

Aké-Castillo, JA., & C.F. Rodríguez-Gómez. 2025. Diversidad fitoplanctónica en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México, p. 71-86. In: A. Granados-Barba, L.D. Ortiz-Lozano & A.L. Gutiérrez-Velázquez (eds.). Nuevo Conocimiento sobre el Corredor Arrecifal del suroeste del Golfo de México: Integrando los Ambientes Costeros. Universidad Autónoma de Campeche. 540 p. ISBN 978-607-8907-34-2. doi 10.26359/EPOMEX02202502.

Diversidad Fitoplanctónica en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México

José Antolín Aké-Castillo^{1,}
& Carlos Francisco Rodríguez-Gómez²*

¹Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías.
Universidad Veracruzana.
Boca del Río, Veracruz

²Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.
Universidad Veracruzana.
Tuxpan, Veracruz

*Autor de correspondencia: *aake@uv.mx*

Resumen

El Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México (CASGM) puede ser considerado como una región biogeográfica con una alta biodiversidad. El fitoplancton, componente autótrofo del plancton, puede ser utilizado como modelo para el estudio de la conectividad entre arrecifes. El objetivo de este trabajo fue desarrollar una primera aproximación a la biodiversidad fitoplanctónica del CASGM y establecer el grado de similitud entre arrecifes que lo constituyen. En 2023, se recolectaron muestras de fitoplancton en un arrecife de cada uno de los sistemas arrecifales: Lobos-Tuxpan (SALT; 28 de junio), Veracruzano (SAV; 1 de marzo) y arrecifes de los Tuxtlas (AT; 10 de marzo) utilizando redes de 30 μm , y se estudió la biodiversidad y la similitud entre arrecifes. Se determinó un total de 97 especies con el índice de similitud más bajo (índice de Simpson= 0.095) entre SALT y AT, y el índice más alto (índice de Simpson= 0.441) entre SAV y AT. Solo una especie estuvo compartida entre los tres arrecifes, la diatomea *Coscinodiscus perforatus*. Se registraron dos especies de dinoflagelados compartidas entre SALT y SAV (*Tripes fusus* y *T. macroceros*) y una especie entre SALT y AT (*Tripes muelleri*). Entre SAV y AT se registraron 14 especies en común. La riqueza de especies registrada se considera un valor moderado de la biodiversidad con respecto a la diversidad potencial que se espera encontrar en la región, y las especies que se registraron como compartidas entre arrecifes pueden ser un indicio de la conectividad entre los arrecifes del SALT, SAV y AT.

Palabras clave: conectividad, microalgas, similitud.

Abstract

The Southwestern Gulf of Mexico Reef Corridor (swGFC) can be considered a biogeographic unit of high biodiversity. Phytoplankton, an autotrophic component of plankton, can be used as a model for the study of connectivity between reefs. The objective of this work was to develop a first approach to the phytoplankton biodiversity of the swGFC and to establish the degree of similarity between its reefs. In 2023, phytoplankton samples were collected from three reef systems, the Lobos-Tuxpan (SALT; June 28), Veracruzano (SAV; March 1) and the Tuxtlas reefs (AT; March 10), using a 30 μm mesh net, and the species composition and similarity between reefs were studied. A total of 97 species were identified, with the lowest similarity index (Simpson's index=0.095) between SALT and AT and the highest value (Simpson's index=0.441) between SAV and AT. Only one species was shared among the three reefs, the diatom *Coscinodiscus perforatus*. Two dinoflagellate species were shared by SALT and SAV (*Tripes fusus* and *T. macroceros*) and one species between SALT and AT (*Tripes muelleri*). Between the SAV and AT, 14 species were shared. The species richness found was moderate relative to the potential richness expected in the study region, and the species shared among the reefs may be an indicator of connectivity between SALT, SAV and AT.

Keywords: connectivity, microalgae, similarity.

Introducción

El fitoplancton es el componente autótrofo de la comunidad planctónica, por lo que resulta vital en la trama trófica que determina la productividad de los ecosistemas acuáticos. El conocimiento sobre la composición y distribución de las especies que integran la fitocenosis, permite entender no solo funciones ecológicas básicas (*i.e.*, fijación de carbono, asimilación de nitrógeno y fósforo, diversidad funcional, servicios ambientales), sino también patrones biogeográficos con relevancia biológica e histórica (Reynolds, 2006). Estudiar la biodiversidad de los ecosistemas constituye un trabajo esencial para establecer líneas base de conocimiento.

El corredor arrecifal del Suroeste del Golfo de México (CASGM) incluye al Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT), al Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) y los arrecifes de los Tuxtlas (AT). Ortiz-Lozano *et al.* (2015) indican que bajo esta propuesta de regionalización se puede considerar al corredor como una región biogeográfica, cuyos componentes bióticos y abióticos interactúan entre sí.

Puesto que la misma naturaleza ecológica del plancton es derivar con las corrientes marinas, constituye un componente biológico que puede ser utilizado como modelo para establecer relaciones de conectividad a través de la similitud de comunidades entre diferentes sitios y su consistencia en el tiempo. En este sentido, el concepto actual de corredor (Van der Windt & Swart, 2008) puede ser utilizado como límite geográfico para el estudio de la similitud de los componentes de la comunidad del fitoplancton.

El conocimiento sobre la biodiversidad del fitoplancton marino en los arrecifes del

CASGM presenta un desbalance evidente por zonas. Existe escasa información que pertenece a la literatura gris para los arrecifes del SALT (Abad-Aguilar, 2015); suficiente información publicada en artículos, libros y capítulos de libro para el SAV (ver revisión en Rodríguez-Gómez *et al.*, 2015) y prácticamente no hay información para los AT.

