

Informe final* del Proyecto HJ005
Biodiversidad del microfitoplancton marino en la zona económica exclusiva limítrofe del
Pacífico central mexicano

Responsable: Dr. David Uriel Hernández Becerril
Institución: Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Departamento de Ecología Marina
Laboratorio de Diversidad y Ecología del Fitoplancton Marino
Dirección: Circuito Exterior Ciudad Universitaria, Copilco Universidad, Coyoacán,
México, D.F. 04510
Correo electrónico: dhernand@cmarl.unam.mx
Teléfono/Fax: Oficina(55) 56 22 5819; (instituto) 5616 2745; Fax 5616 0748
Fecha de inicio: Noviembre 13, 2009
Fecha de término: Junio 6, 2012
Principales resultados: Base de datos, Fotografías, Informe final
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Hernández Becerril, D.U. y J. Salazar Paredes. 2012. Biodiversidad del microfitoplancton marino en la zona económica exclusiva limítrofe del Pacífico central mexicano. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. HJ005. México, D.F.**

Resumen:

Esta es una propuesta de investigación sobre una comunidad muy importante en el ambiente marino, el fitoplancton, compuesto por microalgas microscópicas de diferentes linajes y con capacidad de fotosíntesis, en su gran mayoría. La falta de conocimiento sobre esta comunidad en la zona económica exclusiva limítrofe del Pacífico central mexicano justifica plenamente la elaboración de estudios sobre biodiversidad del fitoplancton: la lejanía de esta zona he hecho difícil su acceso sistemático y dada la oportunidad de tener muestras de red y botella de fitoplancton, procedentes de un crucero oceanográfico reciente, consideramos llevar a cabo un estudio de los componentes principales del fitoplancton: diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados y cianofitas microplanctónicas. Contemplamos un promedio de 50 especies (o taxones) por muestra y un total de 150 especies (o taxones) identificadas, con cerca de 1000 registros en total. Se hará la lista completa de especies, un catálogo de las mismas, mapas de distribución y bases de datos confiables. Existen varios protocolos de estudio de los grupos taxonómicos considerados aquí, que incluyen uso de microscopía de luz y electrónica de barrido y transmisión, y se pretende también tener una pequeña colección de preparaciones permanentes (laminillas) para microscopio de luz.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

INFORME FINAL DE PROYECTO

Título del proyecto: HJ005 **“Biodiversidad del microfitoplancton marino en la zona económica exclusiva limítrofe del Pacífico central mexicano”**

David U. Hernández Becerril y Jessica Salazar Paredes

Laboratorio de Diversidad y Ecología del Fitoplancton Marino,
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología,
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Junio, 2011

Resumen

El fitoplancton marino es una comunidad muy importante en el ambiente pelágico y está compuesto por microalgas microscópicas de diferentes linajes y, en general, con capacidad de fotosíntesis, que cumple papeles ecológicos fundamentales. El conocimiento de la biodiversidad de esta comunidad en muchas zonas del país es muy pobre, especialmente en la zona económica exclusiva limítrofe del Pacífico central mexicano; la lejanía de esta zona ha hecho difícil su acceso sistemático y existen muy pocos antecedentes en la región. En este estudio aprovechamos la oportunidad de analizar muestras de fitoplancton de red procedentes de un crucero oceanográfico (“MIMAR VI”), llevado a cabo en el mes de febrero, 2009. Los grupos taxonómicos representados en dichas muestras son los componentes principales del microfitoplancton: diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados. Se identificaron un total de 172 taxones (especies y variedades), de los cuales encontramos 72 especies de diatomeas de 18 familias, 98 dinoflagelados de 16 familias y 2 silicoflagelados de una sola familia, e incluye 545 registros efectuados. Se hizo una lista completa de los taxones y una base de datos capturados en Biótica última versión. Los protocolos de estudios de los grupos taxonómicos considerados aquí incluyen uso de microscopía de luz y electrónica de barrido, y se cuenta con una colección de preparaciones permanentes para microscopio de luz. Como parte de estos resultados se consignan dos nuevos registros para esta zona: el dinoflagelado tecado *Centrodinium intermedium* y la diatomea *Chaetoceros pseudosymmetricus*.

