

Macroalgas arrecifales del Pacífico Centro-Sur de México: Estado del arte

Reef macroalgae of the South-Central Pacific of Mexico: State of the art

Norma López¹, Hilda León-Tejera², Laura González-Reséndiz³, Carlos Candelaria¹, Pedro Ramírez-García⁴ y Dení Rodríguez⁵

Recibido: 07 de septiembre de 2022.

Aceptado: 23 de noviembre de 2022.

Publicado: diciembre de 2022.

RESUMEN

¹ Escuela Nacional de Estudios Superiores, Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México. Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta, Morelia, Michoacán, 58190. México

² Laboratorio de Ficología (Cyanoprokariota), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad 3000, Circuito Exterior S/N, Col. Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 04510. México

³ Departamento de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma Metropolitana- Cuajimalpa. Av. Vasco de Quiroga 4871, Col. Contadero, Cuajimalpa de Morelos, Ciudad de México, 05348. México

⁴ Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad 3000, Circuito Exterior S/N, Col. Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 04510. México

⁵ Laboratorio de Ficología (Biodiversidad Marina), Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Av. Universidad 3000, Circuito Exterior S/N, Col. Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 04510. México

***Corresponding author:**

Hilda León-Tejera: e-mail: hlt@ciencias.unam.mx

To quote as:

López, N., H. León-Tejera, L. González-Reséndiz, C. Candelaria, P. Ramírez-García & D. Rodríguez. 2022. Macroalgas arrecifales del Pacífico Centro-Sur de México: Estado del arte. *Hidrobiológica* 32 (3): 285-393.

Antecedentes. Las macroalgas del Pacífico tropical mexicano han sido estudiadas y los resultados publicados en numerosos textos desde la década de 1940, sin embargo, no se ha hecho una recopilación de los registros de las macroalgas de las comunidades arrecifales ni se han elaborado inventarios específicos de las macroalgas arrecifales. **Objetivo.** Realizar una integración del conocimiento generado sobre macroalgas arrecifales y hacer inventarios de estas macroalgas en los arrecifes de Guerrero y Oaxaca en el Pacífico tropical mexicano. **Métodos.** Se aplicaron análisis de similitud de Sørensen y de Escalamiento Multidimensional No-Métrico (NMDS) a los datos generados sobre la composición algal en estos distintos arrecifes coralinos para determinar sus patrones de distribución. Se aplicó el método de análisis ANOSIM para demostrar las diferencias significativas entre grupos. **Resultados.** Se registraron 144 especies: 100 Rhodophyta, 32 Chlorophyta y 12 Ochrophyta-Phaeopyceae. En Guerrero se registraron 75 especies exclusivas y en Oaxaca, 24; las especies compartidas fueron 45. La localidad con mayor riqueza fue El Zacatoso, Guerrero, con 92 especies. Con el Índice de Sørensen se encontró un porcentaje de similitud mayor al 50% entre la mayoría de las localidades, aunque se observó una clara separación entre las comunidades de Guerrero y Oaxaca. El NMDS mostró cuatro grupos formados por las especies de las localidades, sin efecto de la temporada (lluvias y secas). El ANOSIM mostró diferencias significativas entre las localidades que forman cada grupo. **Conclusión.** Se elaboró el primer inventario de las macroalgas arrecifales de Guerrero y Oaxaca, estados en donde hay registros sistemáticos de estas macroalgas en el Pacífico tropical mexicano. Se generó la línea base de información útil para desarrollar un programa de monitoreo en la región, hacer un diagnóstico del estado de perturbación de los arrecifes coralinos y generar estrategias y planes de conservación de estos ecosistemas.

Palabras clave: Arrecifes coralinos, Macroalgas, México, Pacífico tropical mexicano

ABSTRACT

Background. The macroalgae of the tropical Mexican Pacific have been studied and results published in numerous texts since the 1940s. Nevertheless, there is no compilation of records of macroalgae from reef communities, nor have specific inventories of reef macroalgae been prepared. **Objective.** To integrate the knowledge generated on the tropical Mexican Pacific coral reef macroalgae. Carry out an integration of the knowledge generated on reef macroalgae and make inventories of these macroalgae in the reefs of Guerrero and Oaxaca in the Mexican tropical Pacific. **Methods.** Sørensen's similarity analysis and Non-Metric Multidimensional Scaling (NMDS) analysis were applied to data of algal composition from different coral reefs to determine their distribution patterns. The ANOSIM analysis method was applied to demonstrate the significant differences between groups. **Results.** The total number of macroalgal species was 144, 100 Rhodophyta, 32 Chlorophyta and 12 Ochrophyta-Phaeopyceae; 75 were exclusive to Guerrero, 24 to Oaxaca, and the number of shared species was 45. El Zacatoso, Guerrero, had 92 species and was the locality with the greatest specific richness. The Sørensen Index indicated a similarity of more than 50% among most localities, but with a clear separation between the communities of Guerrero and Oaxaca. Four groups were formed by localities' species with the NMDS analysis without seasonal effect (rainy and dry), ANOSIM shows significant differences among the localities of each group. **Conclusion.** This work represents the first inventory of the reef-inhabiting macroalgae of Guerrero and Oaxaca, the only states in the Mexican tropical Pacific with specific systematic reports on this type of coral reef algae. This study provides baseline information to develop a regional monitoring program, a diagnosis of the degree of disturbance of coral reefs and generate conservation strategies and plans for these ecosystems.

Keywords: Coral reefs, Macroalgae, Mexico, Mexican tropical Pacific

INTRODUCCIÓN

Los arrecifes coralinos son de los ecosistemas con mayor productividad primaria bruta del mundo (Díaz-Pulido *et al.*, 2007; Birkeland, 2015) y albergan alrededor del 25% de la biodiversidad marina total (Carballo *et al.*, 2010). Tienen una alta riqueza y complejas redes bióticas; son el hábitat de muchas especies de peces e invertebrados. Proveen de diversos servicios alimenticios, culturales y turísticos y dan protección a las zonas costeras disminuyendo la energía del oleaje y de las tormentas. Actualmente están en riesgo ante los efectos del cambio climático y la elevación del nivel del mar (van Zaten *et al.*, 2014; Reguero *et al.*, 2018).