En la plataforma continental de Tamaulipas-Veracruz, el patrón general de la circulación de las corrientes marinas se da hacia el sur de septiembre a marzo, y hacia el norte de mayo a agosto, siendo abril un mes de transición (Zavala-Hidalgo *et al.*, 2003). Por lo tanto, hay un constante flujo de agua pasando entre los diferentes arrecifes del corredor, que acarrea organismos planctónicos. Esto resulta relevante, ya que, tanto en ambientes costeros como en aguas abiertas, los patrones de circulación de corrientes han mostrado indicios de conectividad empleando a la comunidad planctónica como objeto de estudio (McKinnon *et al.*, 2015; Bendtsen *et al.*, 2023).

Si hay conectividad entre los arrecifes, entonces debería reflejarse en la similitud de componentes fitoplanctónicos de las comunidades de los arrecifes del norte, centro y sur de Veracruz, y con alta riqueza de especies en su totalidad. El objetivo de este trabajo fue desarrollar una primera aproximación a la biodiversidad fitoplanctónica del CASGM a partir del estudio directo de muestras biológicas y establecer el grado de similitud de la composición de especies que permita establecer una línea base utilizando a las microalgas planctónicas para el estudio de la conectividad entre los arrecifes.

Métodos

Diseño de muestreo

Para este estudio se buscó abordar la representatividad de los sistemas arrecifales que componen al CASGM: un arrecife del SALT, un

arrecife del SAV y un arrecife de AT. Se recolectaron muestras de fitoplancton en cada sistema arrecifal en 2023 (figura 1).

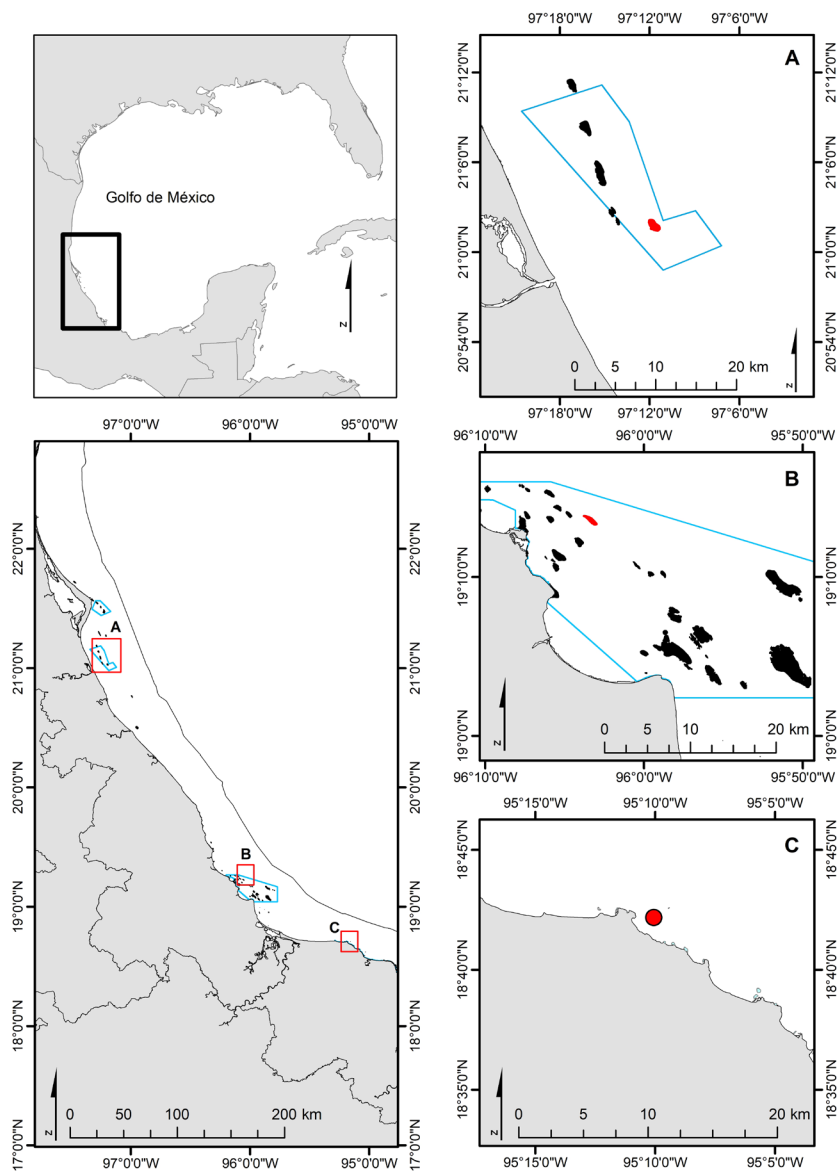


Figura 1. Área de estudio. A: Arrecife Tuxpan, Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan. B: Arrecife Anegada de Adentro, Sistema Arrecifal Veracruzano. C: Arrecife Roca Partida, Arrecifes de los Tuxtla. En A y B, la línea azul indica el polígono de área natural protegida.

Área de estudio

Arrecife Tuxpan (21°00'08" N y 97°10'11" W). Es un arrecife de plataforma emergente ubicado a una distancia de 11 km de la línea de costa, y hasta 24 m de profundidad. Presenta alta abundancia de los corales *Colpophyllia natans* (Houttuyn 1772), *Pseudodiploria strigosa* (Dana 1846) y *Orbicella annularis* (Ellis & Solander 1786) (Tunnell *et al.*, 2010; Jordán-Garza *et al.*, 2015). Fecha de colecta: el 28 de junio de 2023.