Objetivos del proyecto

General:

Conocer y caracterizar la diversidad del fitoplancton marino en la zona económica exclusiva limítrofe del Pacífico central mexicano ($18^{\circ}30'$ - $19^{\circ}59'$ N, 113° - $118^{\circ}17'$ W).

Particular:

Determinar las especies constituyentes de los grupos: diatomeas (centrales y pennales), así como de dinoflagelados (desnudos y tecados) y silicoflagelados.

Introducción

El fitoplancton es la fracción vegetal del plancton, organismos que flotan y derivan en el ambiente pelágico, y está constituido por varios grupos heterogéneos de algas microscópicas, cuya talla varía desde los 2 μm hasta más de 1mm. Precisamente, de acuerdo a su tamaño, se han dividido en tres categorías: microplancton (mayor de 20 μm), nanoplancton (entre 2 y 20 μm) y picoplancton (menor de 2 μm) (Reynolds, 2006). Dentro del fitoplancton marino destacan las diatomeas (Bacillariophyta), los dinoflagelados (Dinophyta), los silicoflagelados (Dictyochophyceae), los coccolitofóridos (Haptophyta), como los grupos taxonómicos más comunes, diversos y abundantes. (Hernández-Becerril, 1993, 2003).

Las diatomeas constituyen el grupo más importante del fitoplancton debido a que contribuyen con cerca del 90% de la productividad de los ecosistemas acuáticos, aportando una biomasa considerable, y también debido a su gran diversidad de especies. Las especies presentan diferentes estrategias adaptativas, reflejadas en el desarrollo de múltiples estructuras para flotación o antipastoreo, ya sea formando cadenas o de manera solitaria. La taxonomía de este grupo se basa en dos aspectos principales: la simetría y las características de su pared celular silíceica. La pared se denomina frústula y se encuentra formada por dos partes que se unen como las piezas de una caja, que recibe el nombre de tecas, la teca superior se llama epitoca y la inferior hipoteca; su coloración es parda amarillenta o verdosa, debido a los cloroplastos que contienen clorofilas *a* y *c*, principalmente (Round *et al.*, 1990, Reynolds, 2006).

La frústula de las diatomeas presenta una serie de estructuras como procesos labiados y procesos reforzados, aréolas, estrías, poros, bandas, o bien presentan prolongaciones o proyecciones. También es común la presencia de estructuras accesorias o externas como membranas, espinas, setas e hilos quitinosos que sirven para la unión de las células en cadenas. En algunas especies de diatomeas con simetría bilateral existe una estructura central que recorre toda la célula denominada rafe (Round *et al.*, 1990)

Los dinoflagelados corresponden a un grupo del fitoplancton marino de carácter cosmopolita. También destacan por su alta diversidad de especies y a menudo altas densidades y biomasa, ya que muchas especies producen proliferaciones y pueden ser tóxicas. Cerca de mitad de especies actuales son fotosintéticas y la otra mitad son mixótrofas, o francamente heterótrofas. Sus características morfológicas y requerimientos nutritivos los hacen exitosos desde el punto de vista reproductivo y de crecimiento, en aguas tropicales, donde la estabilidad en la columna de agua es mayor y la concentración de nutrientes más baja. Se dividen en dos grandes grupos diferenciados por la presencia o ausencia de placas en su pared celular o anfrisma, de acuerdo a esta característica se les denomina tecados y atecados (o desnudos) respectivamente. La coloración de los dinoflagelados fotosintéticos puede ser parda, amarillenta o verdosa, por los cloroplastos que contienen clorofilas *a* y *c*, además de otros pigmentos accesorios (Fensome *et al.*, 1993).

La estructura celular de los dinoflagelados divide la célula en dos partes llamadas epitoma e hiposoma, ambas separadas por el cingulum, que corresponde a un surco transversal que rodea a toda la célula y que aloja al flagelo transversal (Fensome *et al.*, 1993). En el hiposoma y en posición ventral, se encuentra el sulcus, el cual corresponde a un surco longitudinal que aloja al flagelo longitudinal. En muchos dinoflagelados tecados la epitoca (epitoma con placas) se prolonga en un cuerno apical y la hipoteca (hiposoma con placas)

en dos cuernos antapicales, los cuales en algunas especies corresponden a espinas. La morfología de los atecados no es fácil de estudiar, ya que su condición de organismos desnudos hace difícil su preservación y análisis.

