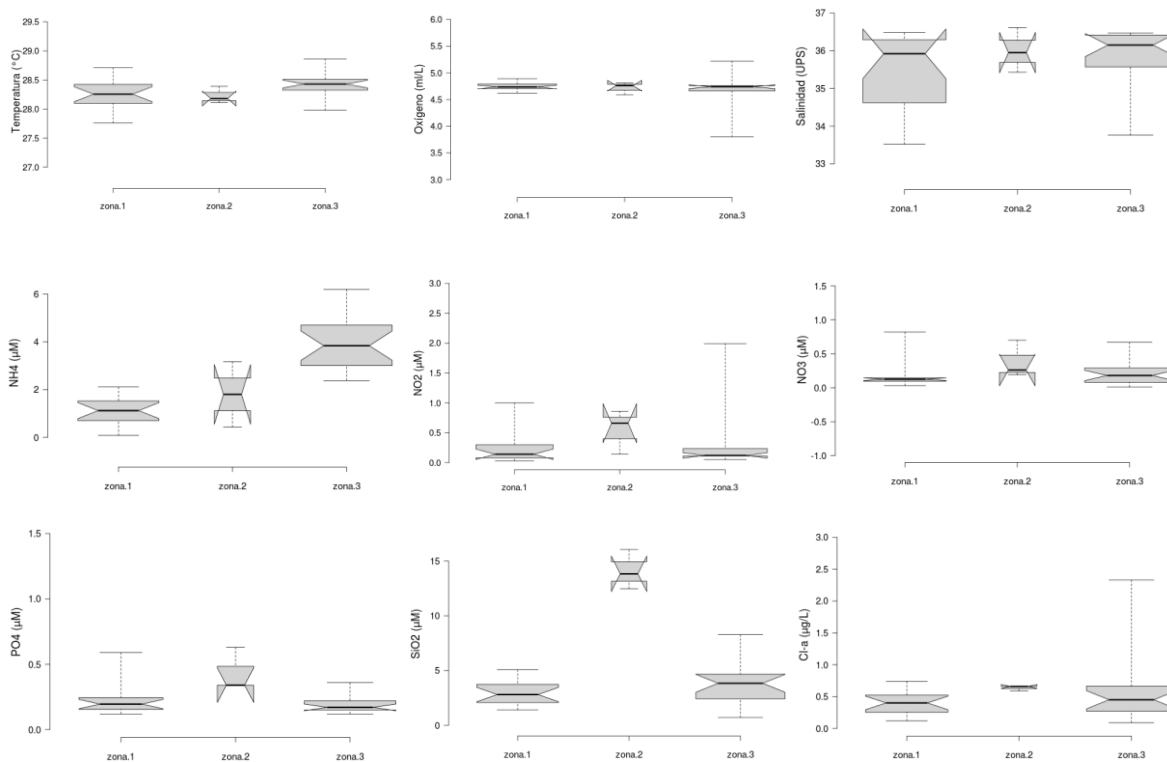


Fig. 15. Zonación del ambiente durante octubre-2013 (época de nortes) en la región central del Golfo de México. Zona 1= ambiente oceánico-nerítico, zona 2= ambiente nerítico y zona 3= ambiente oceánico-nerítico. Las barras indican valores máximos y mínimos.

Fitoplancton heterótrofo: Composición, distribución y abundancia de *Protoperidinium* spp.

Los resultados cualitativos y cuantitativos de las tres campañas permitieron identificar 29 especies, 9 que no pudieron determinarse a nivel de especie y seis formas. La campaña Ueyatl-I mostró la mayor riqueza del género *Protoperidinium* con 38 especies seguida de las campañas MARZEE-I y MARZEE-II con 25 y 22 especies respectivamente (Tabla 2 y Anexo 2) con la siguiente caracterización de la composición y distribución con base en la presencia/ausencia de las especies del género en cada campaña.

Campaña MARZEE-I

Se registraron un total de 25 especies con el mayor número en las estaciones costeras: 1, 2, 31 y 30 con 14, 11, 8 y 7 especies respectivamente (Tabla 2, Fig. 16). Respecto a su frecuencia total *Protoperidinium cassum*, *P. cerasus*, *P. steinii*, *P. conicoides*, *P. excentricum*, *P. grande*, *P. granii*, *P. leonis*, *P. minutum*, *P. mite*, *P. obtusum*, *P. oceanicum*, *P. oviforme*, *P. pentagonum*, *P. pellucidum*, *P. pyriforme*, *P. quarnerense*, *P. tuba*, *P. venustum* y *Protoperidinium* sp.1 destacaron por su baja distribución con frecuencia relativa < 24%. Mientras que *P. conicum*, *P. crassipes*, *P. depressum*, *P. divergens* y *P. ovum* mostraron distribución moderada con frecuencia relativa > 25% y < 49% (Anexo 2).

El AC mostró los patrones de distribución de las estaciones de muestreo con base en 25 especies identificadas y permitió la clasificación de tres zonas: zona 1) ambiente nerítico-talud, zona 2) ambiente talud-nerítico-oceánico y zona 3) ambiente nerítico. A una línea de corte al 50% y distancia Euclidiana de 6.0 se conformaron tres grupos (Fig. 16).

El primer grupo (estaciones: 32, 12, 26, 25, 24, 19, 13 y 11) se estableció en su mayoría por estaciones neríticas, cuya distribución principal es en la región norte (Tamaulipas) y se caracterizó por mostrar valores elevados de silicatos. Este grupo

se estructuró por especies que mostraron una moderada distribución y que incidieron en las mismas estaciones como: *Protoperidinium crassipes*, *P. depressum* y *P. ovum*, especies que se caracterizan por tener afinidad tanto de ambiente nerítico como oceánico.

El segundo grupo (zona 2: ambiente talud-nerítico-oceánico) se estructuró con dos subgrupos; el primero (estaciones: 28, 27, 35, 33, 18 y 21, 23, 29, 22, 7) se asoció por estaciones localizadas fundamentalmente en el borde del talud continental y oceánicas, excepto las estaciones 21, 22 y 29. A diferencia con el conglomerado anterior los sitios de muestreo se ubican entre la región centro (Tamaulipas) y sur (norte de Veracruz) (Fig. 16). El segundo subgrupo (estaciones: 34, 20, 17, 8 y 16, 15, 14, 6) se localizó principalmente en la región norte (Tamaulipas) con algunas estaciones alejadas de la costa. Este subgrupo se constituyó por la asociación de las especies *Protoperidinium depressum*, *P. leonis*, *P. oceanicum*, *P. ovum* y *P. quarnerense*.

El tercer grupo (zona 3: ambiente nerítico) se formó por dos subgrupos el primero constituido por las estaciones: 10, 9, 5, 31, 30 y 3, la mayoría localizadas en la región nerítica excepto la estación 5 que se ubica en la región oceánica. El segundo subgrupo se estableció por las estaciones: 1 y 2 que se encuentran frente al río Grande (Tamaulipas). Las especies que principalmente se compartieron entre ambas estaciones fueron: *P. crassipes*, *P. depressum*, *P. divergens*, *P. ovum* y *P. pellucidum*.

Tabla 2. Especies de *Protoperidinium* colectadas con botella y red en las campañas oceanográficas MARZEE-I, II y UEYATL-I en la región central del Golfo de México. Abreviaciones: ■=Nerítica; ●=Oceánica y ▲=Nerítica-Oceánica. Frec%=Frecuencia en porciento, Abu%= Abundancia en porciento, Ner=Nerítica, Oce=Oceánica, Tem=Templada, Tro=Tropical, Subtro=Subtropical y Cosm=Cosmopolita (información obtenida de Guiry y Guiry (2017) y WORMS: <http://www.marinespecies.org>. D=Dominante; C=constante; O=Ocasional y R= Rara (valido solo para la campaña UEYATL-I). *Nuevos registros para el área de estudio.

Hábitat	Especies	MARZEE-I	Frec%	MARZEE-II	Frec%	UEYATL-I	Frec%	Abu%	Distribución global	Categoría
■	* <i>Protoperidinium cf. acutum</i> (G.Karsten) Balech 1974	-	-	-	-	+	4.88	3.07	Tro/subtro	O
●	* <i>Protoperidinium cf. bipes</i> (Paulsen) Balech 1974	-	-	+	20.00	+	17.07	8.09	Tem	D
■	<i>Protoperidinium cassum</i> (Balech) Balech 1974	+	2.86	+	16.00	+	29.27	4.34	Tro	D
■	* <i>Protoperidinium cerasus</i> (Paulsen) Balech 1973	+	2.86	-	-	-	-	-	Tro/Subtro	-
●	<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech 1974	+	25.71	+	32.00	+	43.90	1.51	Tro/ Subtro / Tem	C
●	* <i>Protoperidinium conicoides</i> (Paulsen) Balech 1973	+	2.86	-	-	+	14.63	0.27	Tro/Tem	R
▲	* <i>Protoperidinium corniculum</i> (Kofoid & Michener) F.J.R.Taylor & Balech 1979	-	-	-	-	+	14.63	0.90	Tem/Tro	R
■	<i>Protoperidinium crassipes</i> (Kofoid) Balech 1974	+	34.29	+	32.00	+	9.76	1.76	Tem/Subtro	C
●	* <i>Protoperidinium cf. claudicans</i> (Paulsen) Balech 1974	-	-	-	-	+	17.07	-	Cosm	-
●	<i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech 1974	+	37.14	+	24.00	+	17.07	1.40	Tem/Tro	R
●	<i>Protoperidinium divergens</i> (Ehrenberg) Balech 1974	+	34.29	+	24.00	+	2.44	2.76	Tem/Tro	R
▲	<i>Protoperidinium elegans</i> (Cleve) Balech 1974	-	-	+	4.00	+	7.32	6.22	Tro/Subtro	O
■	* <i>Protoperidinium excentricum</i> (Paulsen) Balech 1974	+	2.86	-	-	-	-	-	Tem/Subtro	-
■	<i>Protoperidinium grande</i> (Kofoid) Balech 1974	+	2.86	+	4.00	-	-	-	Tro/Subtro/Tem	-
■	* <i>Protoperidinium granii</i> (Ostenfeld) Balech 1974	+	2.86	-	-	-	-	-	Tro	-
■	<i>Protoperidinium cf. hirobis</i> (Abé) Balech 1974	-	-	-	-	+	26.83	0.81	Tro/Subtro	R
●	* <i>Protoperidinium latissimum</i> (Kofoid) Balech 1974	-	-	-	-	+	17.07	1.38	Tro	R
■	<i>Protoperidinium cf. latispinum</i> (Mangin) Balech 1974	-	-	-	-	+	9.76	2.78	Tro/Tem	R
●	* <i>Protoperidinium leonis</i> (Pavillard) Balech 1974	+	20.00	+	16.00	+	2.44	1.47	Tem/Tro	R
■	<i>Protoperidinium minutum</i> (Kofoid) Loeblich III 1970	+	2.86	-	-	-	-	-	Subtro/Tem	-
■	<i>Protoperidinium mite</i> (Pavillard) Balech 1974	+	2.86	-	-	-	-	-	Tro/Tem	-
■	* <i>Protoperidinium munobis</i> (Abé) Balech 1974	-	-	-	-	+	7.32	-	Tro/Subtro	-

Tabla 2. Continuación.

■	<i>*Protoperdinium obtusum</i> (Karsten) Parke & Dodge 1976	+	2.86	-	-	+	4.88	0.29	Tro/Subtro	R
▲	<i>Protoperdinium oceanicum</i> (Vanhöffen) Balech 1974	+	11.43	+	16.00	+	7.32	1.92	Tro/Cosm	R
●	<i>Protoperdinium oviforme</i> (Dangeard) Balech 1974	+	22.86	+	16.00	+	2.44	4.20	Tem/tro	D
●	<i>Protoperdinium ovum</i> (Schiller) Balech 1974	+	48.57	+	64.00	+	17.07	10.69	Tem	D
■	<i>*Protoperdinium pellucidum</i> (Bergh) Schütt 1895	+	20.00	+	16.00	+	2.44	1.38	Tem/Tro	R
●	<i>Protoperdinium pentagonum</i> (Gran) Balech 1974	+	2.86	+	12.00	+	4.88	0.54	Subtro/Tem	R
●	<i>Protoperdinium punctulatum</i> (Paulsen) Balech 1974	-	-	-	-	+	26.83	3.30	Tem/Tro/Fría	D
●	<i>*Protoperdinium pyriforme</i> (Paulsen) Balech 1974	+	2.86	+	12.00	+	58.54	5.85	Tro/Subtro/Fría	D
●	<i>*Protoperdinium quamerense</i> (B.Schröder) Balech 1974	+	22.86	+	40.00	+	4.88	4.27	Tro/Subtro/Tem	O
●	<i>Protoperdinium steinii</i> (Jørgensen) Balech 1974	+	14.29	+	16.00	+	14.63	0.34	Tem/Subtro/Cosm	R
●	<i>*Protoperdinium cf. subsphaericum</i> (Broch) Balech 1974	-	-	-	-	+	17.07	1.79	Tem	R
●	<i>Protoperdinium tuba</i> (Schiller) Balech 1974	+	14.29	+	12.00	+	24.39	14.15	Subtro/Tem	D
■	<i>Protoperdinium venustum</i> (Matzenauer) Balech 1974	+	2.86	+	4.00	+	14.63	4.29	Subtro	D
■	<i>Protoperdinium</i> sp. 1	+	2.86	+	4.00	+	9.76	4.61	-	D
■	<i>Protoperdinium</i> sp. 2	-	-	+	4.00	+	4.88	-	-	-
■	<i>Protoperdinium</i> sp. 3	-	-	+	4.00	+	2.44	-	-	-
■	<i>Protoperdinium</i> sp. 4	-	-	-	-	+	4.88	1.51	-	R
■	<i>Protoperdinium</i> sp. 5	-	-	-	-	+	2.44	0.86	-	R
●	<i>Protoperdinium</i> sp. 6	-	-	-	-	+	12.20	-	-	-
▲	<i>Protoperdinium</i> sp. 7	-	-	-	-	+	12.20	1.67	-	C
●	<i>Protoperdinium</i> sp. 8	-	-	-	-	+	4.88	-	-	-
▲	<i>Protoperdinium</i> sp. 9	-	-	-	-	+	2.44	1.54	-	R

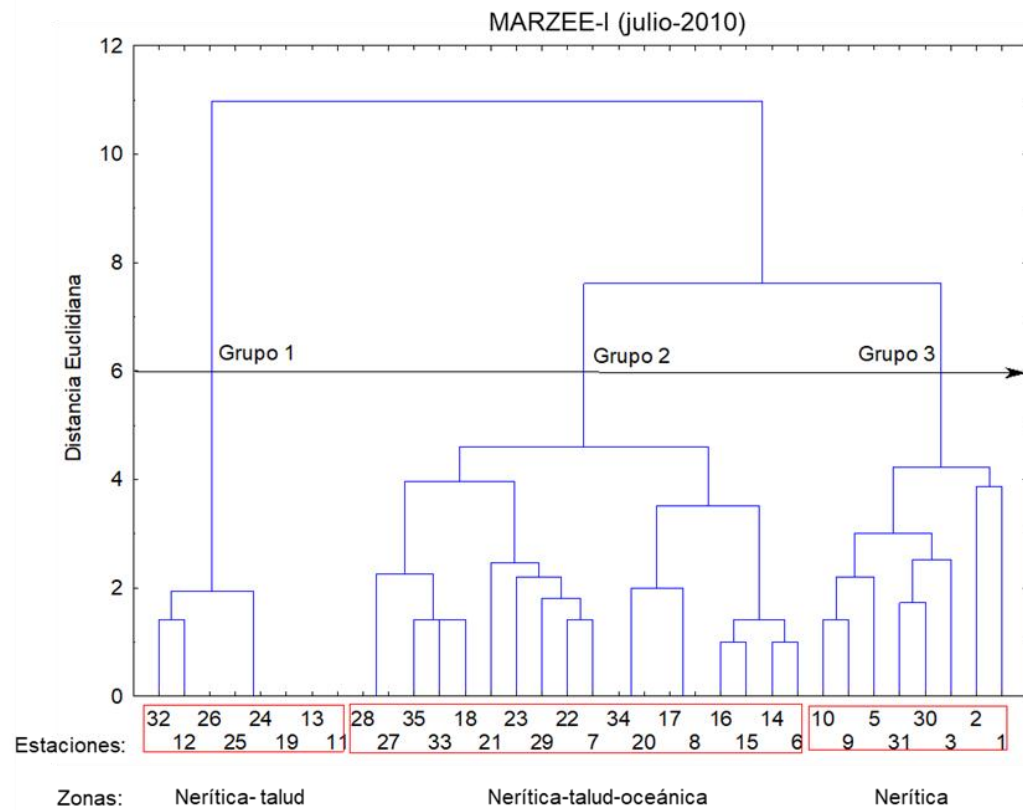
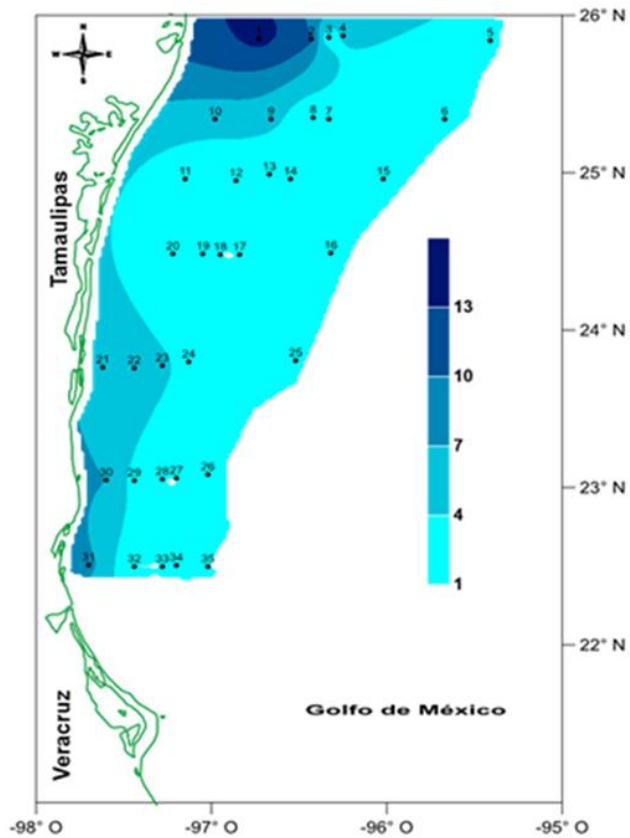


Fig. 16. Distribución horizontal de la riqueza específica (lado izquierdo) y dendrograma de agrupación de las estaciones (lado derecho) con base en la presencia/ausencia de las especies del género *Protoperdinium* de la campaña en oceanográfica MARZEE-I en julio-2010 en la región central del Golfo de México.