Arrecife Anegada de Adentro (19°13'35" N y 96°03'22" W). Es un arrecife de plataforma emergente ubicado a una distancia de 8 km de la línea de costa, y hasta 36 m de profundidad. Presenta alta abundancia de corales *Colpophyllia natans*, *Pseudodiploria strigosa* y *Acropora palmata* (Lamarck, 1816) (Tunnell *et al.*, 2010; Jordán-Garza *et al.*, 2015). Fecha de colecta: el 1 de marzo de 2023.

Arrecife Roca Partida (18° 42' 56" N y 95° 9' 43" O). Es un arrecife rocoso ubicado a 2.5 km de la línea de costa, y hasta 25 m de profundidad. Presenta los corales *Oculina tenella* Pourtalès 1871 *Leptoseris cuculata* (Ellis & Solander 1786), *Stephanocoenia michelini* Milne Edwards & Haime (1849) y *Cladocora arbuscula* (Le Sueur, 1820) (CONANP, 2018). Fecha de colecta: el 10 de marzo de 2023.

Colecta de fitoplancton

Se realizaron arrastres circulares y superficiales con una red de fitoplancton de 30 µm de apertura de malla, durante 10 minutos y a una velocidad de 2 nudos utilizando embarcaciones con motor fuera de borda. Las muestras de fitoplancton se fijaron con formaldehído a una concentración final del 4% y se transportaron a los laboratorios de Biología marina de la Facultad de Ciencias

Biológicas y Agropecuarias en la ciudad de Tuxpan, Veracruz, y al laboratorio de Ecología Experimental del Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías (ICIMAP) en la ciudad de Boca del Río, Veracruz, ambos pertenecientes a la Universidad Veracruzana.

Análisis de fitoplancton

Se realizaron preparaciones en fresco para la identificación de las especies utilizando microscopios compuestos y de contraste de fases (Motic B3 Professional series, UOP invertido DSZ5000X) haciendo observaciones en diferentes aumentos. Para las diatomeas, en los casos necesarios, se realizó la limpieza de frústulas (Hasle, 1978) y se montaron preparaciones permanentes en resina sintética. Para la determinación taxonómica se utilizó la siguiente literatura: Almazán-Becerril *et al.* (2016), Aké-Castillo *et al.* (2018), Okolodkov (2008, 2010, 2014), Esqueda-Lara & Hernández-Becerril (2010) y otra literatura más especializada según la dificultad en la identificación de especies.

Análisis de datos

Para determinar la similitud entre los arrecifes de acuerdo con la presencia y ausencia de las especies, se realizó un análisis de conglomerados utilizando la distancia Euclidiana; ello mediante el uso del software Statistica ver. 7 (StatSoft, 2004). Se calcularon los siguientes índices de similitud (Lennon *et al.*, 2001; Hammond & Pokorný 2020).

$$\text{Índice de Sørensen: } ISO = \frac{2c}{a+b+2c}$$

$$\text{Índice de Simpson: } ISi = \frac{c}{c+\min(a,b)}$$

Índice de Jaccard: $IJ = \frac{c}{a+b+c}$

En donde:

c = número de especies compartidas
entre dos sitios

a = número de especies exclusivas
del sitio 1

b = número de especies exclusivas
del sitio 2

$\min(a, b)$ = el valor más bajo entre
los dos sitios

Resultados

Se registraron 97 especies fitoplanctónicas en total, pertenecientes a las clases Bacillariophyceae (63), Dinophyceae (31) y Cyanophyceae (3) (tabla 1). En el arrecife Tuxpan se registraron 39 especies, en el arrecife Anegada de Adentro 42 especies y en el arrecife Roca Partida 35 especies.

Las especies compartidas en total, entre al menos dos de los arrecifes estudiados, fueron 18, donde destacan diatomeas centrales y dinoflagelados (tabla 1, figura 2). Se registró una especie compartida entre los tres sistemas arrecifales: *Coscinodiscus perforatus*. Además de esta especie, se registró un mayor número de especies compartidas (14) entre el arrecife del centro (SAV) y del sur (AT). El arrecife del norte (SALT) presentó además 3 especies compartidas con los otros arrecifes:

Tripos fusus y *T. macroceros* con Anegada de Adentro y *Tripos muelleri* con Roca Partida. Se registraron un total de 79 especies exclusivas distribuidas en los arrecifes: 35 para Tuxpan, 25 en Anegada de Adentro y 19 en Roca Partida.

El análisis de conglomerados mostró una similitud mayor entre el arrecife del centro y sur del CASGM, mientras que el arrecife del norte se identificó como un grupo separado, considerando la composición de especies (figura 3).

Se detectó una baja similitud entre los arrecifes, con los índices más bajos entre el norte y sur, y los más altos, con índices que indican un 25 a 45 % de similitud, entre el centro y sur (tabla 2).

Discusión

Hasta la fecha, el SAV constituye el área más estudiada con un reporte de 321 especies fitoplanctónicas registradas (Rodríguez-Gómez *et al.*, 2015). Este número constituye la línea base para poder comparar la riqueza de especies en la zona costera de Veracruz. Así, la riqueza para el CASGM registrada en este estudio representa el 30 % de las especies

que se tiene conocimiento de su existencia en la costa central de Veracruz. Si se toma en cuenta que este estudio se basó en un solo muestreo por arrecife, el porcentaje resulta ser alto, ya que no se considera la variación temporal relacionada con las estaciones del año en la región, ni la variación espacial intrínseca de cada sistema arrecifal. En aguas

Tabla 1. Lista de especies fitoplanctónicas registradas para el CASGM en este estudio. El 1 indica presencia y el 0 indica ausencia. En letra negrita se muestran las especies compartidas entre al menos dos sistemas arrecifales.