En los arrecifes, las macroalgas tienen funciones ecosistémicas como la estabilización de la estructura arrecifal, producción de sedimentos calcáreos, retención y reciclaje de nutrientes, productividad primaria, hábitat para meiofauna y soporte trófico, básicas para la salud de estas comunidades (Fong *et al.*, 2017).

En los arrecifes coralinos ocurre un fenómeno conocido como cambio de fase, que consiste en pasar de la dominancia de los corales hermatípicos a la de las macroalgas. Este fenómeno puede ser causado por disturbios naturales o antropogénicos y puede resultar en pérdida de biodiversidad local, de hábitats y de complejidad estructural, alterando redes tróficas y disminuyendo los servicios ecosistémicos (Cruz *et al.*, 2018).

Los arrecifes coralinos del Pacífico mexicano son de tipo costero y de tamaño más modesto que los del Golfo de México y Caribe mexicano. El escaso desarrollo de estructuras arrecifales de gran tamaño en el Pacífico Oriental (Cortés, 1997), se debe a las descargas de numerosos ríos, la alta incidencia de tormentas tropicales y eventos de surgencia. Cabo Pulmo en Baja California Sur es uno de los arrecifes más extensos (15 ha) e importantes del Pacífico americano por su biodiversidad y por la implementación de iniciativas comunitarias de conservación marina y de ecoturismo (Santander-Monsalvo *et al.*, 2018).

En el Pacífico tropical mexicano (PTM), en Guerrero, hay evidencias históricas y empíricas de la presencia de arrecifes, por pescadores ribereños locales y buzos deportivos en la zona. Los primeros registros de corales hermatípicos y macroalgas son de Salcedo-Martínez *et al.* (1988). Actualmente se han registrado 235 especies de macroalgas, 158 de Rhodophyta, 33 de Chlorophyta y 37 de Ochrophyta-Phaeophyceae (Rosas-Alquicira *et al.*, 2019). Recientemente se han iniciado estudios sobre las macroalgas de los arrecifes coralinos para determinar la estructura de las comunidades, conocer el efecto de la sedimentación y determinar la variación espacio-temporal de la estructura en diferentes sustratos (López *et al.*, 2017) y establecer la variación de las relaciones espaciales alga - coral durante el El Niño 2015-2016 (Nava *et al.*, 2021).

Otra área del PTM con importantes comunidades coralinas se encuentra en las bahías de Huatulco, Oaxaca (Glynn & Leyte-Morales 1997; Reyes-Bonilla *et al.*, 2002). Los principales enfoques de estudio se han basado en la caracterización faunística y abiótica (Granja-Fernández & López-Pérez, 2008). En el litoral de Oaxaca se citan 275 especies de macroalgas, 165 Rhodophyta, 62 Chlorophyta y 48 Ochrophyta-Phaeophyceae (Rosas-Alquicira *et al.*, 2019).

Estudios recientes sobre los corales constructores de arrecifes en Guerrero y Oaxaca sugieren la dispersión de larvas de coral a través de

la Corriente Costanera de Costa Rica y la Corriente de California, ocupando una posición determinante para la conectividad entre arrecifes al norte y al sur de la región del PTM (López-Pérez *et al.*, 2019).

Esta integración del conocimiento de las macroalgas de los arrecifes coralinos de Guerrero y Oaxaca es relevante porque proporciona la línea base de información útil para desarrollar un diagnóstico del estado de perturbación de los arrecifes a través de la estructura de las comunidades algales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La zona de estudio está ubicada en el Pacífico Centro-Sur de México, en Guerrero y Oaxaca (Fig. 1). La región presenta clima Aw, cálido subhúmedo con una estación lluviosa en verano (800–1500 mm) de mayo a octubre y una estación seca en invierno, de noviembre a abril (García, 2004; López-Pérez *et al.*, 2019).

Una de las características oceanográficas más significativas es la Alberca Caliente del Pacífico Oriental, gran masa de agua oceánica que llega a la entrada del Golfo de California; y su temperatura es > 28 °C y salinidad promedio de 34 psu y con una termoclina somera (20-40 m) y estable (Fiedler & Talley, 2006; Fiedler & Lavin, 2017; CONABIO *et al.*, 2007).

De acuerdo con sus características geomorfológicas, los arrecifes coralinos de Zihuatanejo y Huatulco son del tipo costero, por su disposición paralela a la línea de costa y cercano a ésta (Glynn & Leyte-Morales, 1997; Carriquiry & Reyes-Bonilla, 1997). Se encuentran protegidos del efecto directo del oleaje y resguardados de los vientos predominantes en caletas, islotes o promontorios. Por su extensión y complejidad estructural, estos arrecifes son los mejor desarrollados del PTM (López-Pérez *et al.*, 2019). Están constituidos por colonias de *Pocillopora* spp. que se distribuyen en todo el intervalo de profundidad (0 - 14 m) y colonias de *Pavona* y *Porites* que se encuentran dispersas entre los 4 y los 10 m de profundidad (Glynn & Leyte-Morales, 1997; Reyes-Bonilla & Leyte-Morales, 1998; López-Pérez & Reyes-Bonilla, 2000; Reyes-Bonilla, 2003). Las características de estos arrecifes se describen en la Tabla 1.

Recopilación y análisis de información

Se integró la información sobre macroalgas de arrecifes coralinos en Guerrero y Oaxaca, generada a partir de proyectos particulares desarrollados de 2008 a 2016 (Calderón-Aguilar, 2008; González-Reséndiz, 2008; González-Pizá, 2013; López-Valerio, 2009; Luna-Barreda, 2018; Moncada-García, 2018; Saldívar-Cruz, 2019; Sánchez-Zamora, 2009; 2013; Sandoval-Coronado, 2016; Vázquez-Texocotitla, 2008; 2013), dentro del proyecto general Macroalgas del Pacífico tropical mexicano (González-González, 1992), realizado en la Universidad Nacional Autónoma de México. Se utilizó a Guiry & Guiry (2022) para la actualización de las sinonimias y la validación de las especies. Para aplicar de forma correcta la citación y puntuación de las autoridades en los nombres científicos se utilizaron a Pedroche & Senties (2020) y a Pedroche & Novelo (2020).