Campaña MARZEE-II

Se registraron 18 especies, tres indeterminadas y una forma. Las estaciones con mayor número de especies fueron: 21, 1, 18 y 2 con 13, 12, 8 y 6 especies respectivamente (Tabla 2 y Fig. 17). Con relación a la frecuencia relativa del total de las especies registradas, *Protopteridinium* cf. *bipes*, *P. cassum*, *P. depressum*, *P. divergens*, *P. elegans*, *P. grande*, *P. leonis*, *P. oceanicum*, *P. oviforme*, *P. pellucidum*, *P. pentagonum*, *P. pyriforme*, *P. steinii*, *P. tuba*, *P. venustum*, *Protopteridinium* sp. 1, *Protopteridinium* sp. 2 y *Protopteridinium* sp. 3 mostraron una baja distribución (< 24%). En contraste *P. conicum*, *P. crassipes* y *P. quarnerense* tuvieron moderada distribución con una frecuencia del 25% y < 49%. *P. ovum* tuvo una ligera alta distribución con una frecuencia > 49% y < 79% (Anexo 2).

El AC con base en 22 taxa permitió la clasificación de tres zonas: zona 1) ambiente nerítico, zona 2) ambiente oceánico-talud y zona 3) ambiente nerítico (Fig. 17) a una línea de corte al 70% y distancia Euclidiana de 4.25 se establecieron tres grupos de la siguiente manera:

El primer grupo (zona 1: ambiente nerítico) se definió por las estaciones 20, 10, 24, 19, 11, 13 y 6, la mayoría se localizan en los transectos enfrente a la laguna Madre. Este conglomerado asoció a *P. cf. bipes*, *P. cassum*, *P. crassipes*, *P. depressum*, *P. oceanicum*, *P. quarnerense* y *P. pyriforme*. En las estaciones 10 y 20 se registró a *P. cf. bipes*, asociada a valores bajos de temperatura (19.06 y 20.90°C) y salinidad (34.82 y 33.80 ups) pero altos en silicatos (2.39 y 2.54 µm/L) respectivamente.

El segundo grupo (zona 2: ambiente oceánico-talud) se formó por tres subgrupos el primero por las estaciones: 18, 17 y 15, que se encuentran alejadas de la costa. Está caracterizado por una temperatura > 21.39°C y salinidad > 35.75 ups por arriba de la mediana. Las especies que definieron este subgrupo son *P. cassum*, *P. conicum*, *P. divergens*, *P. oceanicum*, *P. oviforme*, *P. pyriforme*, *P. quarnerense*, *P. steinii*, *P. sp. 1* y *P. ovum*. Cabe señalar que al igual que en la campaña MARZEE-I *P. ovum* tuvo la mayor distribución en el área de estudio. El segundo subgrupo se formó por las estaciones 25, 16 y 8 localizadas en la zona oceánica y en el borde de

talud continental respectivamente donde ocurrió solamente *P. ovum*. El tercer subgrupo se definió por las estaciones 9, 7, 5, y 14, 12, 4 que se ubican principalmente en el ambiente oceánico. Este conglomerado quedó estructurado por las especies *P. cf. bipes*, *P. conicum*, *P. depressum*, *P. divergens*, *P. leonis*, *P. ovum*, *P. quarnerense* y *P. tuba*.

El tercer grupo (zona 3: ambiente nerítico) se definió por dos subgrupos, el primero se estableció por la estación 21 frente al río Soto la Marina. Este sitio se caracterizó por registrar los valores más bajos de temperatura (18.10°C) y salinidad (33.19 ups), así como los valores más altos de silicatos (3.59 µm/L) y donde se registró al mayor número de especies (Fig. 17). El segundo subgrupo se definió por las estaciones 22, 23 y 3, 2 y 1. Las dos primeras se localizan cerca al río Soto la Marina mientras que las tres últimas estaciones se encuentran frente al río Grande. Este conglomerado se estructuró principalmente por las especies: *P. conicum*, *P. crassipes* y *P. pentagonum*. La estación 1 se destacó por registrar valores bajos de temperatura (18.00° C), salinidad (34.25 ups) y valores altos de silicatos (2.25 µm/L). Se estructuró fundamentalmente por *P. cf. bipes*, *P. crassipes*, *P. leonis*, *P. ovum*, *P. pellucidum*, *P. quarnerense* y *P. steinii* (Fig. 17).

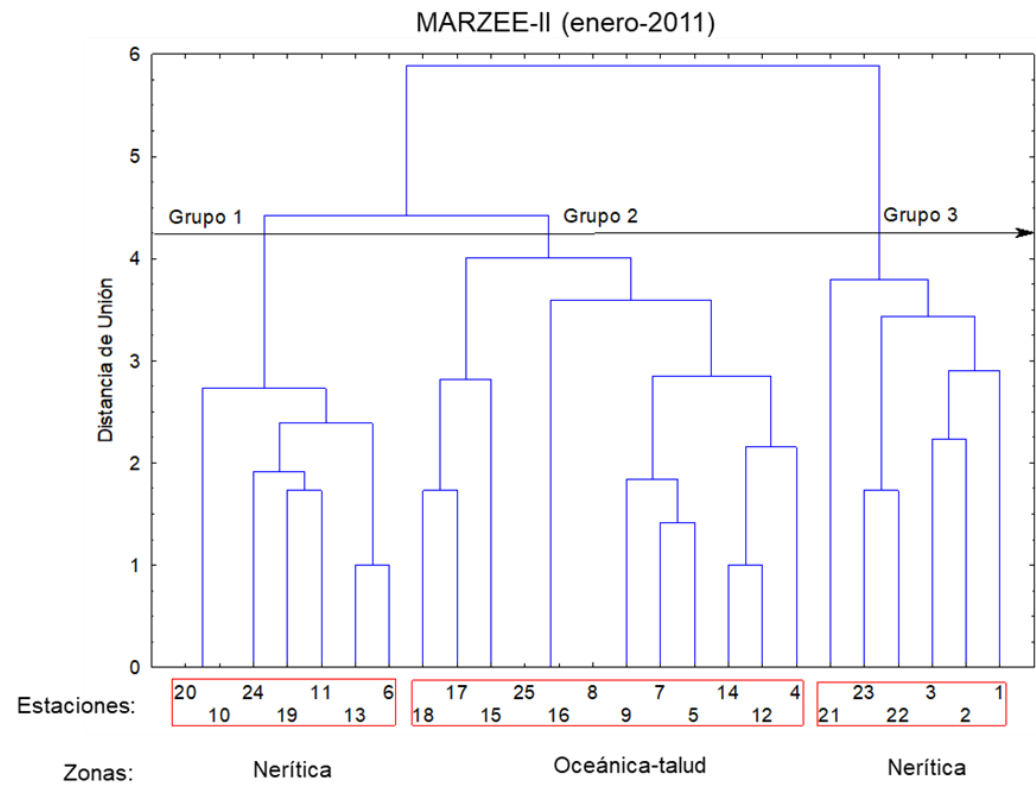
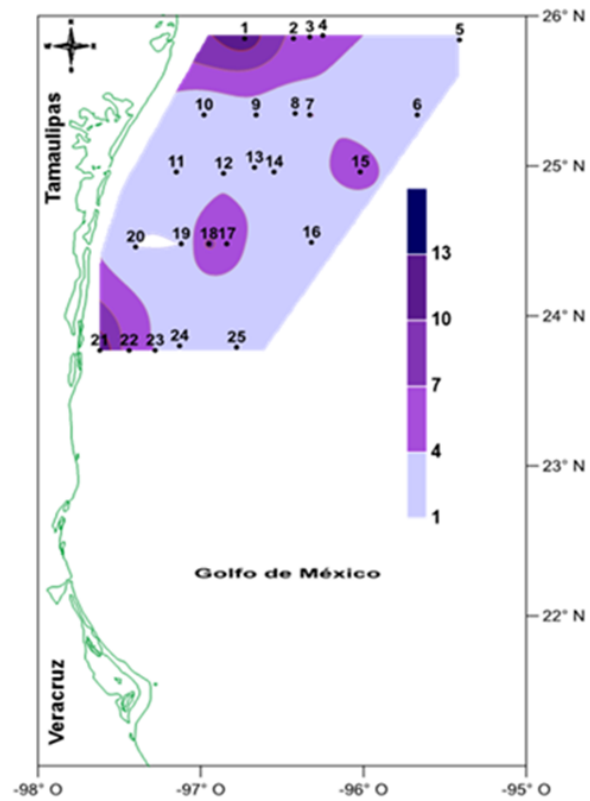


Fig. 17. Distribución horizontal de la riqueza específica (lado izquierdo) y dendrograma de agrupación de las estaciones (lado derecho) con base en la presencia/ausencia de las especies del género *Protoperidinium* de la campaña oceanográfica MARZEE-II en enero-2011 en la región central del Golfo de México.

Campaña Ueyatl-I

Se identificaron 25 especies, cuatro formas y nueve quedaron indeterminadas. Las estaciones con mayor número de especies fueron 1, 7, 19 y 20 entre 12 y nueve especies. Respecto a la frecuencia relativa del total de las especies registradas, *P. pyriforme* mostró una distribución ligeramente alta ya que ocurrió en 24 estaciones, es decir, > 49% pero < 79%, mientras que *P. hirobis*, *P. punctulatum* y *P. cf. claudicans* mostraron una distribución moderada observándose entre 11 y 12 estaciones, es decir > 25% pero < 48%. El resto de las especies mostró baja distribución ya que solo se observaron entre una y diez estaciones, es decir < 24% del total de las estaciones (Tabla 2, Anexo 2).

El AC por el método de Ward permitió la clasificación de dos zonas: 1) ambiente oceánico y 2) ambiente nerítico. Con una línea de corte al 75% y una distancia Euclidiana de 5.0 se establecieron cinco conglomerados (Fig. 18) de la siguiente manera:

El primer conglomerado (zona1: ambiente oceánico) se estructuró por las estaciones 26, 24, 23, 25 y 21. Se caracterizó por la asociación de estaciones de la región oceánica y agrupó a *P. cf. bipes*, *P. conicoides*, *P. corniculum*, *P. depressum*, *P. cf. hirobis*, *P. steinii* y *P. punctulatum* cuya afinidad de hábitat es tanto costera como oceánica (Tabla 2).

El segundo conglomerado (zona 2: ambiente nerítico) se formó con las estaciones 19, 38, 31, 17, 16 y 15 localizadas principalmente en la región nerítica. Sin embargo, la mayor ocurrencia de especies se concentró en las estaciones neríticas 19, 17, 16 y 15 con *P. cassum*, *P. latissimum*, *P. cf. latispinum*, *P. cf. subsphaericum* y *Protoperdinium* sp. 5.

El tercer conglomerado se formó con dos subgrupos. El primero lo integraron las estaciones 30, 28, 18, 33, 5 y 4 distribuidas en los ambientes nerítico y oceánico, así como la asociación de las siguientes especies *P. conicum*, *P. corniculum*, *P. depressum*, *P. pyriforme*, *P. cf. bipes*, *P. cassum* y *P. elegans*. El segundo subgrupo estuvo formado con las estaciones 37, 43, 34, 29, 27, 36, 39 y 3 localizadas en la

región nerítica y oceánica. Está estructurado por las especies *P. cf. claudicans*, *P. cf. hirobis*, *P. leonis*, *P. ovum*, *P. pentagonum*, *P. pyriforme* y *P. sp.1* caracterizadas por mostrar una baja distribución en el sitio de muestreo con excepción de *P. pyriforme*.

El cuarto conglomerado se constituyó con las estaciones 35, 7, 41, 32 y 6 ubicadas en su mayoría en la zona oceánica. No obstante, el mayor número de especies incidieron en las estaciones neríticas (7 y 6) dentro de las cuales se destacan: *P. cf. claudicans*, *P. conicum*, *P. corniculum*, *P. depressum*, *P. ovum*, *P. punctulatum*, *P. pyriforme*, *P. steinii*, *P. tuba*, *P. venustum* y *Protopteridinium sp. 1*.

El quinto conglomerado (zona 2: ambiente nerítico) se estructuró por dos subgrupos. El primero se formó por las estaciones: 12, 13, 9, 20, 14, 10, 11 y 8 localizadas en la región nerítica y el segundo subgrupo se conformó por las estaciones: 22, 2 y 1 el cual se caracterizó por estaciones localizadas en la zona nerítica y la asociación de 17 especies, las que se destacaron por su media y amplia distribución.