Especie	Tuxpan (SALT)	Anegada de Adentro (SAV)	Roca Partida (AT)
Bacillariophyceae			
Achnanthes brevipes Agardh 1824	1	0	0
<i>Bacillaria paxillifera</i> (O.F. Müller) T.Marsson 1901	1	0	0
<i>Biddulphia biddulphiana</i> (J.E. Smith) Boyer 1900	1	0	0
<i>Campylodiscus clypeus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg ex Kützing 1844	1	0	0
<i>Cerataulina pelágica</i> (Cleve) Hendey 1937	0	1	0
Chaetoceros affinis Lauder 1864	0	1	1
Chaetoceros coarctatus Lauder 1864	0	1	1
<i>Chaetoceros curvisetus</i> Cleve 1889	0	1	0
<i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve 1873	0	1	0
<i>Chaetoceros didymus</i> Ehrenberg 1845	0	1	0
<i>Chaetoceros diversus</i> Cleve 1873	0	1	0
<i>Chaetoceros lorenzianus</i> Grunow 1863	0	0	1
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightwell 1856	0	1	0
<i>Chaetoceros radicans</i> F. Schütt 1895	0	1	0
<i>Coscinodiscus concinnus</i> W. Smith 1856	0	1	0
<i>Coscinodiscus granii</i> L.F. Gough 1905	0	1	0
Coscinodiscus perforatus Ehrenberg 1844	1	1	1
<i>Coscinodiscus walesii</i> Gran & Angst 1931	0	0	1
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg 1840	0	1	0
<i>Diploneis cf. splendida</i> Cleve 1894	1	0	0
<i>Diploneis smithii</i> (Brébisson) Cleve 1894	1	0	0
<i>Diplopsalis lenticula</i> Bergh 1882	0	0	1
<i>Ditylum brightwellii</i> (T. West) Grunow 1885	0	1	0
<i>Gossleriella tropica</i> F. Schütt 1893	0	1	0
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützing 1844	1	0	0
<i>Grammatophora oceánica</i> Ehrenberg 1840	1	0	0
<i>Grammatophora undulata</i> Ehrenberg 1840	1	0	0
<i>Guinardia flaccida</i> (Castracane) H.Peragallo 1892	0	1	0
Guinardia striata (Stolterfoth) Hasle 1996	0	1	1
<i>Hemiaulus hauckii</i> Grunow ex Van Heurck 1882	1	0	0
Hemiaulus sinensis Greville 1865	0	1	1
Hemiaulus membranaceus Cleve 1873	0	1	1
<i>Isthmia nervosa</i> Kützing 1844	1	0	0
<i>Lampriscus shadboltianum</i> (Greville) H.Peragallo & M.Peragallo 1902	1	0	0
<i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve 1889	1	0	0
<i>Lioloma pacificum</i> (Cupp) Hasle 1996	0	1	0
<i>Lithodesmium undulatum</i> Ehrenberg 1839	0	0	1

Nuevo Conocimiento sobre el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México:
integrando los ambientes costeros

Tabla 1. Lista de especies fitoplanctónicas registradas para el CASGM en este estudio. El 1 indica presencia y el 0 indica ausencia. En letra negrita se muestran las especies compartidas entre al menos dos sistemas arrecifales.

Especie	Tuxpan (SALT)	Anegada de Adentro (SAV)	Roca Partida (AT)
<i>Mastogloia borneensis</i> Hustedt 1933	1	0	0
<i>Mastogloia citrus</i> Cleve 1883	1	0	0
<i>Mastogloia fimbriata</i> (T. Brightwell) Grunow 1863	1	0	0
<i>Meuniera membranacea</i> (Cleve) P.C. Silva 1996	0	0	1
<i>Navicula</i> sp. 1	1	0	0
<i>Navicula</i> sp. 2	1	0	0
<i>Navicula</i> sp. 3	1	0	0
<i>Neocalyptrella robusta</i> (G.Norman ex Ralfs) Hernández-Becerril & Meave 1997	0	1	1
<i>Nitzschia</i> sp.	1	0	0
<i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) C.Agardh 1832	1	0	0
<i>Palmerina bardmaniana</i> (Greville) G.R.Hasle 1996	0	1	1
<i>Plagiotropis lepidoptera</i> (W.Gregory) Kuntze 1898	1	0	0
<i>Pleurosigma normanii</i> Ralfs 1861	1	0	0
<i>Proboscia alata</i> (Brightwell) Sundström 1986	0	1	1
<i>Proboscia indica</i> (H.Peragallo) Hernández-Becerril 1995	0	1	0
<i>Pseudosolenia calcar-avis</i> (Schultze) B.G.Sundström 1986	0	1	0
<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kützing 1844	1	0	0
<i>Rhizosolenia acuminata</i> (H.Peragallo) H.Peragallo 1907	0	1	1
<i>Rhizosolenia castracanei</i> H.Peragallo 1888	0	0	1
<i>Rhizosolenia crassispina</i> J.L.B.Schröder 1906	0	1	0
<i>Rhizosolenia hialina</i> Ostefeld 1901	0	1	1
<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O.Müller 1895	1	0	0
<i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve, 1873	0	1	0
<i>Terpsinoë americana</i> (Bailey) Ralfs 1861	1	0	0
<i>Thalassionema frauenfeldii</i> (Grunow) Tempère & Peragallo 1910	0	0	1
<i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Mereschkowsky 1902	0	1	0
<i>Toxarium hennedyanum</i> (W.Gregory) Pelletan 1889	1	0	0
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère 2001	1	0	0
Dinophyceae			
<i>Blepharocysta splendor-maris</i> (Ehrenberg) F.Stein 1883	0	0	1
<i>Gonyaulax digitalis</i> (Pouchet) Kofoid 1911	1	0	0
<i>Gonyaulax polygramma</i> F.Stein 1883	0	1	0
<i>Cucumeridinium coeruleum</i> (Dogiel) F.Gómez, P.López-García, H.Takayama & D.Moreira 2015	0	0	1
<i>Phalacrocoma equalanti</i> (E. Balech) Y.B. Okolodkov 2014	0	1	1
<i>Protoberidinium brochii</i> (Kofoid & Swezy) Balech 1974	1	0	0
<i>Protoberidinium conicum</i> (Gran) Balech 1974	0	0	1
<i>Protoberidinium depressum</i> (Bailey) Balech 1974	0	0	1