Los silicoflagelados son exclusivamente planctónicos y marinos, que muestran una diversidad de especies actual muy baja, con menos de 10 especies en todo el mundo. Son formas generalmente solitarias y móviles, que tienen un solo flagelo y un exoesqueleto de sílice, con numerosos cloroplastos amarillo-cafés (Thronsen, 1997). No son muy abundantes, aunque sí son comunes en zonas costeras y llegan a formar proliferaciones que dan coloraciones al agua.

Antecedentes

Los primeros trabajos sobre diatomeas y dinoflagelados planctónicos marinos en el Pacífico mexicano son los de Mann (1907) y Kofoid (1907), que incluyeron muestras de localidades cercanas a la presente zona de estudio. Más recientemente existe una cantidad de estudios sobre diatomeas y dinoflagelados del Pacífico mexicano, incluyendo el Golfo de California (Hernández-Becerril, 1988a, Licea *et al.*, 1995, Moreno, *et al.*, 1996, Gárate-Lizárraga y Verdugo-Díaz, 2007, Gárate-Lizárraga *et al.*, 2009); el Golfo de Tehuantepec (Hernández-Becerril, 1987, 1988b, 1998, 2000, Meave y Hernández-Becerril, 1998, Hernández-Becerril *et al.*, 2000, 2003, 2008). También se han llevado a cabo diferentes estudios de fitoplancton en zonas costeras de Jalisco, Colima y Michoacán (Bravo Sierra, 1999, Esqueda-Lara, 2003, Esqueda Lara *et al.*, 2005, Ceballos Corona, 2006), y de dinoflagelados en la Isla Isabel (Cortés Lara *et al.*, 2005).

Los trabajos de recopilación bibliográfica de Meave *et al.* (2003) y Okolodkov y Gárate-Lizárraga (2006) sobre diatomeas y dinoflagelados planctónicos del Pacífico central mexicano, respectivamente, no incluyen localidades en la zona de estudio propuesta. La diversidad del fitoplancton marino de México, examinada por Hernández-Becerril (2003) no consideró muchas zonas oceánicas, como la que es objeto para el presente estudio. Solo se han encontrado un antecedente directo en la zona de estudio, Bahía Azufre, Isla Clarión, con el trabajo exploratorio y preliminar de Zepeda-Esquivel *et al.* (2007), quienes analizaron muestras de fitoplancton y encontraron algunos hallazgos interesantes, como la presencia de una especie de dinoflagelados potencialmente tóxica, *Ostreopsis* sp.

Si bien es evidente que existe un número importante de estudios y trabajos sobre fitoplancton marino en el Pacífico central mexicano, la inmensa mayoría se han llevado a cabo en zonas muy costeras, mientras que para las zonas más oceánicas y alejadas de la costa hay muy pocos antecedentes. Hernández-Becerril (2003), ha mencionado que en México hay regiones geográficas con abundantes estudios de fitoplancton marino, como la región del Golfo de California, mientras que en otras zonas permanecen prácticamente desconocidas, como la zona económica exclusiva limítrofe del Pacífico central mexicano. Desde el punto de vista de la biodiversidad, los estudios florísticos y taxonómicos son necesarios en esta zona. La regionalización de las floras y especies planctónicas no puede hacerse de manera confiable si faltan estudios en regiones más oceánicas.

Área de estudio

La Zona Económica Exclusiva es un área situada más allá del mar territorial y comprende la provincia marina hasta las 200 millas náuticas (370.4 km) a partir de la línea de costa y en conjunto con la superficie del mar territorial la cual tiene una superficie de 2 946 825 km², los que sumados a los 2 000 000 km² de extensión continental, dan un total de 4 946 000 km² de superficie territorial nacional, este territorio incluye las islas oceánicas de Guadalupe, frente a la zona Noroeste de Baja California y el archipiélago de las Islas Revillagigedo, frente al estado de Colima.