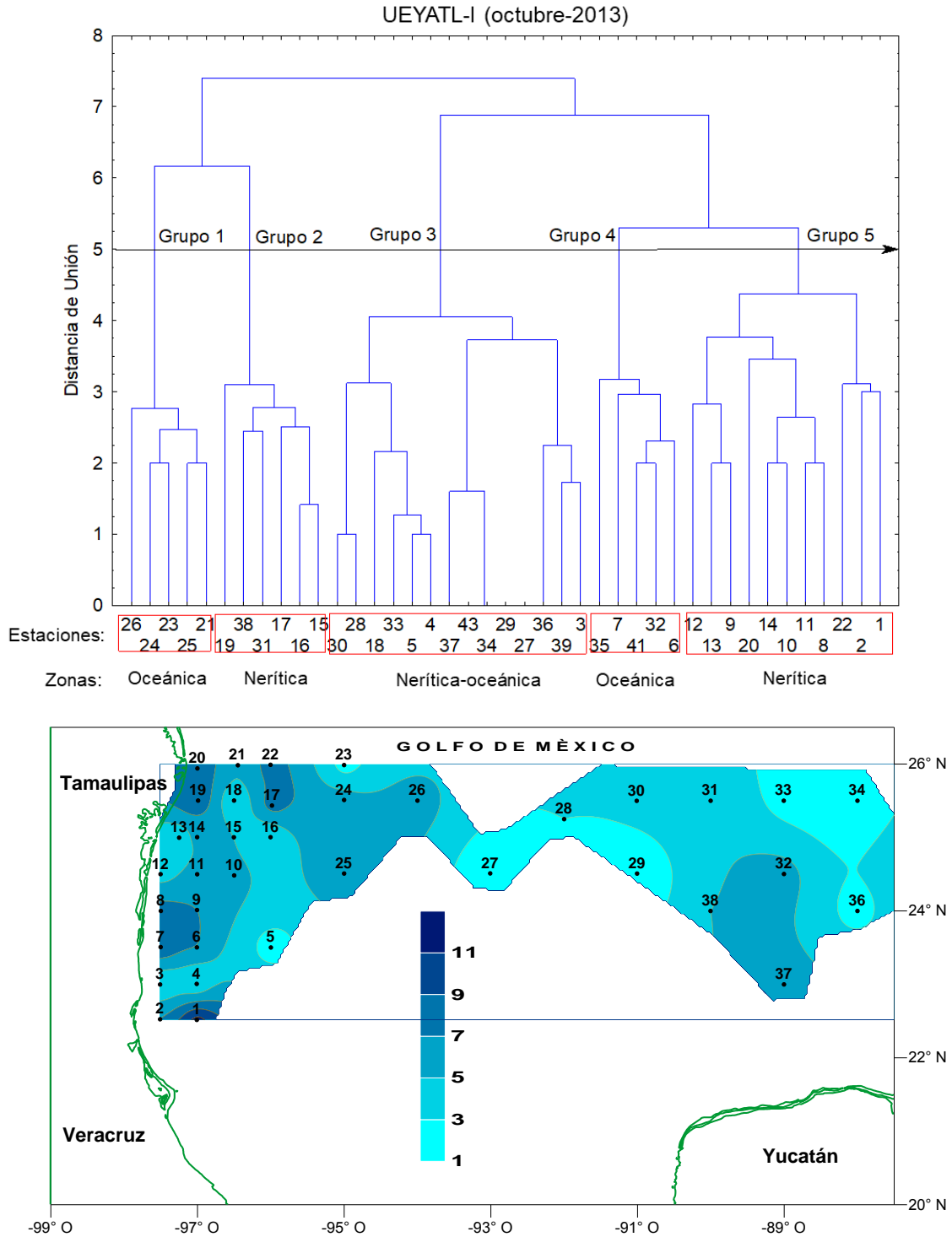


Fig. 18. Distribución horizontal (abajo) de la riqueza específica y dendrograma de agrupación (arriba) de las estaciones de muestreo con base en la presencia-ausencia de las especies del género *Protoperidinium* de la campaña oceanográfica UEYATL-I en octubre-2013 en la región central del Golfo de México.

Abundancia de *Protoperdinium* spp.

Los resultados a 10 m de profundidad mostraron que el 56% de las especies tuvieron una abundancia menor a 100 céls/L, mientras que el 40% presentaron concentraciones entre 100 y 630 céls/L. Los sitios que mostraron la mayor concentración celular fueron las estaciones 1, 2, 15, 13, 20 y 9 (Fig. 19). Asimismo, las especies más abundantes fueron: *Protoperdinium ovum* (Fig. 20A y Anexo 3); *P. tuba* (Fig. 20B no ilustrada); *P. cf. bipes* (Fig. 20C y Anexo 3); *P. elegans* (Fig. 20D y Anexo 3); *P. pyriforme* (Fig. 20E y Anexo 3) y *P. venustum* (Fig. 20F y Anexo 3).

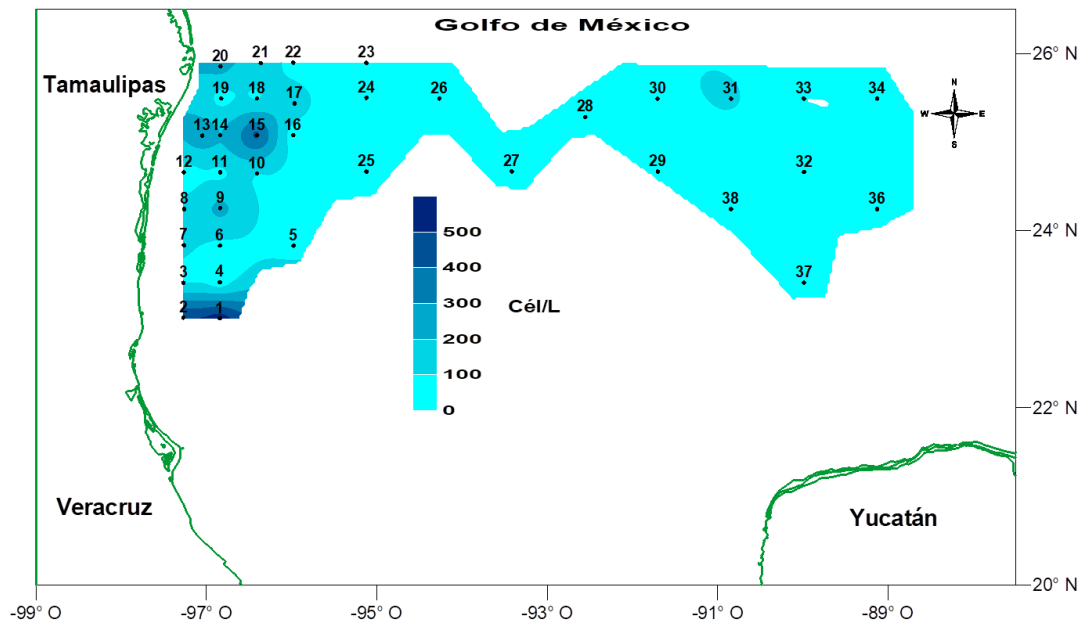


Fig. 19. Distribución horizontal de la abundancia en céls/L de las especies del género *Protoperdinium* en octubre-2013 en la región central del Golfo de México.

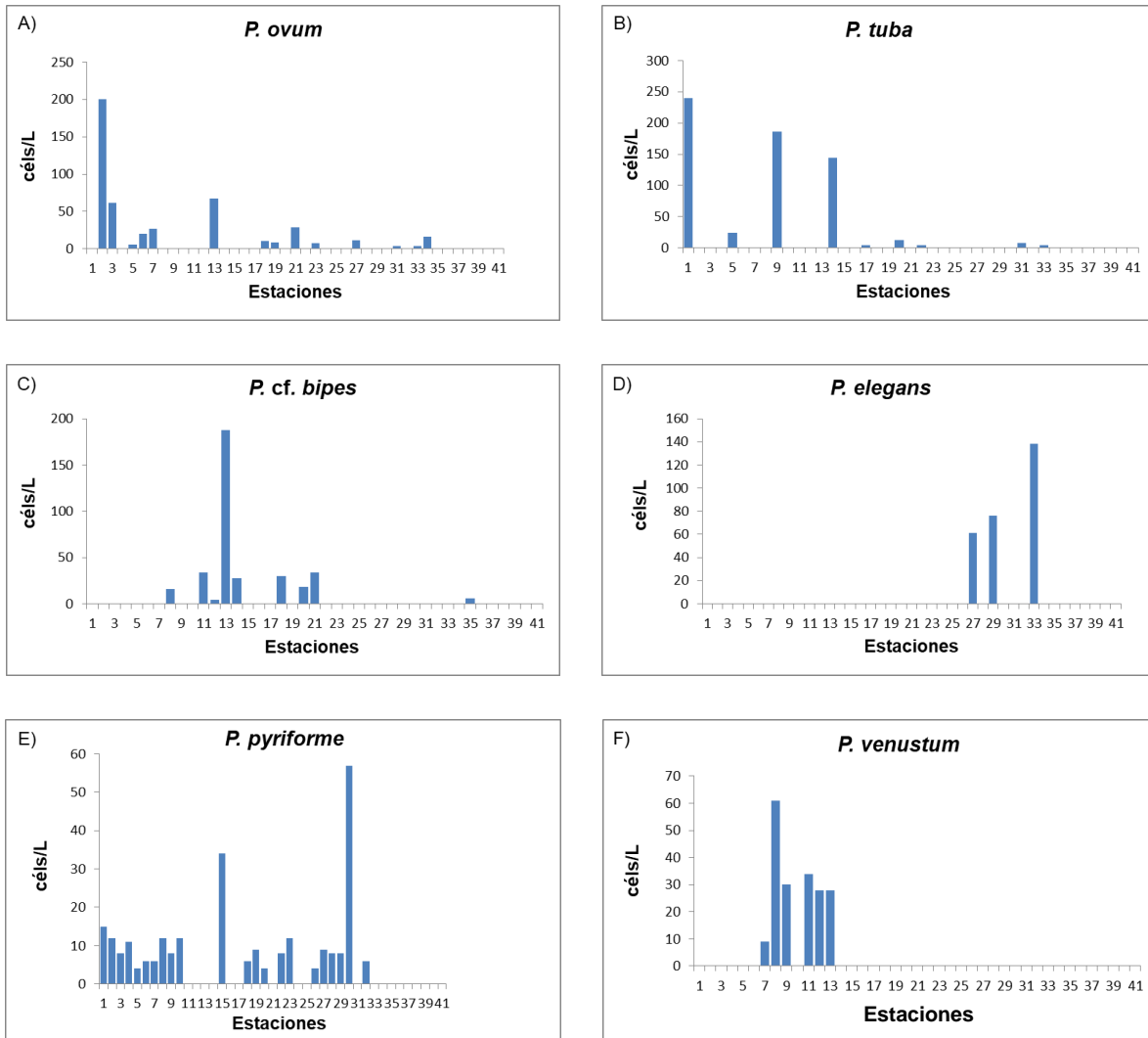


Fig. 20. Valores de abundancia en céls/L observados en la campaña oceanográfica Ueyatl-I de *Protoperidinium* spp.: A-F. A) *P. tuba*, B) *P. ovum*, C) *P. cf. bipes*, D) *P. elegans*, E) *P. pyriforme* y F) *P. venustum* en la región central del Golfo de México.

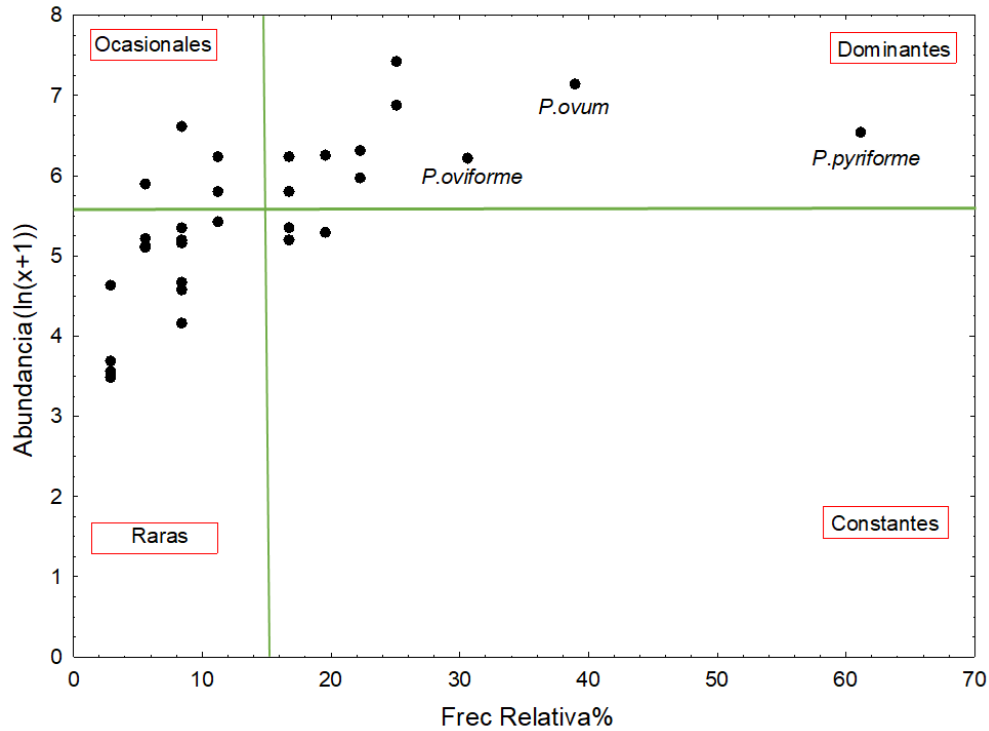


Fig. 21. Ilustra la categorización de las especies del género *Protoperidinium* con base en la abundancia y la frecuencia en la campaña oceanográfica UEYATL-I en la región central del Golfo de México.

Se determinaron diez especies dominantes: *P. pyriforme*, *P. ovum*, *P. oviforme*, *P. cf. bipes*, *P. punctulatum*, *P. sp.1*, *P. cassum*, *P. divergens*, *P. tuba* y *P. venustum*. De ellas destacan: *P. pyriforme* como la más frecuente y *P. tuba* y *P. ovum* como la más abundantes. Las especies: *P. conicum*, *P. crassipes* y *P. sp.7* que, por su alta frecuencia, pero baja abundancia se reportan como constantes. Asimismo, se reportan 4 especies ocasionales y 15 especies raras (Fig. 21).

El ADM entre la abundancia relativa y las variables físico-químicas mostró diferencias significativas (Λ de Wilks <0.09 , $p < 0.0000$ y una correlación canónica del 88%) con un 97% de los casos bien clasificados (Anexo 1). La formación de los grupos confirma la distribución de las localidades de muestreo en las zonas clasificadas por el AC (a un corte al 30% y distancia euclidiana de 3.0) (Fig. 22). El primer grupo (zona 1: ambiente nerítico) se constituyó por las estaciones 19, 12, 31, 21, 30 y 14 localizadas principalmente en el ambiente nerítico; el segundo grupo (zona 2: ambiente nerítico-oceánico) lo conformaron tres subgrupos; el primero se asoció por las estaciones neríticas 37, 26, 11; el segundo se estructuró por los sitios de muestreo 27, 34, 36, 16, mientras que el tercero lo integraron las estaciones 38, 29, 24, 26, 18, 6 y 35, 12, 4. El tercero y cuarto grupo (zona 3 y 4: ambiente nerítico) se establecieron por las estaciones 10, 20, 17, 7, 22, 35, 8, 3 y 9, 2, 13, 15 y 1 respectivamente (Fig. 22). La diferencia observada entre las zonas se determinó por la densidad de las especies y el amonio que se correlacionaron significativamente de manera negativa con las raíces 1 (70%) y 2 (30%) que explicaron el 100% de la variación total (Fig. 22 y Anexo 1).

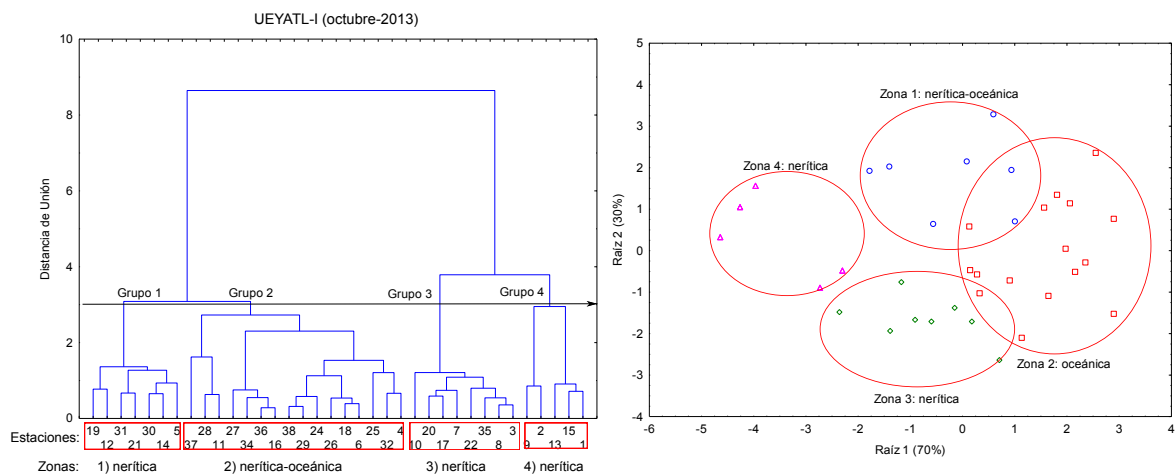


Fig. 22. Dendrograma de agrupación (lado izquierdo) y modelo de ordenación de los ejes principales (lado derecho) (λ Wilks 0.05 y $p < 0.05$) de las variables físico-químicas y de la abundancia relativa durante octubre-2013 en la región central del Golfo de México.