Tabla 1. Lista de especies fitoplanctónicas registradas para el CASGM en este estudio. El 1 indica presencia y el 0 indica ausencia. En letra negra se muestran las especies compartidas entre al menos dos sistemas arrecifales.

Especie	Tuxpan (SALT)	Anegada de Adentro (SAV)	Roca Partida (AT)
<i>Protoperidinium obtusum</i> (Karsten) Parke & J.D.Dodge 1976	0	1	0
<i>Protoperidinium oceanicum</i> (Vanhöffen) Balech 1974	0	1	0
<i>Protoperidinium oviforme</i> (P.J.L.Dangeard) Balech 1974	0	0	1
<i>Protoperidinium pyrus</i> (Balech) Balech 1974	0	1	1
<i>Protoperidinium venustum</i> (Matzenauer) Balech 1974	0	0	1
<i>Pycocystis fusiformis</i> C.W.Thomson 1876	0	0	1
<i>Tripos candelabrum</i> (Ehrenberg) F.Gómez 2013	0	1	0
<i>Tripos carriensis</i> (Gourret) Hallegraef & Huisman 2013	0	0	1
<i>Tripos dens</i> (Ostenfeld & Johannes Schmidt) F.Gómez 2013	0	0	1
<i>Tripos extensus</i> (Gourret) F.Gómez 2021	0	0	1
<i>Tripos falcatus</i> (Kofoid) F.Gómez 2013	0	0	1
<i>Tripos furca</i> (Ehrenberg) F.Gómez 2013	0	1	1
<i>Tripos hircus</i> (Schröder) F.Gómez 2021	1	0	0
<i>Tripos fusus</i> (Ehrenberg) F.Gómez 2013	1	1	0
<i>Tripos humilis</i> (Jørgensen) F.Gómez 2013	0	1	0
<i>Tripos macroceros</i> (Ehrenberg) Hallegraef & Huisman 2020	1	1	0
<i>Tripos massiliensis f. armatus</i> F.Gómez 2013	0	1	1
<i>Tripos teres</i> F.Gómez 2013	0	1	0
<i>Tripos trichoceros</i> (Ehrenberg) F.Gómez 2013	1	0	0
<i>Tripos brevis</i> (Ostenfeld & Johannes Schmidt) F.Gómez 2021	1	0	0
<i>Tripos muelleri</i> Bory 1826	1	0	1
Cyanophyceae			
<i>Phormidium</i> sp.	1	0	0
<i>Trichodesmium erythraeum</i> Ehrenberg ex Gomont 1892	0	0	1
<i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont 1890	1	0	0

Tabla 2. Índices de similitud entre pares de sitios del CASGM.

Pares comparados	Especies		Índices de similitud		
	Únicas	Compartidas	Sørensen	Simpson	Jaccard
SALT - SAV	60	3	0.090	0.107	0.048
SALT - AT	54	2	0.069	0.095	0.036
SAV - AT	44	15	0.405	0.441	0.254