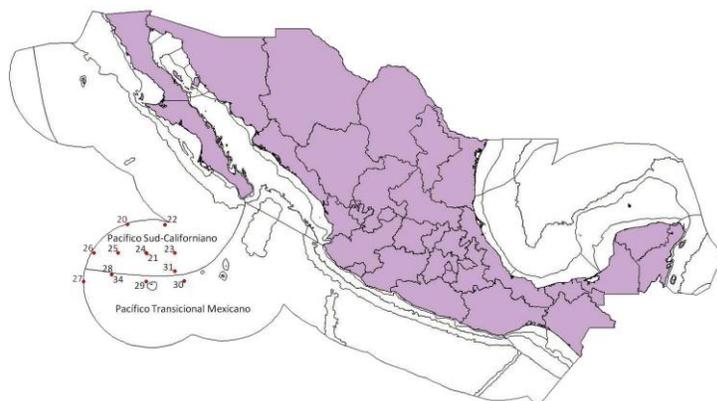
El Pacífico Mexicano cuenta con una batimetría muy variable: la máxima profundidad de la que se tiene registros se encuentra frente a las costas de Chiapas y Oaxaca, en la fosa de Tehuantepec, con más de 6000 m; más del 80% del fondo marino sobrepasa los 2000 m, 6% se ubica entre los 1000 y 2000 m, poco más de otro 6% entre 200 y 500 m, y sólo 6.5% a menos de 200 m. De norte a sur, las principales sub-placas de la placa Pacífico Oriental son Borderland, Guadalupe, Arrugado y la porción sur de Baja California, donde se localizan las fracturas de Molokai, la depresión de Liches, el sistema de fallas de Agua Blanca, San Andrés, Santo Tomás, Tosca, Alijos, Ulloa Calafia y Abanico de Magdalena. En el Golfo de California, que forma parte de la placa del Pacífico Oriental, se encuentran las fallas transformantes de las cuencas de Guaymas, Carmen, Farallón y Pescadero que conectan a esta placa con la zona del Rift y a esta última con la placa de Cocos. Esta zona se divide en seis subprovincias, tomando como base la situación geográfica de cada una de ellas, así como las características geológicas, climatológicas, biológicas e hidrológicas de las mismas.

Materiales y métodos

Trabajo de campo

La investigación fue llevada a cabo en la zona económica exclusiva limítrofe del Pacífico central mexicano donde se colectaron 10 muestras de fitoplancton, en 10 estaciones fijas de muestreo, durante el crucero oceanográfico "MIMAR VI" (Fig. 1), en el periodo del 11 al 26 de febrero, 2009. Cada una de las estaciones fue geo-referenciada con un Geoposicionador Garmin GPS MAP-172C de recepción satelital, y se hicieron hidrocalas con CTD y fluorímetro. Las muestras de fitoplancton fueron colectadas con una red de 54 µm de tamaño de poro, en arrastres verticales a una profundidad de 100 metros y fueron fijadas inmediatamente con formol a una concentración final de 4%.

Figura 1. Mapa de las estaciones Crucero Oceanográfico MIMAR VI.



Trabajo de laboratorio

Para el análisis de muestras en el laboratorio, se hizo la identificación de especies basándose en la morfología externa, una vez que se elaboraron preparaciones frescas de las muestras y, posteriormente, preparaciones permanentes, y se estudiaron por medio de microscopía de luz y electrónica de barrido. Complementariamente, se llevó a cabo la limpieza de las diatomeas utilizando el método de Simonsen (1974). Este método consiste en enjuagar la muestra con agua destilada 6 veces, por medio de centrifugación (1500 rpm, durante 5 minutos) con el fin de remover tanto la sal del agua como el fijador, agregar permanganato de potasio y dejar por un periodo de 24 hrs, adicionar ácido clorhídrico concentrado en proporción 1:1, calentar la solución suavemente con una lámpara de alcohol hasta que adquiera una tonalidad verde olivo, y finalmente enjuagar la muestra como al inicio. Una vez que el material estuvo completamente tratado se hicieron preparaciones permanentes en Naphrax, y se procedió a su observación en los microscopios de luz (ML) (equipo Carl Zeiss número de serie 661455). Para la observación en el microscopio electrónico de barrido (MEB) (equipo JEOL JSM6360LV, operado a 20 kv), se montaron gotas de la muestra enjuagada en cubreobjetos, que se dejaron secar a temperatura ambiente para su posterior metalización con oro y observación.