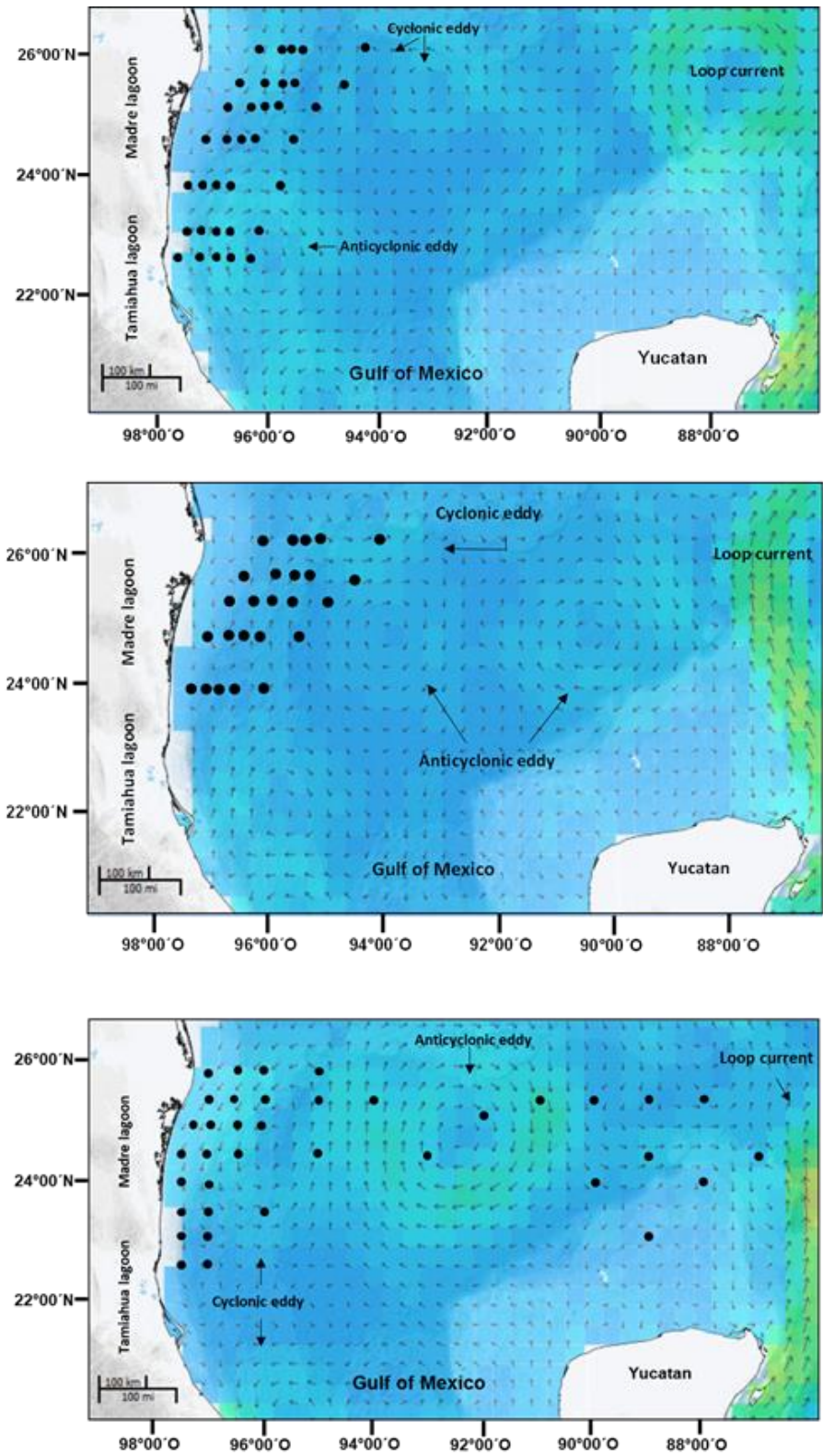


Fig. 23A-C. Patrón de circulación de los giros ciclónicos y anticiclónicos en los meses de A) julio-2010, B) enero-2011 y C) octubre-2013 en la región central del Golfo de México.

8. Discusión

Parámetros ambientales (zonación del ambiente)

El AC de los parámetros físico-químicos permitió clasificar y caracterizar las zonas (ambientes nerítico, oceánico y nerítico-talud-oceánico) en las tres épocas de muestreo. Con el ADM se corroboró la clasificación de las zonas y se determinaron las variables que influyeron mayormente en la diferenciación de éstas. En las figuras 13, 14 y 15 se puede apreciar que estas zonas tienen características similares, sin embargo muestran una variación espacio-temporal. Lo cual puede deberse a la intensa dinámica ejercida por diversos factores como el clima, aportes de agua por los ríos y los patrones de circulación de las masas de agua.

Los parámetros ambientales reflejan los cambios estacionales en el Golfo de México, los que estuvieron influenciados por los periodos de lluvias, secas y “nortes”. La temperatura del agua superficial a 10 m mostró diferencias significativas entre los meses de estudio. Las medianas máximas ocurrieron en los meses de octubre 2013 y julio 2010 épocas de “nortes” y lluvias respectivamente, mientras que la mediana mínima y valor más bajo se registraron en enero 2011, época de secas. Al respecto De la Lanza (1991) en una compilación de la oceanografía de mares mexicanos señala que la columna de agua superficial se ve afectada en sus características físicas y circulación de las masas de agua por fenómenos climáticos atmosféricos como se observó en este estudio. También señala que dichos factores influyen en la composición, distribución y abundancia de las especies del fitoplancton.

La salinidad no mostró diferencias significativas entre los meses de estudio. Sin embargo, se observaron valores bajos en enero 2011 y octubre 2013 principalmente en las estaciones de la zona nerítica. Nowlin y McLellan (1967) indican que el patrón de salinidad es semejante al de temperatura en donde la influencia de los ríos disminuye la salinidad hasta valores de 32 ups como se pudo constatar en este estudio. Adicionalmente, Zavala-Hidalgo et al. (2012) en la misma región indican que los perfiles de salinidad y densidad muestran una intrusión de masas de agua de menor temperatura y salinidad procedentes de la plataforma de Luisiana y Texas.

Esto podría explicar en parte los valores bajos registrados en dichas variables y que caracterizaron a la zona tres (ambiente nerítico) en la campaña MARZEE-II.

En julio las variables antes referidas no fueron significativas en la formación de las zonas identificadas, no obstante la temperatura y el oxígeno influyeron en la formación de las zonas definidas en enero de 2011 y octubre 2013 respectivamente. Esto refleja los efectos del clima, el patrón de circulación en la plataforma interna y los procesos de advección del agua principalmente en enero de 2011 (Fernández-Eguiarte et al., 1998; Zavala-Hidalgo et al., 2003; 2006). Merino-Ibarra (2011) observó que en julio la distribución de salinidad, oxígeno disuelto y nutrientes en la parte norte del área de estudio tuvieron una elevación y expansión de las masas de agua (entre 30 y 80 m de profundidad). Esto podría explicarse por un efecto de mar de fondo, ya que días antes a realizarse la campaña MARZEE-I ocurrió el Huracán Alex. Lo que se corrobora con los valores elevados de silicatos y amonio que se encontraron en la zona uno (ambiente nerítico-oceánico), siendo el amonio el nutriente que ejerció influencia en la formación de dicha zona para esta campaña. Asimismo, Zavala-Hidalgo (2011) indica que en la zona sur existen evidencias del posible descenso relativo del agua superficial y subsuperficial, dado que en las estaciones 21, 25, 26, 30,31 y 35 se encontraron valores elevados de clorofila-a por debajo de 120 m lo que sugiere un hundimiento del agua. Lo anterior se podría respaldar por la formación de giros ciclónicos y anticiclónicos en dicha zona (Fig. 23A). Sin embargo, en ambos casos se sugiere confirmar esta situación con estudios de altimetría y datos numéricos de la circulación ciclónica y anticiclónica.

La concentración de clorofila-a total registró la mediana máxima y los valores máximos en octubre 2013 y julio 2010. En este contexto El Sayed et al. (1972) y Licea y Luna (1999) registraron valores similares en esta región. Por otro lado, comparando los meses de julio 2010 y octubre 2013 con enero 2011, la clorofila-a fue seis veces menor. No obstante, se mostró con ello condiciones de empobrecimiento equivalentes a ambientes oligotróficos (Merino-Ibarra 2011). En julio los valores máximos registrados de clorofila-a frente a la desembocadura del Río Soto la Marina y Río Bravo, sugieren influencia de la temporada de lluvias que

coadyuvó al aporte de nutrientes a través de la descarga de los ríos hacia la zona nerítica. La clorofila-a y el amonio fueron las variables que mejor discriminaron las zonas encontradas en julio 2010. En octubre 2013 los valores de clorofila-a hasta de 2.33 µg/L en la región nerítica probablemente respondieron a que el muestreo se realizó en la época de “nortes”. Esto hace suponer que la acción del viento generó mezcla en la columna de agua superficial lo que favoreció el incremento de nutrientes que fueron aprovechados por el fitoplancton. Lo antedicho se corrobora por el número de células de fitoplancton registrado por Merino-Ibarra et al. (2016) de hasta 27,953 céls/L en la zona nerítica y que la mayoría de los valores relativamente altos se encuentran frente a la costa de Tamaulipas, asociados a valores altos de abundancia del género *Protoperdinium* registrados en este estudio principalmente frente al río Soto La Marina y río Grande como se refiere párrafos adelante. Sin embargo, los autores antes referidos señalan que los valores registrados se consideran bajos con respecto al resto del Golfo de México, pero considerados como normales por ser una región oligotrófica. En general los nutrientes mostraron las medianas máximas en octubre 2013. De acuerdo con lo reportado por El Sayed et al. (1972) y Morrison et al. (1983) señalan que los valores de nutrientes registrados en este estudio se encuentran en los rangos registrados para el Golfo de México lo cual corrobora la condición oligotrófica del Golfo de México. En la figura 23A-C se muestran los patrones de los giros ciclónicos y anticiclónicos observados durante esta investigación. Al respecto Monreal Gómez y Salas de León (1997) indican que los giros ciclónicos aluden a un ascenso de agua, disminución de la temperatura y aumento en la concentración de nutrientes; mientras que los giros anticiclónicos apuntan a un descenso de agua, aumento de la temperatura y disminución en la concentración de nutrientes, lo que indudablemente implica cambios en las variables antes señaladas. Adicionalmente hay que considerar los efectos climático-atmosféricos que también tienen influencia tanto en las variables físico-químicas como en las especies, lo que también en parte explica los cambios en la zonación observada. Es obvio que las consecuencias de estos procesos son complejas y que indudablemente afectan la composición de la comunidad planctónica (Barange y Perry, 2009).

Composición, distribución y abundancia de *Protoberidinium* spp.

El género *Protoberidinium* es considerado como uno de los grupos de fitoplancton heterótrofos más comunes y de amplia distribución en los océanos del mundo (Balech, 1974; Faust, 2002; Okolodkov, 2005; Ruixiang et al., 2016). En este sentido Siano y Montresor (2005) señalan que este género incluye más de 250 especies. Gómez (2012) en una revisión refiere un total de 280 especies válidas mientras que Guiry y Guiry (2017) reportan un total de 381 especies de las cuales 254 son consideradas como válidas. Estas discrepancias denotan además de la riqueza de especies del género *Protoberidinium* a nivel mundial, la dinámica de la taxonomía y por tanto la necesidad de continuar con revisiones que coadyuven a obtener más información de las especies de este género. En este rubro se puede apreciar que las especies encontradas en este estudio tienen una considerable correspondencia en una proporción mayor al 50% con las especies registradas en el sur del Golfo de México por Licea et al. (2004); Okolodkov (2008), Steidinger et al. (2009) y Merino-Virgilio et al. (2013). Lo anterior responde probablemente al hecho de que gran parte de las especies proviene de las masas de agua que transporta la corriente del Lazo que derivan del estrecho de Florida y del Mar Caribe a través del canal de Yucatán (Steidinger y Williams 1970). Esto sugiere la existencia de una riqueza importante de especies de este grupo en el sur del Golfo de México, la cual no ha sido descrita en su totalidad por lo que sugerimos debe de ser estudiada con prontitud ya que a diferencia de otros grupos del fitoplancton la información sobre este género es aún escasa y dispersa. Las especies observadas en este estudio representan el 16% de 280 que menciona Gómez (2012) a nivel mundial; el 42% para el Golfo de México y el 39% para aguas mexicanas (Pacífico, sur del Golfo de México y el Caribe mexicano). De éstas, 12 son nuevos registros para el estado de Tamaulipas: *P. cerasus* (Paulsen) Balech, *P. conicoides* (Paulsen) Balech, *P. excentricum* (Paulsen) Balech, *P. granii* (Ostenfeld) Balech, *P. latissimum* (Kofoid) Balech, *P. leonis* (Pavillard) Balech, *P. pellucidum* Bergh, *P. cf. claudicans* (Paulsen) Balech, *P. obtusum* (Karsten) Parke y Dodge, *P. pyriforme* (Paulsen) Balech, *P. quarnerense* (B. Schröder) Balech y muy probablemente *P. cf. subsphaericum* (Broch) Balech y cuatro para el sur del Golfo de México: *P. corniculum* (Kofoid y Michener) F.JR.

Taylor y Balech, *P. cf. acutum* (G. Karsten) Balech, *P. cf. bipes* (Paulsen) Balech y *P. munobis* (Abé) Balech. Las especies: *Protoperidinium* sp. 1, *Protoperidinium* sp. 2, *Protoperidinium* sp. 3, *Protoperidinium* sp. 4, *Protoperidinium* sp. 5, *Protoperidinium* sp. 6, *Protoperidinium* sp. 7, *Protoperidinium* sp. 8 y *Protoperidinium* sp. 9, no pudieron ser determinadas a nivel de especie debido al deterioro de algunas características morfológicas y en otros casos porque no coinciden con las descripciones de la literatura clásica y actual. Lo anterior se puede deber a la gran variabilidad de este grupo, por lo que consideramos entonces que para su determinación se requiere de la disección de placas (principalmente de la región sulcal) y observaciones de la ultraestructura y conseguir su diferenciación como lo señalan Balech (1974), Steidinger y Tangen (1997) y Quian et al. (1999). La taxonomía y clasificación del género *Protoperidinium* es un trabajo arduo y difícil aun cuando se conozcan la estructura, la organización de las placas tecales y el uso de la microscopía electrónica (Okolodkov, 2005; Ruixiang et al., 2016). Adicionalmente Hernández-Becerril (2014) menciona que se debe involucrar el cultivo de las especies y el uso de técnicas de biología molecular. Esto último ha permitido conocer no solo la ultraestructura morfológica sino la relación entre la morfología y la evolución de las especies de este género (Yamaguchi et al., 2005, 2006 y 2007; Gribble y Anderson, 2006, 2007 y Gómez et al., 2011).

Respecto a la distribución global de las especies reconocidas en esta investigación se aprecia en la figura 24 que el 7% son de distribución tropical y el 2% subtropical; en contraste el 21% son tropicales-templadas y el 12% son subtropicales-templadas. Lo anterior denota la falta de trabajos en la región tropical y subtropical, en contraste con la proporción de especies estudiadas en otras latitudes. Esto se puede deber a que los especialistas en la taxonomía del género *Protoperidinium* se encuentran en Estados Unidos y Europa. Así como los aspectos metodológicos y técnicos mencionados en párrafos anteriores que son necesarios para el estudio del grupo. En particular para las especies que habitan las aguas de los mares mexicanos y que requieren ser redefinidas (Okolodkov, 2005).

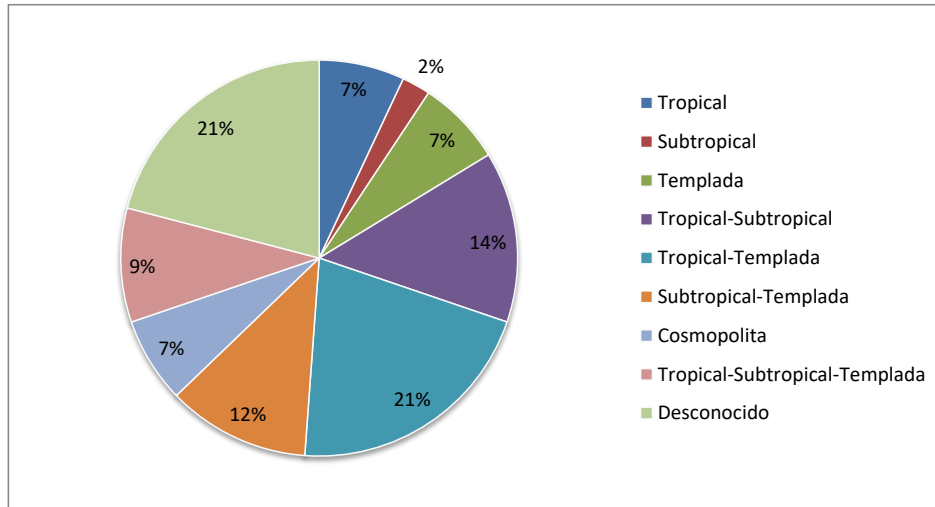


Fig. 24. Distribución global de las especies del género *Protoperidinium* registradas en las campañas oceanográficas: MARZEE-I, MARZEE-II y UYATL-I.