Como elementos de comparación de las macroalgas arrecifales de estos estados, en el análisis se incluyeron trabajos de Tenacatita, Jalisco (Enciso-Padilla *et al.*, 2008) y Cabo Pulmo (Anaya-Reyna & Rios-

mena-Rodríguez, 1996; Mateo-Cid *et al.*, 2000). Además, se hizo una amplia revisión bibliográfica de las obras clásicas de Dawson para el PTM, desde 1941 a 1966 y Taylor (1945), así como publicaciones realizadas por diversos autores en todos los estados de la región desde Nayarit hasta Chiapas.

Se comparó la riqueza y composición de todas las localidades y la proporción específica de Chlorophyta, Rhodophyta y Ochrophyta-Phaeophyceae. Posteriormente se aplicó el índice de Sørensen para establecer la similitud entre localidades y un análisis de escalamiento multidimensional no-métrico (NMDS) con el programa PAST 4.11 con base en las localidades y temporadas (Hammer *et al.*, 2001). Se utilizó el Índice de Morisita para la construcción de la matriz de disimilitudes para obtener la mejor distribución en el espacio formado por localidades, especies y temporada. Para medir la falta de ajuste entre la distancia en el espacio de ordenación y la disimilitud, se utilizó la estadística stress (Lepš & Šmilauer, 2003). Para evaluar si hay diferencias significativas entre los grupos formados se realizó un análisis de similitud (ANOSIM).

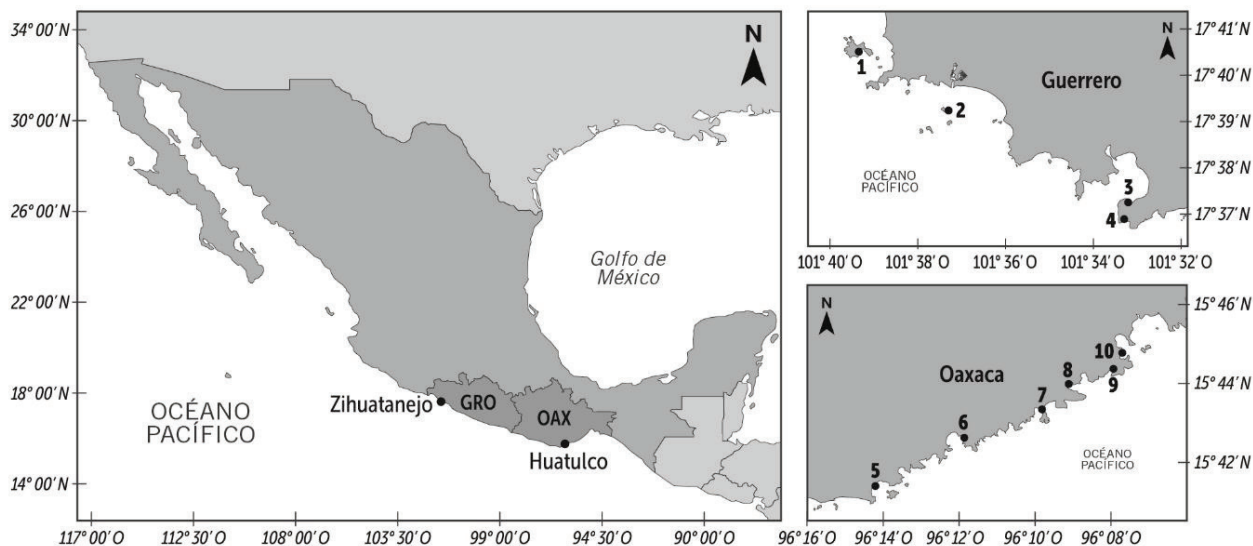
RESULTADOS

Se obtuvo un total de 144 especies de macroalgas arrecifales en las 10 localidades de Guerrero y Oaxaca analizadas en este estudio (Tabla S2). Fueron 100 especies de Rhodophyta, 32 de Chlorophyta y 12 de Ochrophyta-Phaeophyceae. Se encontró que las especies exclusivas de Guerrero son 75; 52 Rhodophyta, 17 Chlorophyta y 6 Ochrophyta-Phaeophyceae y las exclusivas de Oaxaca son 24; 17 Rhodophyta, 5 Chlorophyta y 2 Ochrophyta-Phaeophyceae. Las especies compartidas entre los dos estados son 45; 31 Rhodophyta, 10 Chlorophyta y 4 Ochrophyta-Phaeophyceae. En Guerrero la localidad con mayor riqueza fue El Zacatoso con 92 especies; 68 Rhodophyta,

17 Chlorophyta y 7 Ochrophyta-Phaeophyceae y la de menor riqueza fue Playa Coral con 39; 30 Rhodophyta y 9 Chlorophyta. En Oaxaca, la localidad con mayor riqueza fue El Violín con 43; 32 Rhodophyta, 7 Chlorophyta y 4 Ochrophyta-Phaeophyceae y la localidad con la menor riqueza fue San Agustín, con 22 especies; 13 Rhodophyta, 6 Chlorophyta y 3 Ochrophyta-Phaeophyceae. Esa proporción donde las rojas son más numerosas, después las verdes y finalmente las pardas, se mantiene en las 10 localidades analizadas.

En la Tabla S2 se muestra la composición de macroalgas arrecifales encontrada en las 10 localidades de estudio, indicando el estado al que pertenecen y la localidad. Solo tres especies de Rhodophyta, *Gayliella flaccida* (Harvey ex Kützing) T. O. Cho & L. M. McIvor, *Gelidium pusillum* (Stackhouse) Le Jolis, e *Hypnea pannosa* J. Agardh, y una sola especie de Chlorophyta, *Derbesia marina* (Lyngbye) Solier, se encontraron en las 10 localidades. Dos especies de Rhodophyta, *Ceramium affine* Setchell & N. L. Gardner, e *Hypnea spinella* (C. Agardh) Kützing y una especie de Ochrophyta-Phaeophyceae, *Sphacelaria rigidula* Kützing se registraron en nueve localidades. Las especies restringidas a una sola localidad fueron 52; 31 Rhodophyta, como *Acrochaetium pacificum* Kylin, *Ceramium vagans* P. C. Silva y *Laurencia clarionensis* Setchell & N. L. Gardner; 13 Chlorophyta como *Caulerpa chemnitzia* (Esper) J. V. Lamouroux, *Codium picturatum* Pedroche & P. C. Silva y *Codium setchellii* N. L. Gardner, y 8 Ochrophyta-Phaeophyceae como *Dictyota dichotoma* var. *intricata* (C. Agardh) Greville, *Ectocarpus simulans* Setchell & N. L. Gardner y *Ralfsia pacifica* Hollenberg.