Para la clasificación de los dinoflagelados se siguieron las propuestas de Fensome *et al.* (1993) y para lograr la identificación de los taxones de dinoflagelados se consultaron las obras de Balech (1988), Steidinger y Tangen (1997) y Esqueda-Lara y Hernández-Becerril (2010); en cuanto a la clasificación de diatomeas se consultó la literatura de Round *et al.* (1990) y para su identificación se utilizó básicamente la guía de Hasle y Syvertsen (1997).

Resultados

En la zona económica exclusiva limítrofe del Pacífico central mexicano se identificaron 172 taxones de las cuales se hace entrega de 545 registros de especies de fitoplancton en la base del proyecto HJ005 de CONABIO, de las cuales se ilustraron 115 entre especies y variedades, 72 especies son de diatomeas de 18 familias (*Asterolampraceae*, *Heliopeltaceae*, *Hemidiscaceae*, *Chaetocerotaceae*, *Hemiaulaceae*, *Climacospheniaceae*, *Coscinodiscaceae*, *Bellerucheaceae*, *Bacillariaceae*, *Diploneidaceae*, *Rhizosoleniaceae*,

Naviculaceae, Hemiaulacaceae, Paraliaceae, Triceratiaceae, Thalassiosiraceae, Streptothecaceae, Thalassionemataceae), 98 son dinoflagelados de 16 familias (*Dinophysiaceae, Centrodiniaceae, Ceratocorythaceae, Ceratiaceae, Heterodiniaceae, Oxytoxaceae, Gonyaulacaceae, Goniodomataceae, Pyrocystysaceae, Protoperidiniaceae, Pyrophacaceae, Amphisoleniaceae, Podolampadaceae, Prorocentraceae*) y 2 son silicoflagelados de la familia *Dictyochaceae*.

Los taxones más diversos dentro del grupo de los dinoflagelados fueron de los géneros *Ceratium, Dinophysis, Ornithocercus* y *Protoperidinium.*, mientras que dentro de las diatomeas, los géneros más diversos fueron: *Asteromphalus, Chaetoceros* y *Coscinodiscus*, aunque la especie más representativa y que se encontró en todas las estaciones es la diatomea tropical *Planktoniella sol.* Como parte de los resultados se consignan dos nuevos registros para esta zona, el dinoflagelados tecado *Centrodinium intermedium* y la diatomea formadora de cadenas *Chaetoceros pseudosymmetricus*.

Adicionalmente, se elaboraron 60 preparaciones permanentes, y se tomaron un estimado de 300 fotografías en total (ML y MEB), de las cuales se integraron 172 a la base de datos Biótica 5.0.

Discusión

No existe un número considerable de estudios sobre el fitoplancton en el Pacífico mexicano y en la actualidad se han incrementado estos trabajos, todos ellos se han llevado a cabo en zonas muy costeras de Jalisco, Colima y Michoacán (Bravo-Sierra, 1999, Esqueda-Lara, 2003, Esqueda-Lara *et al.*, 2005, Ceballos Corona, 2006), sobre diatomeas y dinoflagelados planctónicos del Pacífico central mexicano, y aunque en estos trabajos no incluyen localidades en la zona de estudio son antecedentes para la presente investigación.

Si hacemos una comparación de los resultados obtenidos en el primer trabajo exploratorio de Zepeda *et al.* (2007) llevado a cabo en la zona de estudio, Bahía de azufre, Isla Clarión, donde en su análisis de fitoplancton informan la aparición de una especie tóxica de dinoflagelados, *Ostreopsis* sp., y la especie más representativa de las diatomeas fue *Planktoniella sol.*, con los resultados obtenidos en este estudio coincidimos en que la especie más representativa de las diatomeas para la Zona económica exclusiva limítrofe del Pacífico mexicano es *Planktoniella sol.*

El objetivo principal de “Conocer y caracterizar la diversidad del fitoplancton marino en la zona económica exclusiva limítrofe del Pacífico central mexicano” se ha cumplido satisfactoriamente, ya que el desarrollo de este estudio ha permitido el reconocimiento de más de 150 especies (o taxones), propuesta original, pero en los resultados este número fue superado, pues se reconocieron 172 especies. Sin embargo el reconocimiento del número de especies de diatomeas comprometidas en este proyecto no fue alcanzado, ya que la diversidad de éstas fue menor a la esperada. Con respecto a los dinoflagelados, el número de familias es menor a las comprometidas pero en géneros se supera a lo comprometido, mientras que el grupo de silicoflagelados estuvo representado por una sola familia y 1 género.