La mayor riqueza de especies del género *Protoperidinium* se obtuvo en octubre seguida de julio y enero. En este sentido es notable observar que el 38% de las especies ocurrieron en los tres muestreos realizados y corresponden a: *Protoperidinium cassum*, *P. conicum*, *P. crassipes*, *P. divergens*, *P. leonis*, *P. oceanicum*, *P. oviforme*, *P. ovum*, *P. pellucidum*, *P. pentagonum*, *P. pyriforme*, *P. quarnerense*, *P. steinii*, *P. tuba*, *P. venustum* y *Protoperidinium* sp 1. De las especies restantes el 11% se registró en julio (campaña MARZEE-I) y el 36% en octubre (campaña UYATL-I). En este sentido Steidinger y Williams (1970) indican que en los ambientes subtropicales los dinoflagelados marinos evidencian fuertes cambios en la composición de especies, con mayor número de especies en verano y menor en invierno. Lo que se corroboró en este estudio ya que la mayor riqueza específica se encontró en octubre 2013 (otoño) y julio 2010 (verano) y la menor en enero 2011 (invierno). Sin embargo, cabe señalar que no hay datos que incluyan un ciclo anual, con lo que se podría obtener una representación precisa en la composición y distribución espacio-temporal de las especies. Steidinger y Williams (1970) mencionan que los cambios en la composición de especies del fitoplancton, así como su distribución se explican por el flujo de los ríos hacia el océano, la estratificación en la columna de agua, surgencias, o bien por la intrusión de la Corriente de Lazo y sus anillos o giros. Al respecto la función que desempeñan los

giros ciclónicos y anticiclónicos como mecanismos físicos de transporte y retención de fitoplancton se ha demostrado en diversos estudios, en que se indica que los dinoflagelados tienden a concentrarse en la parte central de los giros ciclónicos, mientras que las diatomeas lo hacen hacia la periferia de los giros (Aldeco et al. 2009, Coria-Monter et al. 2014). Mediante el AC de las estaciones de muestreo se definió que la distribución y mayor riqueza de *Protoperidinium* está en las estaciones de la zona nerítica en las tres campañas estudiadas (Figs. 16,17 y 18), que coinciden en la periferia y no en el área central de los giros (Fig. 23A-C). En la campaña MARZEE-I el tercer grupo (ambiente nerítico) se asoció con valores elevados de temperatura, silicatos, amonio y clorofila-*a*, variables que definieron las zonas en esta campaña. Este grupo quedó conformado por dos subgrupos, el primero agrupó al 40% de las especies, mientras que el segundo agrupó al 80% del total de las especies registradas. Las especies que principalmente se compartieron entre las estaciones de dicho grupo fueron: *P. crassipes*, *P. depressum*, *P. divergens*, y *P. pellucidum* (Fig.16 y Anexo 2), asociadas con ambientes neríticos y oceánicos y ser euritermas (Licea et al., 1995).

En la campaña MARZEE-II en contraste con MARZEE-I el primer y tercer grupo (ambiente nerítico) se asociaron con valores bajos de temperatura y salinidad, pero elevados en silicatos y distribuidos entre la región norte y sur en la desembocadura de los ríos Grande, Soto La Marina y Laguna Madre, principalmente en el grupo tres ocurrieron el 75% de las especies. En la estación uno se registró *Protoperidinium* cf. *bipes* asociada a bajos niveles de temperatura que de confirmarse la especie se estaría ampliando su distribución global. En la campaña UEYATL-I, al igual que en las campañas MARZE-I y MARZE-II el quinto conglomerado (ambiente nerítico) agrupó al mayor número de especies (19 spp.), así como aquellas que en su mayoría mostraron baja distribución como *P. cf. acutum*, *P. crassipes*, *P. steinii*, *P. tuba*, *P. venustum*, *Protoperidinium* sp. 2, *Protoperidinium* sp. 3 y *Protoperidinium* sp. 4. Con base en lo anterior se corrobora que las especies del género *Protoperidinium* ocurren preferentemente en los ecosistemas neríticos (Evagelopoulos, 2002; Faust, 2002; Okolodkov, 2008; Taylor et al. 2008). Las especies *Protoperidinium* cf. *acutum*, *P. cerasus*, *P. cf. claudicans*, *P. conicoides*, *P.*

corniculum, *P. excentricum*, *P. granii*, *P. cf. hirobis*, *P. latissimum*, *P. cf. latispinum*, *P. obtusum*, *P. punctulatum*, *P. cf. subsphaericum*, *P. minutum*, *P. mite* y *P. munobis* representan el 36% de las especies encontradas en este estudio que no se registraron en la campaña de enero de 2011, en donde se registraron los valores más bajos de temperatura y salinidad. Lo anterior sugiere que dichas especies pueden estar afectadas por cambios en la temperatura y salinidad, o bien que probablemente no se observaron debido a que el muestreo fue menor en número de estaciones en comparación con las campañas de julio de 2010 y octubre de 2013.

La abundancia de especies del género *Protoperidinium* en la campaña UEYATL-I (octubre-2013) fue baja, sin embargo, fue alta fundamentalmente en las estaciones neríticas. Dentro de ellas destacan las estaciones 1 y 2 frente al río Soto La Marina, la estación 20 ubicada en la desembocadura del río Bravo. Adicionalmente las estaciones 13, 14 y 15 localizadas frente a la Laguna Madre también con cifras altas (ver Fig.19). En donde las especies *Protoperidinium tuba*, *P. ovum*, *P. cf. bipes*, *P. elegans*, *P. pyriforme* y *P. venustum* fueron las más abundantes. Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Estradas-Romero (2004) para *Protoperidinium*, quien registró en esta región valores entre 49 y 122,000 céls/L en una época similar, aunque no refiere la relación de las especies del grupo con los parámetros físico-químicos. Al respecto se ha observado que las especies del género *Protoperidinium* son abundantes durante los florecimientos de dinoflagelados (Legovic et al., 1991, Jeong, 1995) o bien de diatomeas (Jacobson, 1987). Merino-Ibarra et al. (2016) registraron en octubre de 2013 la presencia y la mayor abundancia de especies del género *Protoperidinium* en donde ocurrieron concentraciones elevadas tanto de diatomeas como de dinoflagelados corroborando con ello lo referido por los autores anteriormente señalados. Asimismo, el ADM corroboró los grupos formados por el AC con mayor número de especies y densidad en las estaciones del ambiente nerítico, así como mostrar una correlación negativa con el amonio. Lo anterior se puede explicar debido al hábito de alimentación heterótrofa del género *Protoperidinium* más que por requerimientos de nutrimentos disueltos en el agua.

9. Conclusiones.

- En octubre de 2013 (campaña UEYATL-I) la abundancia del género *Protoperidinium* fue un orden de magnitud mayor en el ambiente nerítico con respecto al ambiente oceánico, en donde las especies dominantes fueron *P. pyriforme*, *P. tuba* y *P. ovum*.
- No se encontró relación entre la abundancia de las especies de la campaña UEYATL-I y la mayoría de las variables físico-químicas analizadas, excepto con el amonio.
- Con base en los parámetros físico-químicos se clasificó el ambiente del área de estudio, lo que permitió determinar que el periodo del 28 de junio al 10 de julio de 2010 (campaña MARZEE-I) registró mayor heterogeneidad ambiental espacial, en comparación con las otras dos etapas climáticas. Asimismo, como corroborar que la mayor riqueza y amplia distribución de las especies ocurre preponderantemente en la zona costera en los tres periodos de muestreo. Sin embargo, se observó que la temperatura y la salinidad son las variables que afectan la composición y distribución de las especies más que con los nutrientes, posiblemente debido a sus hábitos heterótrofos.
- Se determinaron 44 taxones de los cuales *P. cerasus*, *P. conicoides*, *P. excentricum*, *P. granii*, *P. latissimum*, *P. leonis*, *P. pellucidum*, *P. cf. claudicans*, *P. obtusum*, *P. pyriforme*, *P. quarnerense*, *P. cf. subsphaericum* son nuevos registros para la costa de Tamaulipas y *P. corniculum*, *P. cf. acutum*, *P. cf. bipes* y *P. munobis* lo son para el sur del Golfo de México.
- Las especies identificadas son principalmente tropicales-templadas, subtropicales-templadas, pocas tropicales y subtropicales según la literatura consultada. Las especies *Protoperidinium cf. bipes*, *P. ovum*, *P. cf. subsphaericum* han sido reportadas de lugares templados y su presencia en el Golfo de México se podría explicar por transporte de agua de lastre o bien porque no se conoce con precisión la distribución de estas especies. Por lo que es deseable realizar más observaciones relacionadas con la taxonomía del grupo en esta región.

10. Literatura citada

- Abé, T.H. 1927. *Report on the Biological Survey of Mutsu Bay. 3. Notes on the Protozoan Fauna of Mutsu Bay I. Peridinales*. Science Reports of the Tohoku Imperial University Series. 2: 383-438.
- Abé, T.H. 1936. *Report of the biological survey of Mutsu Bay. 29. Notes on the Protozoan Fauna of Mutsu Bay II. Genus Peridinium; subgenus Archaeoperidinium*. Science Reports of the Tohoku Imperial University Series. 10: 639-686.
- Abé, T.H. 1981. *Studies on the family Peridinidae. An unfinished monograph of the armored Dinoflagellata*. Publications of the Seto Marine Biological Laboratory Special Publications Series. 6: 1-409.
- Alatorre, M.A., F. Ruiz, y D.A. Salas-de-León. 1987. *Efecto del paso de frentes fríos atmosféricos sobre la Bahía de Campeche*. pp. 186-193. En: J. González, F. Medina, M. Romo y M. Martínez (Eds.) Memoria Reunión Anual 1987. Unión Geofísica Mexicana.
- Aldeco, J, M.A., Monreal-Gómez, M. Signoret, D.A. Salas-de-León y D.U. Hernández-Becerril. 2009. *Ocurrencia de un giro anticiclónico, frentes y Trichodesmium spp. sobre la región del Cañón de Campeche, Golfo de México*. Ciencias Marinas. 35: 333-344.
- Balech, E. 1963. *Dos dinoflagelados de una laguna salobre de la Argentina*. Notas del Museo de La Plata. 199: 111-123.
- Balech, E. 1964. *Tercera contribución al conocimiento del género Peridinium*. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" e Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales. Hidrobiología. 1: 180-195.
- Balech, E. 1967. *Dinoflagellates and tintinnids in the northeastern Gulf of Mexico*. Bulletin of Marine Science. 17: 280-298.
- Balech, E. 1967. *Dinoflagelados nuevos o interesantes del Golfo de México y Caribe*. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernadino Rivadavia" Hidrobiología. 3: 77-126.
- Balech, E. 1971. *Microplancton de la campaña oceanográfica Productividad III*. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernadino Rivadavia" e Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales. Hidrobiología. 1:1-202.
- Balech, E. 1974. *El género "Protooperidinium" Bergh, 1881 ("Peridinium" Ehrenberg, 1831, partim)*. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernadino Rivadavia" e Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales Hidrobiología. 1:1-79.
- Balech, E. 1980. *On thecal morphology of Dinoflagellates with special emphasis on circular and sulcal plates*. Anales de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 1: 57-68.
- Balech, E. 1988. *Los dinoflagelados del atlántico sudoccidental*. Publicaciones especiales del Instituto Español de Oceanografía. 1: 1-310.

- Barange, M. y R.I. Perry. 2009. *Physical and ecological impacts of climate change relevant to marine and inland capture fisheries and aquaculture*. pp. 7-75. En: K. Cochrane, C. De Young, D. Soto and T. Bahri (Eds). *Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 530. Rome, FAO.
- Bergh, R.S. 1881. *Der Organisms der Cilioflagellaten. Eine phylogenetische Studie*. *Morphologisches Jahrbuch*. 7:177-288.
- Bessonov, N., O. González y A. Elizarov. 1971. *Resultado de las investigaciones Cubano-Soviéticas en el Banco de Campeche*. Coloquio sobre Investigaciones y Recursos del Mar Caribe y Regiones Adyacentes. UNESCO/FAO 1974. 317-323.
- Bourrely, P. 1970. *Les algues d'eau douce: initiation a la systematique.3. Les algues vertes*. Boubée N. (Ed). París. 511pp.
- Bogdanov, D.V., V.A. Sokolov y N.S. Khromov. 1968. *Regions of high biological and commercial productivity in the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea*. *Oceanology USSR*. 3: 466-478.
- Boyer, J. N., J. W. Fourqurean, y R. D. Jones. 1997. *Spatial characterization of water quality in Florida Bay and Whitewater Bay by multivariate analyses: Zones of Similar Influence*. *Estuaries*. 22:743-758.
- Brewer, P.G. y J.P. Riley. 1966. *Analytical Chemistry Acta*. 35:514-519.
- Britton, C.J. y B. Morton. 1989. *Shore ecology of the Gulf of Mexico*. University of Texas Press, Austin. 387 pp.
- Buskey, E.J. 1997. *Behavioral components of feeding selectivity of the heterotrophic dinoflagellate *Protoperidinium pellucidum**. *Marine Ecology Progress Series*. 153:77-89.
- Carty, S. 2003. *Dinoflagellates*. pp. 685-714. En: Wehr J.D. y R.G. Sheath (Eds). *Freshwater Algae of North America. Ecology and Classification*. Academic Press. Elsevier E.U.A.
- Coria-Monter, E., M. A. Monreal-Gómez, D. A. Salas-de-León, J. Aldeco-Ramírez y M. Merino-Ibarra. 2014. *Differential distribution of diatoms and dinoflagellates in a cyclonic eddy confined in the Bay of La Paz, Gulf of California*. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 119:6258–6268.
- Curl, H. 1959. *The phytoplankton of Apalache Bay and the northeastern Gulf of México*. *Publications of the Institute of Marine Science, The University of Texas*. 6: 277-320.
- De la Cruz, A. 1971. *Estudios del plancton en el Banco de Campeche*. pp. 375- 383. En: UNESCO (Eds). *Coloquio sobre investigaciones y recursos del Mar Caribe y regiones adyacentes*. Curacao, Antillas Holandesas, Noviembre. 1968 París.
- De la Lanza Espino, G. 1991. *Oceanografía de Mares Mexicanos*. AGT Ed, S.A. México, D.F. 569 pp.
- Dodge, J.D. 1983. *Ornamentation of thecal plates in *Protoperidinium* (Dinophyceae) as seen by scanning electron microscopy*. *Journal of Plankton Research*. 5: 119-127.

- Edler, L. y M. Elbrächter. 2010. *The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis*. pp. 13-20. En: Karlson B., A. Cusak y E. Bresnan (Eds). Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton. Paris, UNESCO.
- El-Sayed, S.Z., W.M. Sackett, L.M. Jeffrey, A.D. Fredericks, R.P. Saunders, P.S. Conger, G.A. Fryxell, K.A. Steidinger y S.A. Earle. 1972. *Chemistry, primary productivity and benthic algae of the Gulf of Mexico*. American Geographical Society Serial Atlas of marine Environmental. 29 pp.
- Elbrächter, M. y M. Hoppenrath. 2009. *Dinoflagellates / Dinophyceae*. pp 49. En: Hoppenrath, M., M. Elbrächter y G. Drebes (Eds). Marine Phytoplankton. Selected microphytoplankton species from the North Sea around Helgoland and Sylt. Kleine Senckenberg-Reihe.
- Estradas Romero, A. 2004. Abundancia y distribución del fitoplancton en dos transectos, uno frente al río Coatzacoalcos y otro frente al sistema Grijalva-Usumacinta (marzo 2000). Tesis de Maestría. ICMYL, UNAM. 70 pp.
- Evagelopoulos, A. 2002. *Taxonomic notes on Protoperidinium (peridinales, Dinophyceae) species in the Thermaikos bay (North Aegean Sea, Greece) Mediterranean*. Marine Science. 3: 41-54.
- Faust, M.A. 2002. *Protoperidinium belizeanum sp. nov. (Dinophyceae) from Manatee cay, Belize, Central America*. Journal of Phycology. 38: 390-394.
- Fensome, R.A., J.F. Daldarriaga y F.J.R. Taylor. 1999. *Dinoflagellate phylogeny revisited: reconciling morphological and molecular based phylogenies*. Grana. 38: 66-80.
- Fernández-Eguiarte, A., J. Zavala-Hidalgo y R. Romero-Centeno. 1998. *Circulación de invierno en la Plataforma de Tamaulipas y áreas adyacentes*. IX Reunión Nacional SELPER México, CD-ROM.
- Ferrario, M.E., E.A. Sar y S. Sala, 1995. *Metodología básica para el estudio del fitoplancton con especial referencia a las diatomeas*. pp.1-24. En: Alveal, K., Ferrario, M.E., E.C. Oliveira y E. A. Sar (Eds.). Manual de métodos ficológicos, Universidad de Concepción, Concepción, Chile.
- Gaines, G. y F.J.R. Taylor. 1984. *Extracellular digestion in marine dinoflagellates*. Journal of Plankton Research. 6:1057-1062.
- García, E. 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Pp. 1-90. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie libros No. 6.
- Graham, H.W. 1954. *Dinoflagellates of the Gulf of Mexico*. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington. Fishery Bulletin. 89: 223-226.
- Grasshoff, K., K. Kremling and M. Ehrhardt y. 1999. *Methods of seawater analysis*. pp. 1-634. Wiley-VCH.
- Gribble, K.E. y D.M. Anderson. 2006. *Molecular phylogeny of the heterotrophic dinoflagellates, Protoperidinium, Diplopsalis y Preperidinium (Dinophyceae) from large subunit rDNA*. Journal of Phycology. 42: 1081-1095.
- Gribble, K.E. y D.M. Anderson. 2007. *High intragenomic variability in LSU rDNA genes in the heterotrophic dinoflagellates Protoperidinium, Diplopsalis, and Preperidinium (Dinophyceae)*. Phycologia. 46: 315-324.
- Gribble, K.E., G. Nolan y D.M. Anderson. 2007. *Biodiversity, biogeography and potential trophic impact of Protoperidinium spp. (Dinophyceae) off the southwestern coast of Ireland*. Journal of Plankton Research. 29: 931-947.