Los nuevos registros para el PTM son: *Ceramium nakamurae* E.Y. Dawson, con una ampliación de su distribución desde Baja California Sur; *Pugetia latiloba* (W. R. Taylor) R. E. Norris con ampliación hacia el Norte desde Panamá y *Ulothrix laetevirens* (Harvey) Collins con una ampliación hacia el Sur desde California.



1. Playa Coral, 2. Zacatoso, 3. Las Gatas, 4. Caleta de Chon, 5. San Agustín, 6. La India, 7. Cacaluta, 8. El Maguey, 9. El Violín, 10. La Entrega

Figura 1. Área de estudio.

Tabla 1. Características de los arrecifes coralinos de las localidades de Zihuatanejo, Guerrero y Huatulco, Oaxaca.

Localidades	Playa Coral	Zacatoso	Playa Las Gatas	Caleta de Chon	San Agustín	La India	Cacaluta	El Maguey	El Violín	La Entrega
Tipo de protección del área	ninguna	ninguna	ninguna	ninguna	PNH	PNH	PNH	PNH	PNH	ninguna
Localización geográfica	17° 40' 33.7" N 101° 39' 23.6" W	17° 39' 14.2" N 101° 37' 20.7" W	17° 39' 13" N 101° 37' 18" W	17° 36' 56" N 180 x 50 m	15° 41' 09" N 201 x 131 m	15° 42' 30" N 35-50 x 20m	15° 43' 12.1" N 86 x 200 m	15° 43' 26" N 100 x 200 m	15° 4' 15" N 25-30 x 22 m	15° 44' 30" N 300 x 200 m
Dimensiones	240 x 70 m	320 x 60 m	290 x 80 m	180 x 50 m	201 x 131 m	35-50 x 20m	86 x 200 m	100 x 200 m	25-30 x 22 m	300 x 200 m
Pendiente general	40°	45°	40°	35°	30°	45°	30°	35°	40°	20°
Profundidad máxima	6 m	12 m	8.2 m	10 m	10 m	10 m	11.6 m	8.5 m	6.7 m	10 m

PNH: Parque Nacional Huatulco.

En función de la distribución de las especies en todas las localidades, el Índice de Sørensen registró un porcentaje de similitud > 50% entre la mayoría de los sitios, y se observa una clara separación entre las localidades de Guerrero y las de Oaxaca. Las únicas localidades que tienen una similitud > 80% fueron El Violín y La Entrega en Oaxaca (Fig. 2). Comparando las especies arrecifales de Playa Mora, Tenacatita, Jal. (Enciso-Padilla *et al.*, 2008) y Cabo Pulmo, BCS (Anaya-Reyna & Riosmena-Rodríguez, 1996 y Mateo-Cid *et al.*, 2000), este índice mostró similitudes < 30% (Fig. 2).

En los textos analizados de Dawson de 1941 a 1966 se citan algunas especies referidas específicamente o relacionadas a comunidades coralinas, como *Amphiroa dimorpha* Me. Lemoine en I. Isabel y Mira Mar en Nayarit; Acapulco en Guerrero, Isla Socorro e Isla Clarión en Revillagigedo, Nayarit (Dawson, 1953), coincidiendo con nuestro registro en El Zacatoso, Guerrero y en El Maguey, El Violín, La India y la Entrega, en Oaxaca. *Ceramium vagabundum* E. Y. Dawson, *nom. illeg.* (= *Ceramium vagans* P. C. Silva), encontrada como epífita de *Ectocarpus breviarticulatus* J. Agardh (= *Asteronema breviarticulatum* (J. Agardh) Ouriques & Bouzon) fue registrada para el Archipiélago de Revillagigedo, Nayarit por Dawson (1962), y es coincidente con el registro para El Zacatoso, Guerrero. *Taenioma perpusillum* (J. Agardh) J. Agardh registrada para San Agustín, Oaxaca (Dawson, 1962), no se encontró entre las macroalgas arrecifales de esta localidad en este estudio. *Peyssonnelia mexicana* E. Y. Dawson, en un arrecife cerca de Playa Angosta, Guerrero (Dawson, 1953), *Cryptonemia decolorata* W. R. Taylor y *Halymenia agardhii* De Toni (= *Sebdenia flabellata* (J. Agardh) P. G. Parkinson), obtenidas con un dragado de fondo coralino a 21 m de profundidad en los alrededores de Isla María Magdalena, Las Tres Marías, Nayarit (Dawson, 1960). *Callithamnion marshallense* E. Y. Dawson, encontrada sobre conchas y coral muerto a 3 m de profundidad en la Laguna de San Ignacio, Baja California; *Haloplegma mexicanum* W. R. Taylor, obtenida por un dragado de un fondo coralino en Isla María Magdalena, Las Tres Marías, Nayarit (Dawson, 1962), ninguna de estas especies fue registrada en las localidades de este estudio.

De la obra de Taylor (1945) se encontraron registros del género *Lithothamnium*, hoy sinónimo de *Lithophyllum*, sobre corales fragmentados; *Caulerpa racemosa* var. *occidentalis* (C. Agardh.) Børgesen (= *Caulerpa chemnitzia* (Esper) J. V. Lamouroux var. *chemnitzia*), hallada entre corales en Revillagigedo, Nayarit, coincidiendo con el registro de esta especie en Playa Coral, Guerrero; *Ostreobium* spp., encontradas sobre algas en corales muertos a la deriva, también en Revillagigedo; *Cruoriella dubyi* (P. Crouan & H. Crouan) F. Schmitz (= *Peyssonnelia dubyi* P. Crouan & H. Crouan), sobre corales fragmentados dentro de pozas de marea en Sulphur Bay en Isla Clarión, Revillagigedo y también en el litoral de Nayarit, ninguna de estas especies fueron registradas en las localidades de este estudio.