El número de especies identificadas (172) no se considera una cifra alta, principalmente porque en todo el Pacífico mexicano se han registrado totales de 864 diatomeas y 605 dinoflagelados (Meave *et al.*, 2003, Okolodkov y Gárate-Lizárraga, 2006). No todas estas especies registradas son planctónicas, ya que muchas diatomeas son ticoplanctónicas. Las

floras planctónicas del Golfo de Tehuantepec han listado 250 taxa de diatomeas y dinoflagelados (Meave y Hernández-Becerril, 1998), mientras que en el Golfo de California se han registrado 270 dinoflagelados (Licea *et al.*, 1995) y 418 de diatomeas (Moreno *et al.*, 1996). En otros estudios más recientes, en el Pacífico central mexicano, se han reconocido 211 taxones solamente del grupo de los dinoflagelados (Esqueda-Lara y Hernández-Becerril, 2010), y los registros de la composición del fitoplancton marino en un crucero oceanográfico en 2009, también en el Pacífico central mexicano, indican un total de 56 diatomeas y 44 dinoflagelados (Uribe-Hernández *et al.*, 2011).

Comparativamente, podemos decir que el número de taxones (especies y variedades) encontradas en este estudio, es menor que en los dos golfos y otras regiones del Pacífico mexicano, pero que aquí solo hemos analizado muestras de una campaña puntual, en una sola época climática, y se debería contemplar más colectas en diferentes épocas climáticas. Adicionalmente, la relativa baja diversidad encontrada en este estudio puede también deberse a la naturaleza misma del sistema estudiado, que se supone es oligotrófico (pobre en nutrientes y usualmente caliente y tropical), con poca diversidad de especies. Sin embargo, los reportes de nuevos registros de especies de diatomeas y dinoflagelados para la Zona Económica Exclusiva limítrofe del Pacífico central mexicano son prueba de la necesidad de continuar realizando estudios florísticos en la zona.

Conclusiones

- Se identificó un total de 172 taxones de diatomeas, dinoflagelados y silicoflagelados, incluyendo especies y variedades, de 35 familias (16 familias y 19 géneros, para diatomeas, y 18 familias y 32 géneros para dinoflagelados, y 1 familia y un género para silicoflagelados) para la Zona Económica Exclusiva del Pacífico central mexicano, con un total de 545 registros.
- La especie más representativa y ampliamente distribuida en este estudio fue la diatomea tropical *Planktoniella sol.*
- La diatomea formadora de cadenas *Chaetoceros pseudosymmetricum* y el dinoflagelado tecado *Centrodinium intermedium* son reportados por primera vez en esta zona y en el Pacífico mexicano.
- La baja diversidad de fitoplancton reportada con respecto a zonas relacionadas del Pacífico, Golfo de Tehuantepec, Golfo de California y parte central del Pacífico mexicano, se puede deber a que el material estudiado proviene de un solo crucero y una época climática, mientras que las otras listas provienen de varios cruceros o colectas puntuales en épocas distintas.
- Los resultados se consideran satisfactorios, en términos de identificación de especies, géneros y familias, ya que supera en mucho las expectativas originales del proyecto.