- Gómez, F., D. Moreira y P. López-García. 2011. *Avances en el estudio de los dinoflagelados (Dinophyceae) con la filogenia molecular*. Hidrobiológica. 21: 343-364.
- Gómez, F. 2012. *A checklist and classification of living dinoflagellates (Dinoflagellata, Alveolata)*. CICIMAR Oceánides. 27: 65-140.
- Guiry, M.D. y G.M. Guiry. 2017. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; 05 September 2017.
- Hansen, H.P. y F. Koroleff. 1999. *Determination of nutrients*. pp. 159-226. En: Grasshoff, K., M. Ehrhardt y K. Kremling. (Eds). *Methods of Seawater Analysis* Verlag Chemie, Weinheim.
- Hernández-Becerril, D.U. 1991. *Protopteridinium (Dinophyceae) species in the Gulf of California and off the coast of Baja California*. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. 18: 77-88.
- Hernández-Becerril, D.U. y N. Navarro. 1996. *Thecate dinoflagellates (Dinophyceae) from Bahía Fosforescente, Puerto Rico*. Revista de Biología Tropical. 44: 465-475.
- Hernández-Becerril, D.U. 2014. *Biodiversidad de algas planctónicas marinas (Cyanobacteria, Prasinophyceae, Euglenophyta, Chrysophyceae, Dictyochophyceae, Eustigmatophyceae, Parmophyceae, Raphidophyceae, Bacillariophyta, Cryptophyta, Haptophyta, Dinoflagellata) en México*. Revista Mexicana de Biodiversidad. 85: 44-53.
- Hernández-Orozco, M.L. y I. Garate-Lizarraga. 2006. *Síndrome de envenenamiento paralizante por consumo de moluscos*. Revista Biomédica. 17: 45-60.
- Hulbert, H.E. y J.D. Thompson. 1980. *A numerical study of Loop Current intrusions and eddy shedding*. Journal Physical Oceanography. 10: 1161-1651.
- Jacobson, D.M. y D.M. Anderson. 1986. *Thecate heterotrophic dinoflagellates: Feeding behavior and mechanisms*. Journal of Phycology. 22: 249-258.
- Jacobson, D.M. 1987. *The ecology and feeding biology of thecate heterotrophic dinoflagellates*. PhD thesis, Woods Hole Oceanographic Institution/Massachusetts Institute of Technology Joint Program. 209 pp.
- Jeffrey, S. y G. Humphrey. 1975. *New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton*. Biochemie und Physiologie der Pflanzen. 167:191-194.
- Jeong, H.J. y M.I. Latz. 1994. *Growth and grazing rates of the heterotrophic dinoflagellates Protopteridinium spp. on red tide dinoflagellates*. Marine Ecology Progress Series. 106: 173-185.
- Jeong, H.J. 1995. *The interactions between microzooplanktonic feeders and dinoflagellates causing red tides in the open coastal waters off southern California*. PhD thesis. University of California, San Diego. 139 pp.
- Jeong, H.J. 1996. *The predation impact by the heterotrophic dinoflagellate Protopteridinium cf. divergens on copepod eggs in the presence of co-occurring phytoplankton prey*. Journal of the Oceanological Society of Korea. Seoul. 31: 144-149.
- Jørgensen, E. 1912. *Bwericht über die von der schwdischen hydrographisch-biologischen Kommission in den schwdischen Gewässern in den jarehn*

- 1909-1910 *eingesammelten Planktoproben*. Svenska. Hydrograsfisk-Biologiska Kommissionens Skrifter. 4:1-20.
- Khromov, N.S. 1965. *Distribution of plankton in the Gulf of Mexico and some aspect of its seasonal dynamic*. pp. 47-69. En: Bogdanov, D.V. (Ed.) Soviet Cuban Fishery Research (VNIRO-CIP), Moscow (en Ruso con resumen en español).
- Kirkwood, D. S. 1994. *SanPlus Segmented Flow Analyzer and Its Applications*. Seawater Analysis. Skalar, Amsterdam. 51 pp.
- Kofoid, C.A. 1909. *On Peridinium steinii Jörgensen, with a note on the nomenclature of the skeleton of the Peridinidae*. Arch. Protistenk. 16: 25-47.
- Krylov, V.V. 1974. *Distribución del fitoplancton y de las biocenosis planctónicas en el Banco de Campeche*. Revista de Investigación. I.N.P. 1: 75-79.
- Lara-Villa, M.A., J.L. Moreno Ruiz y E.J. Amaro Mauricio. 1996. *Fitoplancton: conceptos básicos y técnicas de laboratorio*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, México, D. F. 196 pp.
- Lee, R.E. 2008. *Phycology*. Cambridge University Press, New York. 547 pp.
- Legendre, P. y L. Legendre. 2012. *Numerical Ecology*. Ed. Elsevier. 853 pp.
- Legovic, T., D. Vilicic, D. Petricoli y V. Zutic. 1991. *Subsurface Gonyaulax polyedra bloom in a stratified estuary*. Marine Chemistry. 32: 361-374.
- Lepistö, L y U. Rosenström. 1998. *The most typical phytoplankton taxa in four types of boreal lakes*. Hydrobiologia. 369: 89-97.
- Licea, S., J.L. Moreno Ruiz, H. Santoyo y G. Figueroa Torres. 1995. *Dinoflageladas del Golfo de Baja California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur, SEPFOMES, PROMARCO. México, D.F. 165 pp.
- Licea, S. y R. Luna. 1999. *Spatio-temporal variation of phytoplankton on the continental margin in the SW of Gulf of México*. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. 49: 83-99.
- Licea S., M.E. Zamudio-Resendiz, R. Luna y J. Soto. 2004. *Free-living dinoflagellates in the southern Gulf of Mexico: Report of data (1979-2002)*. Phycological Research. 4: 419-428.
- Loeblich, A.R. 1968. *A new marine dinoflagellate genus, Cachonina, in axenic culture from the Salton Sea, California, with remarks on the genus Peridinium*. Biological Society of Washington. Proceedings of the Biological Society of Washington. 81: 91-96.
- Menden-Deuer, S., E.J. Lessard y J. Satterberg. 2005. *Growth rates and starvation survival of three species of the pallium-feeding, thecate dinoflagellate genus Protoperidinium*. Aquatic Microbial Ecology. 41: 145-152.
- Merino-Virgilio, F.C., Y.B. Okolodkov, A.C. Aguilar-Trujillo y J.A. Herrera-Silveira. 2013. *Phytoplankton of the Northern coastal and shelf waters of the Yucatan Peninsula, southeastern Gulf of Mexico, Mexico*. Journal of Species List and Distribution. 9: 771-779.
- Merino-Ibarra, M. 2011. *Biogeoquímica Acuática*. pp.4-21. En: Soto, L. y A. Vázquez-Botello. (Eds). Marco Ambiental de las Condiciones Oceanográficas en el Sector NW de la ZEE de México en el Golfo de México (MARZEE-I). Informe de proyecto, fase I. INE-ICML.
- Merino-Ibarra, M. 2012. *Biogeoquímica Acuática*. pp.4-23. En: Soto, L. y A. Vázquez-Botello, (Eds). Marco Ambiental de las Condiciones Oceanográficas

- en el Sector NW de la ZEE de México en el Golfo de México (MARZEE-II). Informe de proyecto, fase II. INE-ICML.
- Merino-Ibarra, M., S. Licea Durán, M.F. Soto-Jiménez, S.E. Gómez-Noguera, F.S. Castillo-Sandoval, J.L. Moreno-Ruiz, S. Rendón-Rodríguez, R. Luna-Soria, J.M. González-Fernández, P. Meza García, P.J. Soto-Cadena, A. Vázquez-Machorro, Y. Rodríguez-Cueto, D.E. García-Álvarez y M.G. Pérez-Ramírez. 2016. *Análisis de muestras biológicas de la campaña oceanográfica UEYATL-I, Informe Final*. Presentado al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y a la Comisión Nacional de Biodiversidad. ICML, UNAM, México, D.F. 107 pp.
- Monreal-Gómez, M.A. y D.A. Salas-De-León. 1985. *Barotropic and baroclinic modes in the Gulf of Mexico*. pp. 81-91. En: Grieken, V. y R. Wollast (Eds). Proc. Progress in Belgian Oceanology.
- Monreal-Gómez, M.A. y D.A. Salas De León. 1990. *Simulación de la circulación en la Bahía de Campeche*. Geofísica Internacional. 2: 101-11.
- Monreal-Gómez, M.A. y D.A. Salas De León. 1997. *Circulación y estructura termohalina del Golfo de México*. pp.183-199. En: Lavín, F.M. Contribuciones a la Oceanografía Física en México.
- Morrison, J.M., W.J. Merrell, R.M. Key y T.C. Key. 1983. *Property distributions and deep chemical measurements within the Western Gulf of Mexico*. Journal of Geophysical Research. 88: 2601-2608.
- Naustvoll, L.J. 2000. *Prey size spectra and food preferences in thecate heterotrophic dinoflagellates*. Phycologia. 39: 187-198.
- Norris, D.R. y L.D. Berner. 1970. *Thecal morphology of selected species of Dinophysis (Dinoflagellata) from the Gulf of Mexico*. Contribution Marine Science. 15: 145-192.
- Nowlin, W.D. y H.J. McLellan. 1967. *A characterization of the Gulf of Mexico waters in winter*. Journal of Marine Research. 25: 29-59.
- Nowlin, W.D. 1972. *Winter circulation patterns and property distributions*. pp. 3-52. En: Capurro, L.R.A. y J.L. Reid (Eds.). Contributions on the physical oceanography of the Gulf of Mexico. Gulf Publications. Co. Houston.
- Nowlin, W.D. y C.A. Parker. 1974. *Effects of a cold-air on shelf waters of the Gulf of Mexico*. Journal of Physical Oceanography. 4: 467-483.
- Okolodkov, Y.B. 2003. *Una revisión de investigaciones rusas de plancton en el Golfo de México y Mar Caribe en los 1960-1980's*. Hidrobiológica. 3:207- 221.
- Okolodkov, Y.B. 2005. *Protoperidinium Bergh (Dinoflagellata) in the southeastern Mexican Pacific Ocean: part I*. Botanica Marina. 48: 284–296.
- Okolodkov, Y.B. 2008. *Protoperidinium Bergh (Dinophyceae) of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico, with a key for identification*. Acta. Botanica Mexicana. 84: 93-149.
- Olseng, C.D., L.J. Naustvoll y E. Paasche. 2002. *Grazing by the heterotrophic dinoflagellate Protoperidinium steinii on a Ceratium bloom*. Marine Ecology Progress Series. 225: 161-167.
- Pielou, E.C. 1984. *The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination*. John Wiley and Sons. 263 pp.
- QGIS. Copyright (c) 2004 - 2016 QGIS Development Team Version (2.18.9.) [Software]. Disponible en <http://www.qgis.org/es/site/>.

- Qian, F., Q. Yuzao y Z. Congju. 1995. *Methodological studies on dinoflagellate taxonomy: I. Thecal isolation and staining*. Journal of Jinan University. 16: 127-131.
- Roujiyaynen, M.I., L.V. Georgieva y L.G. Senichkina. 1968. *Composition, quantitative development and distribution of phytoplankton in the Central-American seas*. Studies on the Central-American seas Kiev. 2: 14-39.
- Ruixiang, L., P. Yulong, S. Huiying, L. Yan, M. Xin y W. Yan. 2016. *The morphological identification of Protoperidinium (Peridinales, Dinophyceae) species on the coasts of China*. Acta Oceanológica Sinica. 4: 108–117.
- Salas-de-León, D.A., M.A. Monreal-Gómez, H. Velasco Mendoza, M.A. Díaz-Flores y J. Aldeco-Ramírez. 2009. *Modelación hidrodinámica y trayectoria de partículas en suspensión en el sur del Golfo de México*. pp. 155-168. En: Soto L.A. y M.C. González-Macías (Eds.) PEMEX y la Salud Ambiental de la Sonda de Campeche, México.
- Seabird-Scientific. 2017. Seabird Seasave Version 7.26.1 (Software). <http://www.seabird.com/software/seasave-v7>.
- Siano, R. y M. Montresor. 2005. *Morphology, ultrastructure and feeding behavior of Protoperidinium vorax sp. nov. (Dinophyceae, Peridinales)*. European Journal of Phycology. 40: 221-232.
- Stoecker, D.K. 1999. *Mixotrophy among dinoflagellates*. Journal of Eukaryotic Microbiology. 46: 397–401.
- Schütt, F. 1895. *Die Peridineen der Plankton Expedition. 1. Teil. Studien über die Zellen der Peridineen*. pp. 41-170. En: Ergebnisse der Plankton-Expedition des Humboldt-Stiftung Lipsius and Tischler. Kiel.
- Solórzano, L. 1969. *Determination of ammonia in natural waters by phenylhypochlorite method*. Limnology and Oceanography. 14: 799-801.
- Soto-González, L.A., A. Vásquez-Botello, J. Zavala-Hidalgo, S. Licea-Durán, L. Sanvicente Añorve, M. Merino y G. Núñez Nogueira. 2011. “*Marco Ambiental de las Condiciones Oceanográficas en el Sector NW de la ZEE de México en el Golfo de México (MARZEE-I)*”. Informe de proyecto, fase I. INE-ICMyL, UNAM. 348 pp.
- Soto-González, L.A., A. Vásquez Botello, J. Zavala-Hidalgo, S. Licea-Durán, L. Sanvicente Añorve, M. Merino y G. Núñez Nogueira. 2012. “*Marco Ambiental de las Condiciones Oceanográficas en el Sector NW de la ZEE de México en el Golfo de México (MARZEE-II)*”. Informe de proyecto, fase II. INE-ICMyL, UNAM. 348 pp.
- Sokal, R. y F. J. Rohlf. 1981. *Biometry*. Freeman. 2nd Ed. San Francisco, California. 259 pp.
- StatSoft, Inc., 2011. Statistica (data analysis software system), version 11. www.statsoft.com.
- Steidinger, K.A. y J. Williams. 1970. *Dinoflagellates. Memoirs of the Hourglass Cruises*. Volume 2. Marine Research Laboratory, Florida Department of Natural Resources. St. Petersburg, Florida. 251 pp.
- Steidinger, K.A. 1971. *Gonyaulax balechii sp. nov. (Dinophyceae) with a discussion of the genera Gonyaulax and Heteraulacus*. Phycologia. 10: 183-187.
- Steidinger, K.A. 1972. *Dinoflagellate species reported from the Gulf of Mexico and adjacent coast areas*. pp. 23-25. En: Bushell, V. C. (Ed.). Serial atlas of the