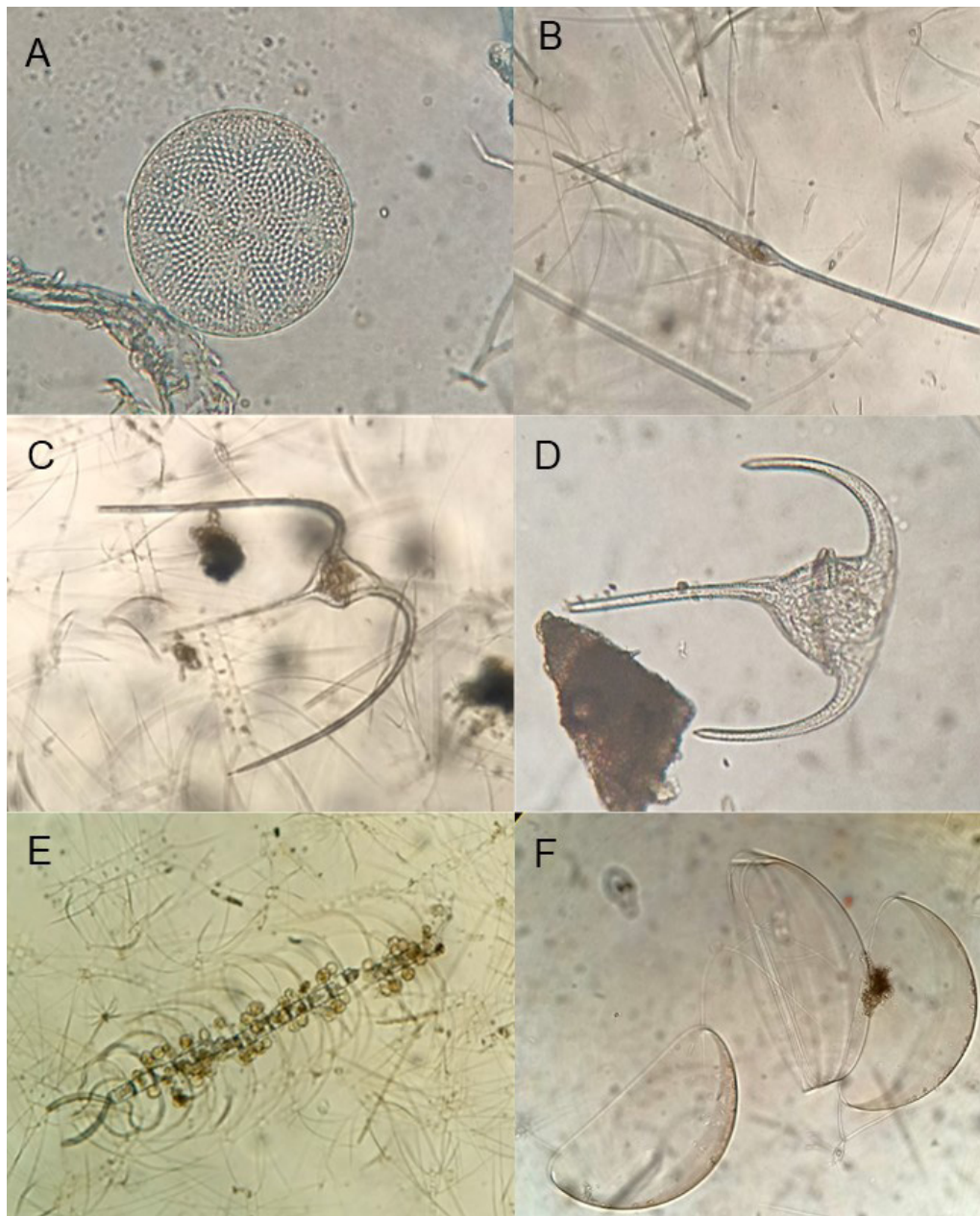


Figura 2. Algunas especies compartidas en los arrecifes del CASGM: SALT- AV-AT: A) *Coscinodiscus perforatus*; SALT-SAV: B) *Triplos fusus*, C) *Triplos macroceros*; c), SALT-AT D) *Triplos muelleri*; SAV-AT: E) *Chaetoceros coarctatus* en asociación con el ciliado *Vorticella oceanica*, F) *Palmerina hardmaniana*.

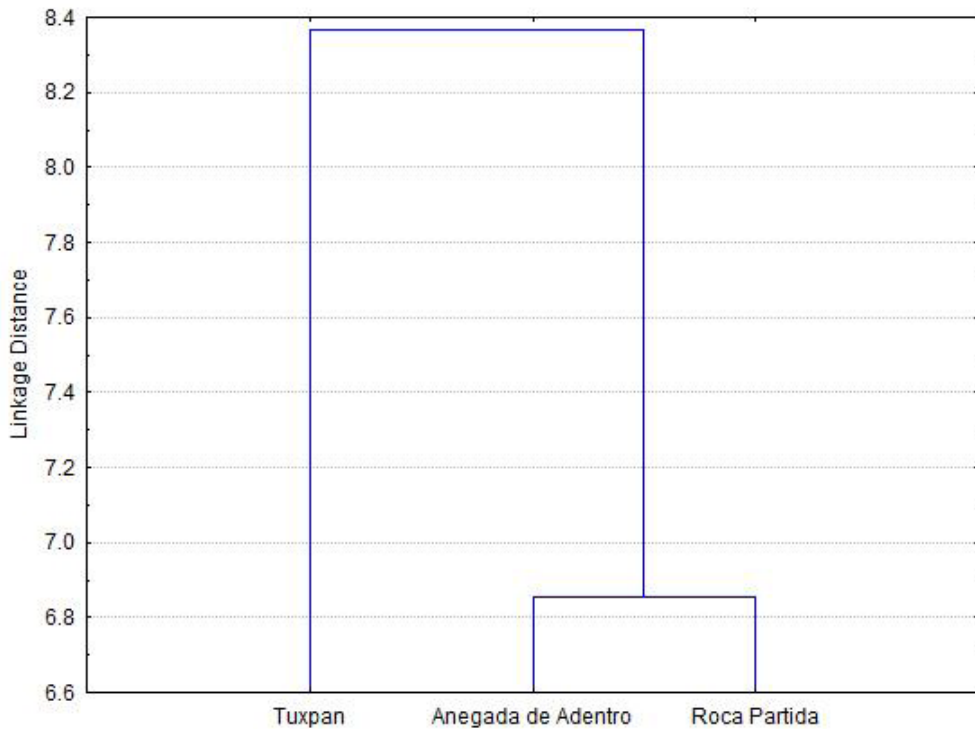


Figura 3. Análisis de conglomerado de los arrecifes del norte (SALT: Tuxpan), centro (SAV: Anegada de Adentro) y sur (AT: Roca Partida) del CASGM.

del noroeste de Australia, los efectos sobre la composición de especies planctónicas asociados con la estacionalidad son más fuertes que los relacionados con la variación espacial (McKinnon *et al.*, 2015). Esto sugiere que el aumento de muestras representativas de las estaciones del año en la región podría incluso rebasar la cifra de la riqueza de especies fitoplanctónicas reportada para el PNSAV.

El número de especies registrado por arrecife difiere entre 3 y 7 por lo que, de manera cualitativa, se puede decir que la riqueza de especies es similar entre arrecifes. En comparación con las especies reportadas en el PNSAV, las 39 especies reportadas para el arrecife Tuxpan representan el 12 % de esa diversidad, las 41 especies encontradas en

Anegada de Adentro representan el 13 %, y las 35 especies encontradas en el arrecife Roca Partida representan el 10 %.