Respecto del análisis de la literatura disponible desde 1990 a 2020, con un total de 54 publicaciones de tipo florístico de diversos autores mexicanos sólo se encontraron los siguientes registros, que no se incluyen en la Tabla S2 porque ninguno está en nuestras localidades, *Microphyllum crispum* (W. R. Taylor) E. Y. Dawson (Mateo-Cid & Mendoza-González, 1997) y *Peyssonnelia orientalis* (Weber Bosse) Cormaci & G. Furnari (= *Agissea orientalis* (Weber Bosse) Pestana & *al.*), registradas sobre coral antiguo a 20-80 cm de profundidad en Puerto Ángel y Puerto Escondido, Oaxaca (Mendoza-González & Mateo-Cid, 1999). *Acanthophora spicifera* (M. Vahl) Børgesen, asociada a arrecifes de coral en Bahía de La

Paz, Baja California Sur (Riosmena-Rodríguez *et al.*, 2014). Estos datos, aunque importantes, no permiten hacer ningún análisis que las relacione con la situación actual de las algas arrecifales en el PTM.

Con el análisis NMDS se observó la agrupación de sitios enmarcados en cuatro elipses, denominadas en adelante como grupos G1 (Playa Coral), G2 (Zacatoso y Caleta de Chon), G3 (Playa Las Gatas) y G4 (La Entrega, El Violín y La India), cuya variable de agrupamiento es la localidad, sin un efecto marcado de las temporadas (Fig. 3). La dispersión de la mayoría de las especies se establece desde el G3 hasta el G4, lo cual indica que hay más especies registradas en Guerrero que en Oaxaca, como *Amphiroa rigida* J. V. Lamouroux, *Ceramium zaccae* Setchell & N. L. Gardner y *Cladophora microcladioides* Collins que no se presentan en Oaxaca (Tabla S2). También reveló especies exclusivas de algunas localidades, como *Dictyota implexa* (Desfontaines) J. V. Lamouroux y *Polysiphonia nathanielii* Hollenberg en San Agustín; *Erythrocladia irregularis* Rosenvinge, *Ceramium paniculatum* Okamura, *Drouetia coalescens* (Farlow) G. De Toni y *Caulerpa chemnitzia* en Playa Las Gatas y *Ceramium macilentum* J. Agardh, *Cryptonemia obovata* J. Agardh, *Peyssonnelia rubra* (Greville) J. Agardh y *Veleroa subulata* E. Y. Dawson en Playa Coral. La mayor distancia entre localidades indicó la disimilitud que existe entre Playa Coral (G1) y Playa Las Gatas (G3) con respecto a La Entrega, El Violín y La India (G4).

El G1 incluyó a *Ceramium macilentum* y *Veleroa subulata*, el G3 a *Ceramium paniculatum*, *Drouetia coalescens*, entre otras. El G4, pre-

sentó a *Ceramium nakamurae* y *Parvocaulis polyphysoides* (P. Crouan & H. Crouan) S. Berger & *al.*, entre otras.

De los cuatro grupos, tres están formados por localidades de Guerrero y uno por tres localidades de Oaxaca, ningún grupo incluyó localidades de ambos estados. Tres localidades de Oaxaca, Cacaluta, San Agustín y El Maguey no formaron grupos debido a la mayor dispersión de las especies en los ejes del análisis NMDS (Fig. 3). Se encontraron diferencias significativas en los grupos, sin un efecto marcado de las temporadas. Con base en el ANOSIM, la R mostró una alta disimilitud entre los grupos ($R = 0.94$) y diferencias significativas ($p = 0.0001$) entre las localidades estudiadas. El NMDS con el Índice de Morisita proporcionó el más bajo estrés entre grupos ($\text{stress} = 0.1621$) y con el mayor coeficiente de correlación para el Eje 1 ($R^2 = 0.5649$) y el Eje 2 ($R^2 = 0.2121$).

DISCUSIÓN

Este trabajo representa el primer inventario y la integración del conocimiento de macroalgas arrecifales en la región del PTM. Además, se proporciona la línea base de información de estas comunidades macroalgales. Esta información será útil para desarrollar trabajos orientados a explicar la relación de las macroalgas con los corales y las variaciones de los parámetros estructurales de las comunidades de macroalgas y su potencial como indicadores del grado de perturbación de los arrecifes.

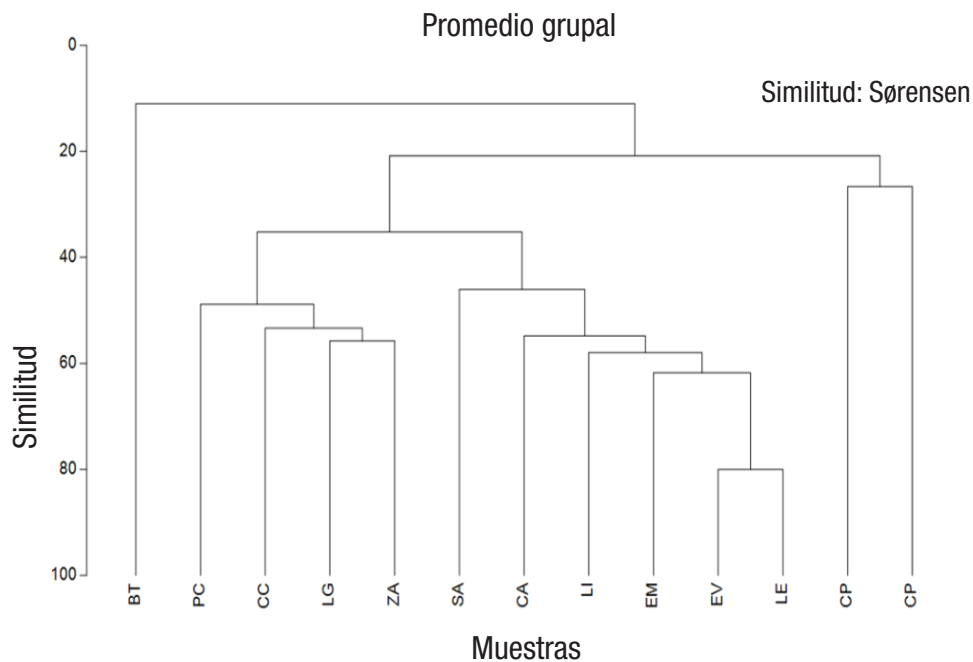


Figura 2. Fenograma de similitud de Sørensen entre localidades de trabajo. Playa Coral (PC); Playa Las Gatas (LG); Zacatoso (ZA); Caleta de Chon (CC); Cacaluta (CA); El Maguey (EM); El Violín (EV); La India (LI); San Agustín (SA); La Entrega (LE); B. Tenacatita (BT); Cabo Pulmo (CP).