- marine environment. Chemistry, primary productivity, and benthic algae of the Gulf of Mexico. American Geographical Society.
- Steidinger, K.A. y K. Tangen. 1997. *Dinoflagellates*. pp. 387-598. En: Tomas C. R. (Ed.) Identifying marine diatoms and dinoflagellates. Ed. Academic Press, San Diego.
- Steidinger, K.A., M.A. Faust y D.U. Hernández-Becerril. 2009. *Dinoflagellates (Dinoflagellata) of the Gulf of Mexico*. pp.131-154. En: Felder, D. L. y D. K. Camp (Eds). Gulf of Mexico Origin, Waters, and Biota, Volume 1, Biodiversity. Texas A & M University Press. College Station.
- Strickland, J.H.D. y T.R. Parsons. 1972. *A Manual of Sea Water Analysis*. Fisheries Research Board Canada Bulletin Vol. 167. 310 pp.
- Taylor, F.J.R., M. Hoppenrath y J.F. Saldarriaga. 2008. *Dinoflagellate diversity and distribution*. Biodiversity Conservation. 17: 407-418.
- Tréguer, P. y P. Le Corre. 1974. *Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer*. Université de Bretagne Occidentale. 110 pp.
- Vinogradova, L.A. 1976. *Influence of upwelling on the development of phytoplankton in the area of the Bank of Campeche*. Proceedings of Atlant NIRO. 63: 81-89.
- Ward, J. 1963. *Hierarchical grouping to optimize an objective function*. Journal of American Statistical. 58: 263-244.
- WoRMS (World Register of Marine Species), Retrieved on May 27th 2017 de: <http://www.Marinespecies.org>
- Yamaguchi, A. y T. Horiguchi. 2005. *Molecular phylogenetic study of the heterotrophic dinoflagellate genus Protoperidinium (Dinophyceae) inferred from small subunit rRNA gene sequences*. Phycological Research. 53: 30-42.
- Yamaguchi, A., H. Kawamura y T. Horiguchi. 2006. *A further phylogenetic study of the heterotrophic dinoflagellate genus, Protoperidinium (Dinophyceae) based on small and large subunit ribosomal RNA gene sequences*. Phycological Research. 54: 317-329.
- Yamaguchi, A., H. Kawamura y T. Horiguchi. 2007. *The phylogenetic position of an unusual Protoperidinium species, P. bipes (Peridiniales, Dinophyceae), based on small and large subunit ribosomal RNA gene sequences*. Phycologia 46: 270–276.
- Yañez-Arancibia, A., J.W. Day y E. Reyes. 2013. *Understanding the coastal ecosystem-based management approach in the Gulf of Mexico*. Journal of Coastal Research. 63: 244-262.
- Zavala-Hidalgo, J., S. L. Morey y J. J. O'Brien. 2003. *Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model*. J. Geophysical Research. Doi: 10.1029/2003JC001879.
- Zavala-Hidalgo, J., B. Gallegos-García, S. López, I. Morey y J.J. O'Brien. 2006. *Seasonal upwelling on the Western and Southern Shelves of the Gulf of Mexico*. Ocean Dynamics. Doi 10.1007/s 10236-006-0072-3.
- Zavala-Hidalgo, J. 2011. *Adquisición y Análisis de datos hidrográficos*. pp. 22-48. En: Soto, L. y A. Vázquez-Botello. (Eds). Marco Ambiental de las Condiciones Oceanográficas en el Sector NW de la ZEE de México en el Golfo de México (MARZEE-I). Informe de proyecto, fase I. INE-ICML.
- Zavala-Hidalgo, J. 2012. *Adquisición y Análisis de datos hidrográficos*. pp.20-50. En: Soto, L. y A. Vázquez-Botello. (Eds). Marco Ambiental de las Condiciones

- Oceanográficas en el Sector NW de la ZEE de México en el Golfo de México (MARZEE-II). Informe de proyecto, fase II. INE-ICML.
- Zavala-Hidalgo, J., R. Romero-Centeno, A. Mateos-Jasso, S.L. Morey y B. Martínez-López. 2014. *The Response of the Gulf of Mexico to Wind and Heat Flux Forcings: What has been learned in the last 20 years?* Atmosfera 27: 317-334.
- Zernova, V.V. 1969. *The horizontal distribution of phytoplankton in the Gulf of Mexico*. Oceanological Studies. 4: 565-574.
- Zernova, V.V. 1970. *On phytoplankton in the Gulf of Mexico and Caribbean Sea*. Oceanological Studies NAUKA, Moscow. 20: 69–104.
- Zernova, V.V. 1974. *Species structure of the phytocene in the southern Gulf of Mexico*. Soviet-Cuban Fishery Research. (VNIRO-CIP) Moscow. 4: 117-31.
- Zernova, V. V. 1982. *On the dependence of the quantitative development of phytoplankton on the abiotic factors in the Gulf of Mexico*. Institute Oceanological. USSR Academy Science. 114: 60-72.

11. ANEXOS

ANEXO 1

Resultados del Análisis Discriminante Múltiple: parámetros ambientales (MARZEE-I)

Discriminant Function Analysis Summary (MARZEE-I FIS-QUIM)							Classification of Cases (MARZEE-I FIS-QUIM)					
N of vars in model: 2; Grouping: Grupo (3 grps)							Incorrect classifications are marked with *					
Wilks' Lambda: .05091 approx. F (4,62)=53,192 p<0,0000							Observed	1	2	3		
N=35	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (2,31)	p-value	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)	Classif.	p=,28571	p=,62857	p=,08571		
N-NH ₄	0,208711	0,243949	48,03789	0,000000	0,998392	0,001608	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3		
Cl-a	0,244270	0,208437	58,86306	0,000000	0,998392	0,001608	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3		
Variables currently not in the model (MARZEE-I FIS-QUIM)							Case					
Df for all F-tests: 2,30							1	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3	
N=35	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F to enter	p-value	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)	2	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3	
O ₂	0,049928	0,980608	0,296636	0,745469	0,983004	0,016996	3	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3	
UPS	0,048191	0,946508	0,847735	0,438390	0,920503	0,079497	4	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3	
Si-SiO ₂	0,048063	0,943989	0,890014	0,421216	0,970469	0,029531	5	G_1:1	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
N-NO ₃	0,050512	0,992080	0,119755	0,887560	0,808258	0,191742	6	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3	
N-NO ₂	0,048300	0,948637	0,812159	0,453421	0,798887	0,201113	7	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3	
P-PO ₄	0,044036	0,864900	2,343055	0,113367	0,983610	0,016390	8	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3	
Classification Matrix (MARZEE-I FIS-QUIM)							9	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3	
Rows: Observed classifications							10	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3	
Columns: Predicted classifications							11	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
Group	Percent Correct	G_1:1 p=,28571	G_2:2 p=,62857	G_3:3 p=,08571			12	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
Zona 1: nerítica-oceánica	90,0000	9	1	0			13	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
Zona 2: nerítica-talud-oceánica	100,0000	0	22	0			14	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
Zona 3: nerítica	100,0000	0	0	3			15	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
Total	97,1429	9	23	3			16	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
Chi-Square Tests with Successive Roots Removed (MARZEE-I FIS-QUIM)							17	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
Roots Removed	Eigen-value	Canonici R	Wilks' Lambda	Chi-Sqr.	df	p-value	18	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
0	3,884739	0,891785	0,050915	93,79440	4	0,000000	19	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
1	3,020814	0,866772	0,248706	43,83175	1	0,000000	20	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
Standardized Coefficients (MARZEE-I FIS-QUIM)							21	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
Variable	Root 1	Root 2					22	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
N-NH ₄	-0,329120	-0,945141					23	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
Cl-a	-0,957580	0,290951					24	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
Eigenval	3,884739	3,020814					25	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
Cum.Prop	0,562553	1,000000					26	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
							27	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
							28	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
							29	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
							30	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
							31	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
							32	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	
							33	G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1	
							34	G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1	
							35	G_3:3	G_3:3	G_1:1	G_2:2	

Resultados del Análisis Discriminante Múltiple: parámetros ambientales (MARZEE-II)

Discriminant Function Analysis Summary (MARZEE-II FIS-QUIM)						Classification of Cases (MARZEE-II FIS-QUIM)					
N of vars in model: 6; Grouping: Grupo (3 grps)						Incorrect classifications are marked with *					
Wilks' Lambda: ,03746 approx. F (12,34)=11,806 p< ,0000						Case	Observed Classif.	1 p= ,36000	2 p= ,40000	3 p= ,24000	
N=25	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (2,17)	p-value	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)	1	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3
Si-SiO ₂	0,093873	0,399017	12,80237	0,000406	0,283686	0,716314	2	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3
Cl-a	0,162858	0,229997	28,45709	0,000004	0,223362	0,776638	3	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3
N-NO ₃	0,085388	0,438664	10,87701	0,000908	0,406837	0,593163	4	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3
° C	0,059606	0,628401	5,02639	0,019276	0,111809	0,888191	5	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3
UPS	0,066350	0,564535	6,55664	0,007751	0,074569	0,925431	6	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3
P-PO ₄	0,066044	0,567147	6,48729	0,008061	0,460281	0,539719	7	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3
Variables currently not in the model (MARZEE-II FIS-QUIM)						8	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3	
Df for all F-tests: 2,16						9	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3	
N=25	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F to enter	p-value	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)	10	G_2:2	G_2:2	G_3:3	G_1:1
O ₂	0,036407	0,971988	0,230558	0,796684	0,638092	0,361908	11	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3
Classification Matrix (MARZEE-II FIS-QUIM)						12	G_2:2	G_2:2	G_3:3	G_1:1	G_3:3
Rows: Observed classifications						13	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	G_1:1
Columns: Predicted classifications						14	G_2:2	G_2:2	G_3:3	G_1:1	G_1:1
Group	Percent Correct	G_1:1 p= ,36000	G_2:2 p= ,40000	G_3:3 p= ,24000							
Zona 1: nerítica-talud-oceánica	100,0000	9	0	0	15	G_2:2	G_2:2	G_3:3	G_1:1	G_1:1	
Zona 2: nerítica-oceánica	100,0000	0	10	0	16	G_2:2	G_2:2	G_3:3	G_1:1	G_1:1	
Zona 3: nerítica	100,0000	0	0	6	17	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	G_3:3	
Total	100,0000	9	10	6	18	G_2:2	G_2:2	G_1:1	G_3:3	G_3:3	
Chi-Square Tests with Successive Roots Removed (MARZEE-II FIS-QUIM)						19	G_2:2	G_2:2	G_3:3	G_1:1	G_1:1
Roots Removed	Eigen-value	Canonicl R	Wilks' Lambda	Chi-Sqr.	df	p-value	20	G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1
0	5,974385	0,925537	0,037457	64,04908	12	0,000000	21	G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1
1	2,827930	0,859513	0,261238	26,17532	5	0,000083	22	G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1
Standardized Coefficients (MARZEE-II FIS-QUIM)						23	G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1	G_1:1
for Canonical Variables						24	G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1	G_1:1
Variable	Root 1	Root 2									
Si-SiO ₂	-1,51310	0,46142									
Cl-a	1,65596	-1,21929									
N-NO ₃	0,71689	-1,12771									
° C	1,86055	-0,69632									
UPS	-2,03207	1,76544									
P-PO ₄	-0,49831	0,99249									
Eigenval	5,97439	2,82793									
Cum.Prop	0,67873	1,00000									
25	G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1							

Resultados del Análisis Discriminante Múltiple: parámetros ambientales (UEYATL-I)

Discriminant Function Analysis Summary (UEYATL-I FIS-QUIM)							Classification of Cases (UEYATL-I FIS-QUIM)					
Step 5, N of vars in model: 5; Grouping: Grupo (3 grps)							Incorrect classifications are marked with *					
Wilks' Lambda: ,11619 approx. F (10,62)=11,989 p< ,0000							Observed	1	2	3		
N=38	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (2,31)	p-value	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)	Classif.	p=,42105	p=,07895	p=,50000		
N-NH ₄	0,449641	0,258404	44,48352	0,000000	0,905420	0,094580	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
Si-SiO ₂	0,160524	0,723812	5,91440	0,006671	0,917374	0,082626	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
N-NO ₂	0,135767	0,855800	2,61172	0,089488	0,725086	0,274914	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
O ₂	0,134295	0,865181	2,41533	0,105964	0,934902	0,065098	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
P-PO ₄	0,133656	0,869313	2,33016	0,114086	0,758391	0,241609	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
Variables currently not in the model (UEYATL-I FIS-QUIM)												
Df for all F-tests: 2,30												
N=38	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F to enter	p-value	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)						
° C	0,113090	0,973326	0,411071	0,666617	0,943351	0,056649	G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3		
UPS	0,111381	0,958622	0,647465	0,530529	0,961117	0,038883	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
N-NO ₃	0,114488	0,985360	0,222867	0,801534	0,905882	0,094118	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
Cl-a	0,112653	0,969569	0,470791	0,629044	0,779661	0,220339	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
Classification Matrix (UEYATL-I FIS-QUIM)												
Rows: Observed classifications												
Columns: Predicted classifications												
Group	Percent Correct	G_1:1 p=,42105	G_2:2 p=,07895	G_3:3 p=,50000								
Zona 1: oceánica-nerítica	100,0000	16	0	0								
Zona 2: nerítica	66,6667	0	2	1								
Zona 3: oceánica-nerítica	100,0000	0	0	19								
Total	97,3684	16	2	20								
Chi-Square Tests with Successive Roots Removed (UEYATL-I FIS-QUIM)												
Roots Removed	Eigen-value	Canonical R	Wilks' Lambda	Chi-Sqr.	df	p-value						
0	3,755720	0,888666	0,116189	71,03371	10	0,000000						
1	0,809750	0,668908	0,552562	19,57523	4	0,000606						
Standardized Coefficients (UEYATL-I FIS-QUIM) for Canonical Variables												
Variable	Root 1	Root 2										
N-NH ₄	1,015176	-0,107643										
Si-SiO ₂	0,331126	0,692343										
N-NO ₂	0,501558	0,021629										
O ₂	0,025457	0,566701										
P-PO ₄	-0,215579	0,550546										
Eigenval	3,755720	0,809750										
Cum.Prop	0,822636	1,000000										
Case							1	G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2	
2							G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
3							G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
4							G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
5							G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
6							G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
7							G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
8							G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
9							G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
10							G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
11							G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
12							G_1:1	G_1:1	G_2:2	G_3:3		
13							G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
14							G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
15							G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
16							G_1:1	G_1:1	G_3:3	G_2:2		
* 17							G_2:2	G_3:3	G_2:2	G_1:1		
18							G_2:2	G_2:2	G_3:3	G_1:1		
19							G_2:2	G_2:2	G_3:3	G_1:1		
20							G_3:3	G_3:3	G_1:1	G_2:2		
21							G_3:3	G_3:3	G_1:1	G_2:2		
22							G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1		
23							G_3:3	G_3:3	G_1:1	G_2:2		
24							G_3:3	G_3:3	G_1:1	G_2:2		
25							G_3:3	G_3:3	G_1:1	G_2:2		
26							G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1		
27							G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1		
28							G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1		
29							G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1		
30							G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1		
31							G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1		
32							G_3:3	G_3:3	G_1:1	G_2:2		
33							G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1		
34							G_3:3	G_3:3	G_2:2	G_1:1		
35							G_3:3	G_3:3	G_1:1	G_2:2		
36							G_3:3	G_3:3	G_1:1	G_2:2		
37							G_3:3	G_3:3	G_1:1	G_2:2		
38							G_3:3	G_3:3	G_1:1	G_2:2		

Resultados del Análisis Discriminante Múltiple: Abundancia relativa vs parámetros ambientales (UEYATL-I)

Discriminant Function Analysis Summary (Spreadsheet2)						
Step 8, N of vars in model: 2; Grouping: Grupos (4 grps)						
Wilks' Lambda: .09484 approx. F (6,62)=23,221 p< .0000						
N=36	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F-remove (3,31)	p-value	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
N-NH4	0,230026	0,412295	14,72965	0,000004	0,976605	0,023395
cél/L	0,404805	0,234282	33,77308	0,000000	0,976605	0,023395
Variables currently not in the model (Spreadsheet2)						
Df for all F-tests: 3,30						
N=36	Wilks' Lambda	Partial Lambda	F to enter	p-value	Toler.	1-Toler. (R-Sqr.)
° C	0,088454	0,932677	0,721824	0,546860	0,899286	0,100714
O2	0,093956	0,990693	0,093946	0,962800	0,973588	0,026412
N-NO3	0,084042	0,886163	1,284610	0,297593	0,895791	0,104209
Si-SiO2	0,093683	0,987813	0,123371	0,945582	0,984440	0,015560
UPS	0,083069	0,875905	1,416765	0,257225	0,904121	0,095879
N-NO2	0,079131	0,834375	1,985021	0,137441	0,929265	0,070735
Cl-a	0,073282	0,772706	2,941529	0,048993	0,961290	0,038710
P-PO4	0,062778	0,661944	5,107019	0,005656	0,750158	0,249842
Classification Matrix (Spreadsheet2)						
Rows: Observed classifications						
Columns: Predicted classifications						
Group	Percent Correct	G_1:1 p=,19444	G_2:2 p=,44444	G_3:3 p=,22222	G_4:4 p=,13889	
G 1:1	85,7143	6	1	0	0	
G 2:2	100,0000	0	16	0	0	
G 3:3	100,0000	0	0	8	0	
G 4:4	100,0000	0	0	0	5	
Total	97,2222	6	17	8	5	
Chi-Square Tests with Successive Roots Removed (Spreadsheet2)						
Roots Removed	Eigen-value	Canonicl R	Wilks' Lambda	Chi-Sqr.	df	p-value
0	3,347336	0,877482	0,094838	75,37857	6	0,000000
1	1,425450	0,766619	0,412295	28,35254	2	0,000001
Standardized Coefficients for Canonical Variables						
Variable	Root 1	Root 2				
N-NH4	0,00015	-1,01191				
cél/L	-1,00002	0,15463				
Eigenval	3,34734	1,42545				
Cum.Prop	0,70134	1,00000				

ANEXO 2

Relación de especies del género *Protopteridinium* presentes en la región central del Golfo de México. Campaña oceanográfica MARZEE-I. 1-35=estaciones muestreo, 1=presencia, 0=ausencia, S=sumatoria y Frec. Rel. %=Frecuencia Relativa.