En el arrecife Tuxpan se han registrado al menos 219 especies, de las cuales el 55.2 % pertenecen al grupo de diatomeas bentónicas, 16.4 % a las diatomeas planctónicas y 28.3 % a las diatomeas ticoplanctónicas (Abad-Aguilar, 2015). Considerando estos valores, las 39 especies aquí reportadas constituyen el 17.8 % de la riqueza reportada para este arrecife; sin embargo, se amplían los grupos taxonómicos reportados al incluir a los dinoflagelados y las cianobacterias.

Para los arrecifes Anegada de Adentro y Roca Partida no se tiene información específica de la composición de la comuni-

dad fitoplanctónica, por lo que este estudio constituye el primer reporte de la riqueza de especies para cada arrecife; sin embargo, Anegada de Adentro, en contraste con los otros dos arrecifes estudiados, pertenece al SAV donde se tiene un vasto conocimiento de la biodiversidad fitoplanctónica y ha formado parte de los sitios de estudio para diversos trabajos que han sido publicados (Okolodkov, 2008, 2010, 2014; Okolodkov *et al.*, 2011; Aké-Castillo *et al.*, 2018; Morales-Pulido & Aké-Castillo, 2019). El listado de especies del arrecife Roca Partida, como representante de los AT, constituye el primer reporte para este sistema arrecifal. La contribución de especies bentónicas en las muestras de plancton es importante en este tipo de ecosistemas, ya que las diatomeas, principalmente, ocupan un amplio hábitat como epífitas de macroalgas y pastos marinos. En el SAV, en los trabajos antes citados se registran varias diatomeas e incluso dinoflagelados bentónicos. Su presencia en el plancton (ticoplancton) puede reforzar la hipótesis de conectividad entre los sistemas arrecifales.

Aunque la similitud entre arrecifes fue baja, se muestra un indicio de una posible conectividad entre arrecifes debido a la presencia de especies en común y los resultados mostrados por los índices. Es importante señalar que el arrecife Tuxpan, que fue con el que se tuvo menor similitud, fue muestreado tres meses después que los arrecifes de Anegada de Adentro y Roca Partida, pero aun así se registraron algunos organismos compartidos. La diatomea *Coscinodiscus perforatus* estuvo presente en los tres arrecifes. Este género resulta relevante, ya que ha sido estudiado por Morales-Pulido & Aké-Castillo (2019) en el SAV y se tiene conocimiento

de la presencia de al menos ocho especies. Además, de acuerdo con Carstensen *et al.* (2015), este género forma parte de un grupo de especies clave por su capacidad de formar florecimientos algales en zonas costeras a nivel global; sin embargo, en la zona costera de Veracruz-Boca del Río no se han reportado florecimientos del mismo, pero sí de otras diatomeas (Rodríguez-Gómez *et al.*, 2020).

Los índices muestran una similitud muy baja (lo más alto fue 25 a 44 % dependiendo del índice) entre pares de arrecifes, y el arrecife Tuxpan difiere del grupo formado por el arrecife Anegada de Adentro y Roca Partida, siendo estos dos arrecifes más similares. Es importante hacer notar que la similitud entre el arrecife del SALT y los del centro y sur, además de la diatomea en común mencionada, fue por dinoflagelados del género *Tripes*. Esta posible conectividad podría estar asociada a la circulación de la región; sin embargo, la presencia del género *Tripes* también podría estar influenciada por el suministro desde aguas abiertas, como se ha reportado para las aguas del mar del Norte por Bendtsen *et al.* (2023), ya que este género es altamente diverso en varias regiones oceánicas.

Para muchas especies registradas en los tres arrecifes, se tiene conocimiento de su existencia en los tres sistemas arrecifales. Por ejemplo, aunque *Tripes muelleri* que se registró como especie compartida en los arrecifes Tuxpan-Roca Partida, también se encuentra en el SAV (Okolodkov, 2010); las cianobacterias del género *Trichodesmium* reportadas en los arrecifes del norte y sur, también se encuentran registrada en el SAV (Aké-Castillo *et al.*, 2019). Así, la amplia distribución de estas especies, aunque no coincidieron en los

muestreos de este estudio, indica que es necesario un mayor esfuerzo de muestreo. Por

lo tanto, la variabilidad temporal y espacial debe considerarse en estudios futuros.

Conclusiones

La biodiversidad fitoplanctónica registrada en este estudio, representa un valor moderado con respecto al potencial que se puede registrar para el CASGM.

La similitud encontrada entre los arrecifes del norte, centro y sur, a pesar de mostrar

índices relativamente bajos, indican que los arrecifes del centro y sur son más similares.

Las especies encontradas compartidas entre arrecifes pueden ser un indicio de la conectividad entre los arrecifes del SALT, SAV y AT.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo financiero de los proyectos: Fondo Institucional del CONACYT Ciencia de Frontera 2019 (clave 39553), “Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México: caracterización espacio temporal y establecimiento de procesos históricos evolutivos” a cargo del Dr. Leonardo D. Ortiz Lozano y la Dra. Ana L. Gutiérrez Velázquez;

y SIREI-UV “Prevalencia y microbioma en una epizootia de signos blancos en *Acropora palmata*” y *Orbicella annularis*” en el Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, Veracruz, México a cargo del Dr. Adán G. Jordán Garza. Ana L. Gutiérrez Velázquez ayudó con la elaboración del mapa de la zona de estudio.