En todas las localidades de Oaxaca la riqueza de especies registrada en este trabajo es similar, pero la composición es distinta. A pesar de que los valores de riqueza de especies son menores y relativamente menos variables que en Guerrero, las relaciones de similitud parecen estar vinculadas a la cercanía geográfica entre localidades. Así, a excepción de Cacaluta, donde la comunidad coralina está en una isla y no junto a la línea de playa, presentan mayor similitud las localidades cercanas entre sí. El resultado obtenido con el NMDS soporta en parte las diferencias entre la comunidad algal arrecifal de Cacaluta con el resto de las localidades. San Agustín es la que presenta menor similitud con el resto y es la más alejada geográficamente hacia el SO.

Especies que podrían constituir nuevos registros para Guerrero y Oaxaca son 11, 9 de Rhodophyta, *Carradoriella denudata* (Dillwyn) Saivoie & G. W. Saunders, *Coralophila kleiwegii* Weber Bosse, *Crouania pleonospora* W. R. Taylor, *Dasya rigidula* (Kützinger) Ardissonne, *Erythrotrichia carnea* f. *irregularis* B. F. Zheng & J. Li, *Gayliella dawsonii* (A. B. Joly) Barros-Barreto & F. P. Gomes, *Gracilaria mammillaris* (Montagne) M. Howe, *Herposiphonia bipinnata* M. A. Howe y *Polysiphonia abscissoides* Womersley, una Chlorophyta, *Parvocaulis polyphysoides* y una Ochrophyta-Phaeophyceae, *Sphacelaria fusca* (Hudson) S. F. Gray. Las descripciones morfológicas de todas estas especies, coinciden con la morfología de nuestros especímenes, sin embargo, dado que la distribución registrada solamente es para las costas del Atlántico y para regiones del Pacífico muy lejanas al PTM, consideramos necesario hacer análisis moleculares para certificar la identidad de las especies y entonces formalizar los nuevos registros.

En relación a los nuevos registros en el PTM es necesario hacer notar que en esta región confluyen dos grandes corrientes del Pacífico americano, la Corriente de California desde el N y la Corriente Costanera de Costa Rica desde el S, lo cual favorece la dispersión de *Ceramium nakamurae* y *Ulothrix laetevirens* hacia el S y de *Pugetia latiloba* hacia el N.

En esta obra se siguió a Guiry & Guiry (2022) para la actualización de las sinonimias y la nomenclatura, sin embargo, reconocemos que existen distintas interpretaciones respecto de la validez o la sinonimia para algunas especies como: *Amphiroa subcylindrica*, *Halymenia abyssicola* y *Herposiphonia tenella* (Norris, 2014).

Los grupos resultado del NMDS (del G1 al G4) están separados por estado indicando diferencias significativas entre las comunidades de macroalgas arrecifales. De acuerdo con el ANOSIM, las localidades están separadas por su composición específica, la cual sugiere diferencias en la estructura de la comunidad arrecifal de cada localidad y constituye la línea base para futuros análisis sobre la dinámica de estas comunidades.

Finalmente, esta línea base de información sobre las macroalgas arrecifales del PTM, facilitará la elaboración de un programa de monitoreo en la región, hacer un diagnóstico del estado de perturbación de los arrecifes coralinos y generar estrategias y planes de conservación de estos ecosistemas.

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la Universidad Nacional Autónoma de México por el financiamiento otorgado a los siguientes proyectos, IN211206, IN214906 e IA203914. Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financia-

miento al proyecto FOMIX 000000000107999. A la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) por el financiamiento al proyecto BE020. A las autoridades del Parque Nacional Huatulco por las facilidades para el desarrollo del trabajo de campo.

A los Biólogos Cecilia Calderón, Daniela González-Pizá, Edgardo López-Valerio, Lucero Joselyn Luna-Barreda, Andrea Irais Moncada-García, Tania Monserrat Saldivar-Cruz, Lizeth Sánchez-Zamora, Alejandra Sandoval-Coronado y Perla Vázquez-TeXocotitla, por su valiosa contribución en el trabajo de campo y en la realización de sus tesis. A la M. en C. Ivette Ruíz-Boijseauneau por su apoyo en el trabajo de campo y en la edición del manuscrito, y al D.C.V. David Antonio Silva-Torres por la elaboración del mapa.

REFERENCIAS

- ANAYA-REYNA, G. & R. RIOSMENA-RODRÍGUEZ. 1996. Macroalgas del arrecife coralino de Cabo Pulmo-Los Frailes, BCS, México. *Revista de Biología Tropical* 44(2): 903-906.
- BIRKELAND, C. 2015. Coral Reefs in the Anthropocene. In: Birkeland, C. (ed). *Coral Reefs in the Anthropocene*. Springer, pp. 1-16.
- CALDERÓN-AGUILAR, C.A. 2008. Riqueza y distribución de macroalgas asociadas a corales en Bahía El Maguey, Huatulco, Oaxaca. Tesis de licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, CDMX, México. 65 p.
- CARBALLO, J.L., E. BAUTISTA-GUERRERO, H. NAVA & C. BARRAZA. 2010. Cambio climático y ecosistemas costeros. Bases fundamentales para la conservación de los arrecifes de coral del Pacífico Este. In: Hernandez-Zanuy A. & P.M. Alcolado (eds.). *La biodiversidad en ecosistemas marinos y costeros del litoral de Iberoamérica y el Cambio Climático: I. Memorias del primer taller de la Red CYTED BIODIMAR*, pp.183-193.
- CARRIQUIRY, J.D. & H. REYES-BONILLA. 1997. Estructura y distribución geográfica de los arrecifes coralinos de Nayarit, Pacífico de México. *Ciencias Marinas* 23(2): 227-248.
- CONABIO-CONANP-TNC-PRONATURA. 2007. *Análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad marina de México: océanos, costas e islas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, The Nature Conservancy-Programa México, Pronatura, A.C. México, D.F. 129 pp.
- CORTÉS, J. 1997. Status of the Caribbean Coral reefs of Central America. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium* 1: 335-340
- CRUZ, I.C.S., L.G. WATERSA, R.K.P. KIKUCHI, Z.M.A.N. LEÃO B & A. TURRA. 2018. Marginal coral reefs show high susceptibility to phase shift. *Marine Pollution Bulletin* 135: 551-561. DOI:10.1016/j.marpolbul.2018.07.043
- DAWSON, E.Y. 1953. *Marine Red Algae of Pacific Mexico. Part 1. Bangiales to Corallinaceae* Subf. *Corallinoideae*. University California Press, Los Angeles California. 409 p.
- DAWSON, E.Y. 1960. *Marine Red Algae of Pacific Mexico. Part 3. Cryptoneimiales. Allan Hancock Pacific Expeditions* 17: 241-409.