Literatura citada

- Balech, E., 1988. *Los dinoflagelados del Atlántico Sudoccidental*. Publicación Especial del Instituto de Oceanografía de España, Madrid, 219p.
- Bravo-Sierra, E., 1999. *Composición del fitoplancton de red en Bahía de Banderas, México, 1990-1991*. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 104p.
- Ceballos-Corona, J.G.A., 2006. *Análisis de los dinoflagelados potencialmente nocivos en el fitoplancton de la zona nerítica de la costa michoacana (enero-mayo, 2004)*. Tesis de Maestría, Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, Morelia, 165p.
- Cortés Lara, M.C., R Cortés-Altamirano y A. Sierra-Beltrán, 2005. *Ostreopsis siamensis* (Dinophyceae) a new tycho planktonic record from Isabel Island National Park, Pacific Mexico. *Harmful Algae News* 28: 4-5.
- Esqueda-Lara, K., 2003. *Fitoplancton de red del litoral de Jalisco y Colima en el ciclo anual 2001-2002*. Tesis de Licenciatura, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, 112p.
- Esqueda-Lara, K. y D.U. Hernández-Becerril, 2010. *Dinoflagelados microplánctonicos marinos del Pacífico central de México* (Isla Isabel, Nayarit y costas de Jalisco y Colima). México, 206p.
- Esqueda-Lara, K., D.U. Hernández-Becerril y E.G. Robles-Jarero, 2005. Annual cycle of phytoplankton from the coasts of the tropical Mexican Pacific. *Cahiers de Biologie Marine* 46: 335-345.
- Fensome, R.A., J.R. Taylor, G. Norris, W.A.S. Sarjeant, D. I. Wharton y G. L. Williams, 1993. *A classification of living and fossil dinoflagellates*. Micropalaeontology special Publication No 7 Sheridan Press, Hanover, 351p.
- Gárate-Lizárraga, I. y G. Verdugo-Díaz. 2007. Nuevos registros de dinoflagelados desnudos para el Golfo de California, Mexico. *Oceánides* 22: 37-43.
- Gárate-Lizárraga, I., C.J. Band-Schmidt, F. Aguirre Bahena y T. Grayeb-del Alamo. 2009. A multi-species microalgae bloom in Bahía de La Paz, Gulf of California, Mexico (June 2008). *Oceánides* 24: 15-29.
- Hasle, G. R. y E. E. Syvertsen, 1997. Diatoms. Pp. 5-385. In: Tomas, C. R. (Ed.), *Identifying Marine Phytoplankton*. Academic Press, San Diego, 858 p.
- Hernández-Becerril, D.U. 1987. Especies de fitoplancton tropical del Pacífico Mexicano. I. Diatomeas y silicoflagelados. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 29 (4): 415-426.
- Hernández-Becerril, D.U., 1988a. Planktonic dinoflagellates (except *Ceratium* and *Protoperidinium*) from the Gulf of California and off the coasts of Baja California. *Botanica Marina* 31: 423-435.
- Hernández-Becerril, D.U., 1988b. Especies de fitoplancton tropical del Pacífico Mexicano. II. Dinoflagelados y cianobacterias. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 30: 187-196.
- Hernández-Becerril, D.U., 1993. Fitoplancton Marino en México. pp 39-53 In: *Biodiversidad Marina y Costera de México*. S.I. Salazar Vallejo y N.E. González (eds.). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, 865 pp.