Literatura citada

- Abad-Aguilar, I., 2015. Riqueza y sistemática de diatomeas bentónicas y planctónicas durante las estaciones otoño-invierno del arrecife Tuxpan, Veracruz, 2014-2015. Tesis de Licenciatura. Universidad Veracruzana. México. 108 pp.
- Aké-Castillo J.A., A. Almazán-Becerril, C.F. Rodríguez Gómez & E. García Mendoza, 2018. Catálogo de microalgas marinas de Veracruz. CICESE, México. 162 pp.
- Almazán-Becerril, A., J.A. Aké-Castillo, E. García-Mendoza, Y.A. Sánchez-Bravo, S. Escobar-Morales & F. Valadez-Cruz, 2016. Catálogo de microalgas de Bahía de Todos Santos, Baja California. CICESE, México. 132 pp.

- Bendtsen, J., L.L. Sørensen, N. Daugbjerg, N. Lundholm, & K. Richardson, 2023. Phytoplankton diversity explained by connectivity across a mesoscale frontal system in the open ocean. *Scientific Reports*, 13(1):12117.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2018. Estudio Previo Justificativo para la declaratoria del Área de Protección de Flora y Fauna Arrecifes de Los Tuxtlas. Comi-

- sión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 180 pp.
- Esqueda-Lara, K. & D.U. Hernández-Becerril, 2010. Dinoflagelados microplanctónicos marinos del pacífico central de México (Isla Isabel, Nayarit y costas de Jalisco y Colima). Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 206 pp.
- Hammond, M.E. & R. Pokorný, 2020. Diversity of tree species in gap regeneration under tropical moist semi-deciduous forest: an example from Bia Tano Forest Reserve. *Diversity*, 12:301. <https://doi.org/10.3390/d12080301>
- Hasle, G.R., 1978. Diatoms. pp. 136-142. In: A. Sournia (ed.). *Phytoplankton Manual*. UNESCO. París, Francia. 337 pp.
- Jordán-Garza A.G., E. Jordán-Dahlgren, E. Rodríguez-Martínez, R. Abeytia-Sánchez & S. Guendolain-García, 2015. Evaluación rápida de la condición de especies clave de corales escleractinios en arrecifes del golfo de México. Reporte final de proyecto. Coordinación General de Adaptación al Cambio Climático. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología Universidad Nacional Autónoma de México. México. 144 pp.
- Lennon, J.J., P. Koleff, J.J.D. Greenwood & K.J. Gaston, 2001. The geographical structure of British bird distributions: diversity, spatial turnover and scale. *Journal of Animal Ecology*, 70:966-979. <https://doi.org/10.1046/j.0021-8790.2001.00563.x>
- McKinnon, A.D., S. Duggan, D. Holliday & R. Brinkman, 2015. Plankton community structure and connectivity in the Kimberley-Browse region of NW Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 153:156-167.
- Morales-Pulido, J.M. & J.A. Aké-Castillo, 2019. *Coscinodiscus* y *Coscinodiscopsis* (Bacillariophyceae) del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, golfo de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90:e902790.
- 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
- Okolodkov Y.B., 2010. *Ceratium* Schrank (Dinophyceae) of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico, with a key for identification. *Acta Botanica Mexicana*, 93:41-101.
- Okolodkov Y.B., 2014. Dinophysiales (Dinophyceae) of the National of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico, with a key for identification. *Acta Botanica Mexicana*, 106:9-71.
- Okolodkov Y.B., J.A. Aké-Castillo, M.G. Gutiérrez-Quevedo, H. Pérez-España & D. Salas-Monreal, 2011. Annual cycle of the plankton biomass in the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, southwestern Gulf of Mexico. pp. 63-88. In: G. Kattel (ed.). *Zooplankton and phytoplankton: Types, characteristics and ecology*. Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, NY, USA. 228 pp.
- Ortiz-Lozano, L., A.L. Gutiérrez-Velázquez, A. Granados-Barba & C. González-Gándara, 2015. El Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México: retos y oportunidades para el manejo del Sistema Arrecifal Veracruzano. pp. 303-312. In: A. Granados-Barba, L. Ortiz-Lozano, D. Salas-Monreal & C. González-Gándara (eds.). *Aportes al conocimiento del Sistema Arrecifal Veracruzano: hacia el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México*. Universidad Autónoma de Campeche. México. 366 pp.
- Reynolds, C.S., 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press, USA. 535 pp.
- Rodríguez-Gómez C.F., J.A. Aké-Castillo, G. Campos-Bautista & Y.B. Okolodkov, 2015. Revisión del estudio del fitoplancton en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *E-Bios*, 2(8):178-191

- Rodríguez-Gómez C.F., G. Vázquez & J.A. Aké-Castillo, 2020. Condiciones fisicoquímicas en la columna de agua durante los florecimientos algales del suroeste del golfo de México (2016-2017). pp. 84-109. In: Pérez-Morales A., J.A. Aké-Castillo & C.A. Poot-Delgado (coordinadores). Investigaciones marinas en el golfo de México y mar Caribe mexicano. Universidad de Colima, México. 562 pp.
- StatSoft, Inc., 2004. STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.
- Tunnell, J.W., E.A. Chávez & K. Withers, 2010. *Arrecifes coralinos del Sur del Golfo de México*. Centro Interdisciplinario de Ciencias Mari-
nas, Instituto Politécnico Nacional. Versión en español Ernesto A. Chávez. México. 293 pp.
- Van Der Windt, H.J. & J.A.A. Swart, 2008. Ecological corridors, connecting science and politics: the case of the Green River in the Netherlands. *Journal of Applied Ecology*, 45:124-132. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01404.x>
- Zavala-Hidalgo, J., S.L. Morey & J.J. O'Brien, 2003. Seasonal circulation on the western shelf of the Gulf of Mexico using a high-resolution numerical model. *Journal of Geophysical Research*, 108(C12):3389. doi:10.1029/2003JC001879.

Nuevo Conocimiento sobre el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México:
integrando los ambientes costeros