- DAWSON, E.Y. 1962. Marine Red Algae of Pacific Mexico. Part 7. Ceramiales: Ceramiaceae, Delesseriaceae. Allan Hancock Pacific Expeditions. *The University of Southern California Press* 26(1): 1-205.
- DIAZ-PULIDO, G., L.J. MCCOOK, A.W.D. LARKUM, H.K. LOTZE, J.A. RAVEN, B. SCHAFFELKE, J. SMITH & R.S. STENECK. 2007. Vulnerability of macroalgae of the Great Barrier Reef to climate change. In: Johnson J. & P. Marshall (eds.). *Climate change and the Great Barrier Reef*. Great Barrier Reef Marine Park Authority, The Australian Greenhouse Office and The Department of Environment Water and Natural Resources, Townville, pp. 153-192. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2014.05.001
- ENCISO-PADILLA, I., P.C. GUTIÉRREZ-GUTIÉRREZ & C. MOISÉS. 2008. Estructura comunitaria de macroalgas y dinámica de la relación alga-coral en el arrecife de Playa Mora, Bahía de Tenacatita, Jalisco. *Avances en la Investigación Científica en el CUCBA*. ISBN: 978-607-00-2083-4.
- FIEDLER, P.C. & L.D. TALLEY. 2006. Hydrography of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* 69(2-4): 143-180. DOI:10.1016/j.pocean.2006.03.008
- FIEDLER, P.C. & M.F. LAVIN. 2017. Oceanographic conditions of the eastern tropical Pacific. In: Glynn, P.W., D.P. Manzello & I.C. Enochs (eds.). *Coral reefs of the eastern tropical Pacific*. Springer, Dordrecht, pp. 59-83.
- FONG, P. & V.J. PAUL. 2011. Coral reef algae. In: Dubinsky Z. & N. Stambler (eds). *Coral reefs: an ecosystem in transition*. Springer, Dordrecht, pp. 241-272.
- FONG P., T.B. SMITH & R. MUTHUKRISHNAN. 2017. Algal Dynamics: Alternate Stable States of Reefs in the Eastern Tropical Pacific. In: Glynn, P., D. Manzello, I. Enochs (eds.). *Coral Reefs of the Eastern Tropical Pacific*. Coral Reefs of the World, Springer, Dordrecht, pp. 340-367.
- GARCÍA, E. 2004. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Quinta edición. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. 98 p.
- GLYNN, P.W. & G.E. LEYTE-MORALES. 1997. Coral reefs of Huatulco, West México: reef development in upwelling Gulf of Tehuantepec. *Revista de Biología Tropical* 45 (3): 1033-1047.
- GONZÁLEZ-PIZÁ, L.D. 2013. Diversidad de macroalgas asociadas al arrecife coralino El Zacatoso, Zihuatanejo, Guerrero. Tesis de licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM. CDMX, México. 80 p.
- GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, J. 1992. Flora ficológica de México: concepciones y estrategias para la integración de una flora ficológica nacional. *Ciencias 006 (especial)*:13-36.
- GONZÁLEZ-RESENDIZ, M.L. 2008. Estructura comunitaria de macroalgas en dos sistemas arrecifales de Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas (Biología Ambiental). Facultad de Ciencias, UNAM. CDMX, México. 69 p.
- GRANJA-FERNÁNDEZ, M.R. & R.A. LÓPEZ-PÉREZ. 2008. Sedimentación en comunidades arrecifales de Bahías de Huatulco. Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical* 56: 1179-1187.
- GUIRY, M.D. & GUIRY, G.M. 2022. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org> (consultado el 21 de noviembre de 2022).
- HAMMER, O., D.A.T. HARPER & P.D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontological Electronica* 4(1): 1-9.
- LEPS, J. & P. ŠMILAUER. 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data using Canoco*. Cambridge University Press. 269 p.
- LÓPEZ N, C. CANDELARIA, P. RAMÍREZ-GARCÍA & D. RODRÍGUEZ. 2017. Structure and temporal dynamic of tropical turf-forming macroalgal assemblages of the western coast of Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research* 45(2): 329-340. DOI: 10.3856/vol45-issue2-fulltext-9
- LÓPEZ-PÉREZ, A., R. GRANJA-FERNÁNDEZ, O. VALENCIA-MÉNDEZ, C. APARICIO-CID, A.M. TORRES-HUERTA, N.A. BARRIENTOS-LUJÁN, F. BENÍTEZ-VILLALOBOS & L. HERNÁNDEZ. 2019. Biodiversity associated with southern Mexican Pacific coral systems. In: Ibañez, A. (ed.). *Mexican aquatic environments*. Springer, Cham, pp. 119-144.
- LÓPEZ-PÉREZ, R.A. & H. REYES-BONILLA. 2000. Los corales constructores de arrecifes en el Pacífico mexicano. Una historia de 65 millones de años. *Ciencia* 51: 4-12.
- LÓPEZ-VALERIO, E.M. 2009. Variación estacional de la riqueza y composición de macroalgas en la comunidad coralina "La India", Huatulco, Oaxaca. Tesis de licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM. CDMX, México. 82 p.
- LUNA-BARRERA, L.J. 2018. Variación de las relaciones espaciales alga-coral durante el fenómeno de El Niño (2015 - 2016) en Ixtapa, Zihuatanejo. Tesis de licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, CDMX, México. 100 p.
- MATEO-CID, L.E. & A.C. MENDOZA-GONZÁLEZ. 1997. Nuevos registros de algas marinas para Oaxaca, México. *Polibotánica*, (4): 54-74.
- MATEO-CID, L.E., A.C. MENDOZA-GONZÁLEZ, C. GALICIA-GARCÍA & L. HUERTA-MÚQUIZ. 2000. Contribución al estudio de las algas marinas bentónicas de Punta Arena y Cabo Pulmo, Baja California Sur, México. *Acta Botánica Mexicana* (52): 55-73.
- MENDOZA GONZÁLEZ, A.C. & L.E. MATEO-CID 1999. Adiciones a la ficoflora marina bentónica de las costas de Oaxaca, México. *Polibotánica* 10:39-58.
- MONCADA-GARCÍA, A. 2018. Evaluación del impacto de la sedimentación en la estructura de los ensamblajes algales del arrecife en Caleta de Chon en Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis de licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, CDMX, México. 76 p.
- NAVA, H. & M.T. RAMÍREZ-HERRERA. 2012. Land use changes and impact on coral communities along the central Pacific coast of Mexico. *Environmental Earth Sciences* 65: 1095-1104. DOI: 10.1007/s12665-011-1359-3
- NAVA H., N. LÓPEZ, P. RAMÍREZ-GARCÍA & E. GARIBAY-VALLADOLID. 2021. Contrasting effects of the El Niño 2015-16 event on coral reefs from the central Pacific coast of Mexico. *Marine Ecology* 42(2): 1-11. DOI: 10.1111/maec.12630
- NORRIS, J.N. 2014. Marine algae of the northern Gulf of California, II: Rhodophyta. *Smithsonian Contributions to Botany* 96:1-555. DOI: 10.5479/si.19382812.96.