Especies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	S	Frec.Rel %	
1 <i>Protopteridinium cassum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.86	
2 <i>Protopteridinium cerasus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.86
3 <i>Protopteridinium steinii</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5	14.29	
4 <i>Protopteridinium conicoides</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.86	
5 <i>Protopteridinium conicum</i>	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	9	25.71	
6 <i>Protopteridinium crassipes</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	12	34.29	
7 <i>Protopteridinium depressum</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	13	37.14	
8 <i>Protopteridinium divergens</i>	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	12	34.29		
9 <i>Protopteridinium excentricum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.86	
10 <i>Protopteridinium grande</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.86	
11 <i>Protopteridinium granii</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.86	
12 <i>Protopteridinium leonis</i>	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	20.00	
13 <i>Protopteridinium minutum</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.86	
14 <i>Protopteridinium mite</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.86	
15 <i>Protopteridinium obtusum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.86	
16 <i>Protopteridinium oceanicum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	11.43	
17 <i>Protopteridinium oviforme</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	8	22.86	
18 <i>Protopteridinium ovum</i>	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	17	48.57	
19 <i>Protopteridinium pentagonum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.86	
20 <i>Protopteridinium pellucidum</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	7	20.00		
21 <i>Protopteridinium pyriforme</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2.86	
22 <i>Protopteridinium quamerense</i>	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	8	22.86	
23 <i>Protopteridinium tuba</i>	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	5	14.29		
24 <i>Protopteridinium venustum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.86	
25 <i>Protopteridinium sp.1</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.86	
Total	14	11	1	5	3	2	3	1	5	5	2	3	2	3	4	3	1	1	2	2	6	5	5	2	2	2	2	1	1	3	7	8	1	1	2	1		

Relación de especies del género *Protoperidinium* presentes en la región central del Golfo de México. Campaña oceanográfica MARZEE-II. 1-25=estaciones muestreo, 1=presencia, 0=ausencia, S=sumatoria y Frec. Rel. %=Frecuencia Relativa

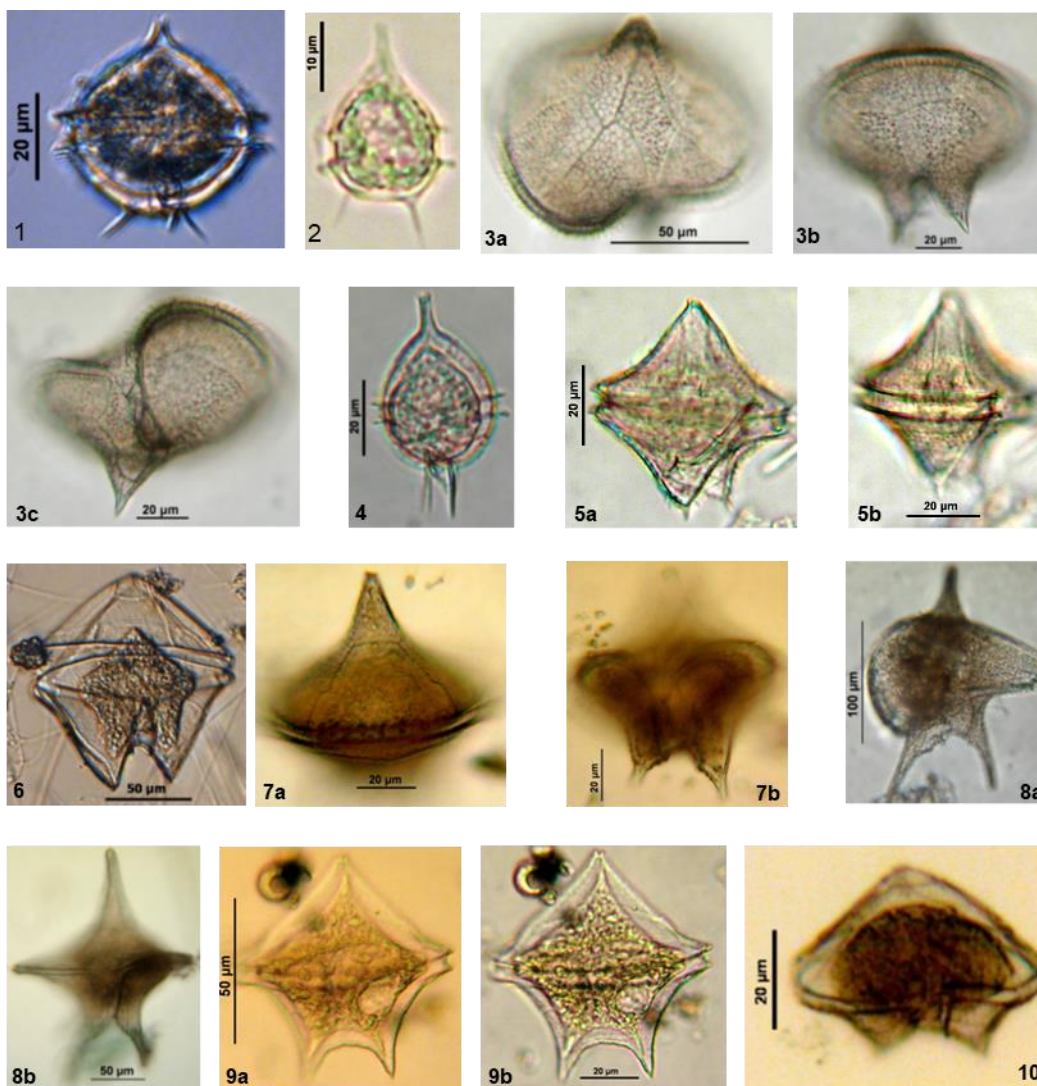
Especies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	S	Frec. Rel. %
1 <i>Protoperidinium bipes</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5	20.00
2 <i>Protoperidinium cassum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	4	16.00
3 <i>Protoperidinium conicum</i>	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	8	32.00
4 <i>Protoperidinium crassipes</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	8	32.00
5 <i>Protoperidinium depressum</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6	24.00
6 <i>Protoperidinium divergens</i>	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	6	24.00
7 <i>Protoperidinium elegans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	4.00
8 <i>Protoperidinium grande</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	4.00
9 <i>Protoperidinium leonis</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	16.00
10 <i>Protoperidinium oceanicum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	16.00
11 <i>Protoperidinium oviforme</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	4	16.00
12 <i>Protoperidinium ovum</i>	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	16	64.00
13 <i>Protoperidinium pellucidum</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	16.00
14 <i>Protoperidinium pentagonum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	3	12.00
15 <i>Protoperidinium pyriforme</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3	12.00
16 <i>Protoperidinium quamerense</i>	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	10	40.00
17 <i>Protoperidinium steinii</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	4	16.00
18 <i>Protoperidinium tuba</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	12.00
19 <i>Protoperidinium venustum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.00
20 <i>Protoperidinium sp.1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4.00
21 <i>Protoperidinium sp.2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	4.00
22 <i>Protoperidinium sp.3</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	4.00
Total	12	6	5	5	2	1	4	1	3	1	2	4	2	3	5	1	5	8	1	1	13	5	4	3	1		

Relación de especies del género *Protoperidinium* presentes en la región central del Golfo de México. Campaña oceanográfica UEYATL-I. 1-43= estaciones muestreo, 1=presencia, 0=ausencia, S=sumatoria y Frec. Rel. %= Frecuencia Relativa.

Especies	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	41	43	S	Frec.rel. %
1 <i>Protoperidinium cf. acutum</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4.88	
2 <i>Protoperidinium bipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	17.07
3 <i>Protoperidinium cassum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	12	29.27	
4 <i>Protoperidinium cf. claudicans</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	7	17.07
5 <i>Protoperidinium conicoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	14.63
6 <i>Protoperidinium conicum</i>	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	18	43.90
7 <i>Protoperidinium corniculum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	14.63	
8 <i>Protoperidinium crassipes</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9.76	
9 <i>Protoperidinium depressum</i>	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	7	17.07	
10 <i>Protoperidinium divergens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.44	
11 <i>Protoperidinium elegans</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	7.32	
12 <i>Protoperidinium cf. hirobis</i>	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	11	26.83	
13 <i>Protoperidinium latissimum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	7	17.07	
14 <i>Protoperidinium cf. latispinum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9.76	
15 <i>Protoperidinium leonis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2.44	
16 <i>Protoperidinium munobis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7.32	
17 <i>Protoperidinium obtusum</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4.88	
18 <i>Protoperidinium oceanicum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7.32	
19 <i>Protoperidinium oviforme</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.44	
20 <i>Protoperidinium ovum</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	7	17.07	
21 <i>Protoperidinium pellucidum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2.44
22 <i>Protoperidinium pentagonum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	4.88	
23 <i>Protoperidinium punctulatum</i>	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	26.83	
24 <i>Protoperidinium pyriforme</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	24	58.54	
25 <i>Protoperidinium quamerense</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	4.88
26 <i>Protoperidinium steinii</i>	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	14.63	
27 <i>Protoperidinium subsphaericum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	7	17.07	
28 <i>Protoperidinium.tuba</i>	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	10	24.39	
29 <i>Protoperidinium venustum</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	14.63	
30 <i>Protoperidinium sp.1</i>	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	9.76		
31 <i>Protoperidinium sp.2</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4.88		
32 <i>Protoperidinium sp.3</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.44	
33 <i>Protoperidinium sp.4</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4.88		
34 <i>Protoperidinium sp.5</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2.44	
35 <i>Protoperidinium sp.6</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	12.20		
36 <i>Protoperidinium sp.7</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	12.20		
37 <i>Protoperidinium sp.8</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4.88		
38 <i>Protoperidinium sp.9</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2.44		
Total	12	7	3	3	2	7	9	8	7	6	6	4	3	6	5	3	8	3	9	9	5	8	2	6	7	6	1	3	1	4	5	6	2	1	7	6	2	5	2	4	1		

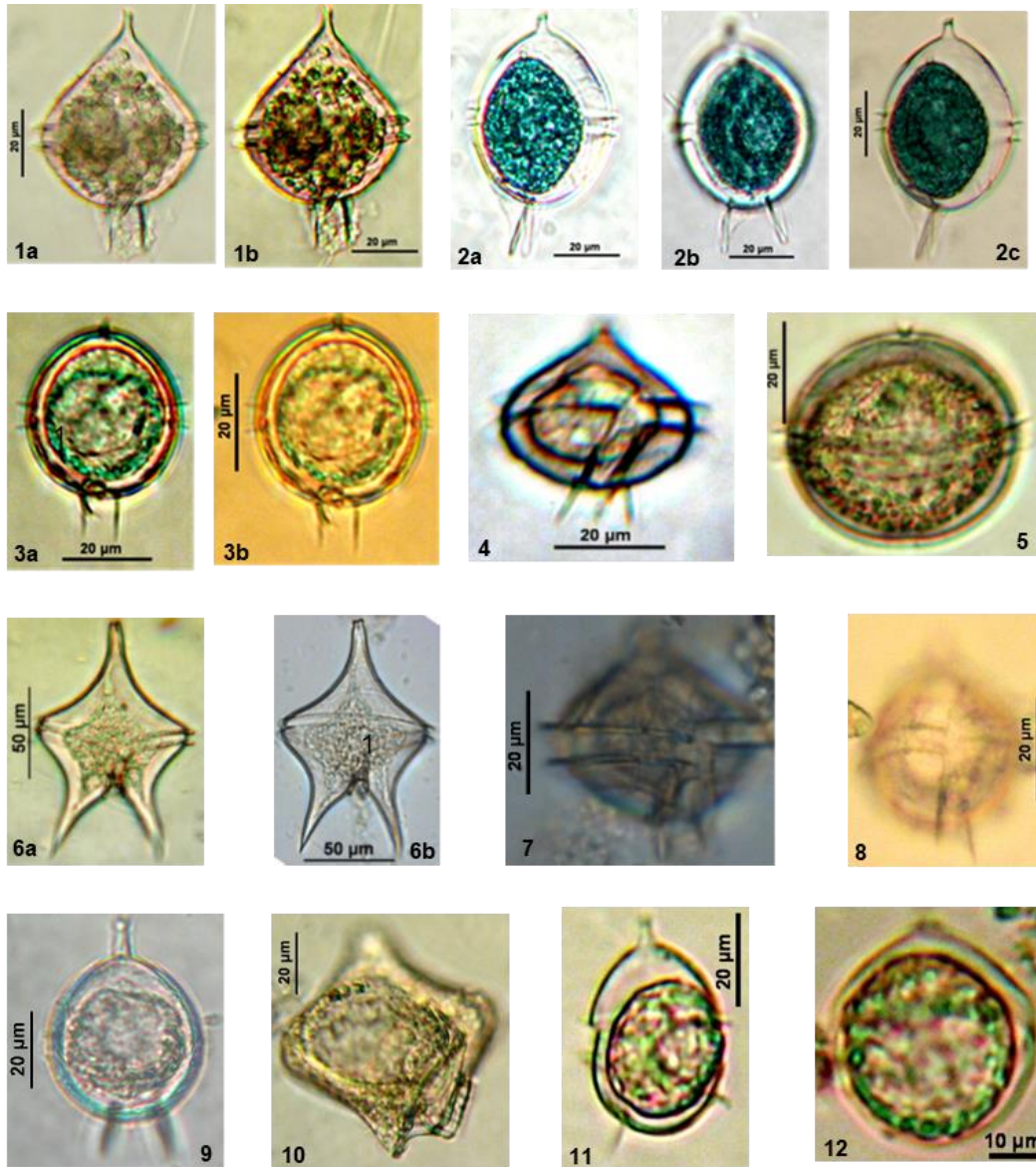
ANEXO 3

Lamina 1. Ejemplares observados bajo fotomicroscopio.



Lamina 1. Ejemplares observados bajo el fotomicroscopio: Fig.1. *Protoperidinium* cf. *acutum*; Fig. 2. *Protoperidinium* cf. *bipes*; Figs.3 a-c. *Protoperidinium crassipes*; Fig. 4. *Protoperidinium cassum*; Fig.5 a-b. *Protoperidinium conicoides*; Fig. 6. *Protoperidinium conicum*; Figs. 7 a-b. *Protoperidinium divergens*; Figs. 8 a-b. *Protoperidinium elegans*; Figs. 9 a-b. *Protoperidinium latissimum* y Fig. 10. *Protoperidinium leonis*.

Lamina 2. Ejemplares observados bajo fotomicroscopio.



Lamina 2. Ejemplares observados bajo el fotomicroscopio: Figs. 1 a-b. *Protoperidinium* cf. *latispinum*; Figs. 2 a-c. *Protoperidinium* *oviforme*; Figs. 3 a-b. *Protoperidinium* *ovum*; Fig. 4. *Protoperidinium* *pellucidum*; Fig. 5. *Protoperidinium* *quamerense*; Figs. 6 a-b. *Protoperidinium* *venustum*; Fig. 7. *Protoperidinium* sp. 1; Fig. 8. *Protoperidinium* sp. 3; Fig. 9. *Protoperidinium* sp. 4; Fig. 10. *Protoperidinium* sp. 5; Fig. 11. *Protoperidinium* sp. 6 y Fig. 12. *Protoperidinium* sp. 8.