- Hernández-Becerril, D.U., 1998. Species of the planktonic diatom *Pseudo-nitzschia* of the Pacific coasts of Mexico. *Hydrobiologia* 379: 77-84.
- Hernández-Becerril, D.U., 2000. Morfología y taxonomía de algunas de las especies de diatomeas del género *Coscinodiscus* de las costas del Pacífico mexicano. *Revista de Biología Tropical* 48: 7-18.
- Hernández-Becerril, D.U., 2003. *La diversidad del fitoplancton marino de México: un acercamiento actual*. Pp. 1-17. In: Barreiro M.T., M.E. Meave, M. Signoret y M.G. Figueroa (Eds), *Planctología Mexicana*. Sociedad Mexicana de Planctología (SOMPAC), Universidad Autónoma Metropolitana: México, México, D.F., 284p.
- Hernández-Becerril, D.U., J.G.A. Ceballos-Corona, K. Esqueda-Lara, M.A. Tovar-Salazar y D. León-Álvarez, 2008. Marine planktonic dinoflagellates of the order Dinophysiales (Dinophyta) from coasts of the tropical Mexican Pacific, including two new species of the genus *Amphisolenia*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 8: 1-15.
- Hernández-Becerril, D.U., R. Cortés Altamirano y R. Alonso-Rodríguez, 2000. The dinoflagellate genus *Prorocentrum* along the coasts of the Mexican Pacific. *Hydrobiologia* 418: 111-121.
- Hernández-Becerril, D.U., M.E. Meave del Castillo & C. Flores-Granados. 2003. Dinoflagelados del Orden Dinophysiales en las costas mexicanas. pp. 19-42. En: Barreiro, M.T., Meave, M.E., Signoret, M. & Figueroa, M.G. (Eds.). *Planctología Mexicana*. Sociedad Mexicana de Planctología (SOMPAC) y Universidad Autónoma Metropolitana.
- Kofoid C.A. 1907. Reports of the scientific results of the expedition to eastern tropical Pacific, in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. Fish Commission Steamer "Albatross", from October, 1904, to March, 1905, Liut. Commander L.M. Garret, U.S.N., commanding. IX. New species of dinoflagellates. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College* 50 (6): 162-207, 17 pls.
- Licea, S., J.L. Moreno, H. Santoyo y G. Figueroa, 1995. *Dinoflageladas del Golfo de California*. UABCS, SEP-FOMES y PROMARCO, 165p.
- Mann, A. 1907. Report on the diatoms of the "Albatros" voyages in the Pacific Ocean, 1888-1904. *Contrib. U.S. Nat. Herb., Smithsonian Inst., U.S. Nat Mus. Wash.* 10: 220-419.
- Meave del C., M.E. y D.U. Hernández-Becerril, 1998. Fitoplancton. 59-74 pp. In: M. Tapia-García (Ed.), *El Golfo de Tehuantepec: El Ecosistema y sus Recursos* Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa: México, D. F., 239 p.
- Meave del Castillo, M.E., M.E. Zamudio-Reséndiz, J. Aké-Castillo, S.L. Guerra-Martínez y I.F. Barbosa-Ledezma, 2003. Biodiversidad de diatomeas (Bacillariophyta) en la columna de agua del Pacífico mexicano. In: Barreiro, M.T., M.E. Meave, M. Signoret y M.G. Figueroa (eds): *Planctología Mexicana*: 43-84. Sociedad Mexicana de Planctología (SOMPAC) y Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F., México.
- Moreno, J.L., S. Licea y H. Santoyo, 1996. *Diatomeas del Golfo de California*. Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), Mexico.

- Okolodkov, Y. y I. Gárate-Lizárraga, 2006. An annotated checklist of Dinoflagellates (Dinophyceae) from the Mexican Pacific. *Acta Botánica Mexicana* 74: 1-154.
- Reynolds, C.S. 2006. *Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press. 535pp.
- Round F. E., Crawford, R. M. and Mann, D.G, 1990. *The Diatoms biology and morphology of the genera*. Cambridge, U.K., 747p.
- Simonsen, R. 1974. The diatom plankton of the Indian Ocean Expedition of R/V "Meteor". *"Meteor" Forschungsergebnisse, Reihe D* 19: 1-107.
- Steidinger, K.A. y K. Tangen, 1997. Dinoflagellates. Pp. 387-584. In: Tomas, C. R. (Ed.), *Identifying Marine Phytoplankton*, Academic Press, San Diego, 858p.
- Throndsen J, 1997. The planktonic marine flagellates. Pp. 521-729. In: Tomas, C. R. (Ed.), *Identifying Marine Phytoplankton*, Academic Press, San Diego, 858 p.
- Uribe-Hernández, M., M.C. Rodríguez-Palacio, C. Lozano-Ramírez y D.U. Hernández-Becerril. 2011. Composición del fitoplancton de red del crucero oceanográfico "Marea R I", en el Pacífico Central Mexicano (25 marzo- 4 abril, 2009). In: Chávez-Comparán, J.C. & J. Mimbela-López (Eds.). *Avances Sobre Investigaciones Marinas y Acuícolas del Pacífico Central Mexicano*. Universidad de Colima.
- Zepeda-Esquivel, M.A., M.I. Reséndiz Flores y M. Vargas Montero. 2007. Identificación del dinoflagelado *Ostreopsis* sp. en la columna de agua de la Bahía Azufre en la Isla Clarión. Res. II Taller Flor. Algas Noc., Ensenada, B.C., 21-23 noviembre, 2007.