- PEDROCHE F.F. & E. NOVELO. 2020. Pertinencia de la nomenclatura abierta en ficología. *Cymbella* 6(2): 99-105.
- PEDROCHE, F.F. & A. SENTÍES. 2020. Diversidad de macroalgas marinas en México. Una actualización florística y nomenclatural. *Cymbella* 6(1): 4-55.
- REGUERO, B.G., M.W. BECK, V.N. AGOSTINI, P. KRAMER & B. HANCOCK. 2018. Coral reefs for coastal protection: A new methodological approach and engineering case study in Grenada. *Journal of Environmental Management* 210: 146-161. DOI: 10.1016/j.jenvman.2018.01.024
- REYES-BONILLA, H. 2003. Coral reefs of the Pacific coast of México. In: Cortes, J (ed.). *Latin American coral reefs*. Elsevier, Science, pp. 331-349.
- REYES-BONILLA, H. & G.E. LEYTE-MORALES. 1998. Corals and coral reefs of the Puerto Angel region, west coast of México. *Revista de Biología Tropical* 46: 679-681.
- REYES-BONILLA, H., J.D. CARRIQUIRY, G.E. LEYTE-MORALES & A.L. CUPUL-MAGAÑA. 2002. Effects of the El Niño-Southern Oscillation and the anti-El Niño event (1997-1999) on coral reefs of the western coast of México. *Coral Reefs* 21: 368-372. DOI 10.1007/s00338-002-0255-4
- RIOSMENA-RODRÍGUEZ, R., J.M. LÓPEZ-VIVAS, M.M. LARA UC & J.M. LÓPEZ-CALDERÓN. 2014. Invasión de plantas marinas exóticas en el Pacífico mexicano: Amenaza para el ambiente y la economía. *Bioma* 16(2): 54-65.
- ROSAS-ALQUICIRA, E.F., N.A. LÓPEZ GÓMEZ, C.F. CANDELARIA-SILVA, L. GONZÁLEZ-RESÉNDIZ, C. PACHECO-RAMÍREZ & H.P. LEÓN-TEJERA. 2019. *Macroalgas marinas y costeras de Guerrero, Chiapas y Oaxaca*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 57 p. DOI:10.22201/fc.0000001e.2019
- SALCEDO-MARTÍNEZ, S., G. GREEN, A. GAMBOA-CONTRERAS & P. GÓMEZ. 1988. Inventario de macroalgas y macroinvertebrados bénticos, presentes en áreas rocosas de la región de Zihuatanejo, Guerrero, México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México* 15(1): 73-95.
- SALDÍVAR-CRUZ, T.M. 2019. Estructura y dinámica de los ensamblajes de macroalgas y sedimentación en el arrecife coralino El Zacatoso, Zihuatanejo, Guerrero, México. Tesis de licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, CDMX, México. 89 p.
- SÁNCHEZ-ZAMORA, L. 2009. Riqueza y composición de macroalgas en la comunidad coralina de Bahía "El Violín", Huatulco, Oaxaca. Tesis de licenciatura (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM. CDMX, México. 113 p.
- SÁNCHEZ-ZAMORA, L. 2013. Estructura comunitaria de céspedes algales dentro y fuera de territorios de *Stegastes acapulcoensis* (Osteichthyes: Pomacentridae) en dos ambientes arrecifales de la región de Huatulco, Oaxaca, México. Tesis de Maestría (Ciencias del Mar y Limnología). Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. CDMX, México. 107 p.
- SANDOVAL-CORONADO, B.A. 2016. Patrones de abundancia y distribución de macroalgas del arrecife coralino de Ixtapa, Zihuatanejo, Guerrero. Tesis de licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM, CDMX, México. 83 p.
- SANTANDER-MONSALVO, J., I. ESPEJEL & L. ORTÍZ-LOZANO. 2018. Distribution, uses, and anthropic pressures on reef ecosystems of Mexico. *Ocean Coastal Management* 165:39-51. DOI: doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.08.014
- TAYLOR, W.R. 1945. Pacific Marine Algae of the Allan Hancock Expeditions to the Galapagos Islands. *Allan Hancock Pacific Expeditions* 12: 1-528.
- van Zanten, B.T., P.J.H. van Beukering & A.J. Wagtenonk. 2014. Coastal protection by coral reefs: A framework for spatial assessment and economic valuation. *Ocean and Coastal Management* 96: 94-103. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2014.05.001
- VÁZQUEZ-TEXOCOTITLA, P. 2008. Efecto del sedimento retenido en la estructura de los ensamblajes algales submareales. Tesis de licenciatura (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM, CDMX, México. 78 p.
- VÁZQUEZ-TEXOCOTITLA, P. 2013. Variación espacio temporal de la estructura de los ensamblajes algales asociados a diferentes sustratos en el arrecife coralino El Zacatoso, Zihuatanejo, Guerrero. Tesis de Maestría (Ciencias). Posgrado en Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, CDMX, México. 119 p.