

ENSAMBLES DE MACROALGAS SOBRE SUPERFICIES MUERTAS DE CORALES ESCLERACTINIOS (ANTHOZOA: SCLERACTINIA) EN EL ARRECIFE ORO VERDE, VERACRUZ, MÉXICO

Luna Ortega, Ivonne & Vicencio de la Cruz-Francisco*

Carrera de Biología Marina. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Campus Tuxpan. Universidad Veracruzana. Carr. Tuxpan-Tampico Km 7.5, 92850, Tuxpan, Veracruz, México. *Autor de correspondencia: delacruz17@hotmail.com.

RESUMEN. Las macroalgas son abundantes en el arrecife Oro Verde, Veracruz pero, hasta ahora, se desconocía su riqueza taxonómica, y se presume que presentan asentamientos en los corales escleractinios hermatípicos. Por ello el presente trabajo investigó qué especies de corales presentaron colonizaciones algales; además, se determinó la composición taxonómica y la similitud de los ensambles de macroalgas entre las especies de corales escleractinios. Se establecieron diez puntos de muestreo de manera sistemática en el arrecife; en cada lugar de estudio se colocó un transecto de banda de 50 x 2 m para localizar y recolectar macroalgas en superficies muertas de corales escleractinios. La frecuencia de aparición de las algas se estimó con base en el total de corales estudiados, así como para cada especie coral. Para explicar similitudes y diferencias significativas de la composición de ensamblajes macroalgales entre especies de corales se aplicaron análisis de similitud y ordenación. Los corales escleractinios con ensambles de algas fueron *Siderastrea siderea*, *Montastraea cavernosa*, *Pseudodiploria strigosa*, *Colpophylia natans*, *Stephanocoenia intersepta*, *Porites astreoides*, *Orbicella annularis*, *Orbicella faveolata*. De un total de 100 colonias coralinas revisadas se determinaron 32 especies de macroalgas, las cuales están representadas en tres divisiones, 10 órdenes y 15 familias. Las macroalgas corticadas, foliosas corticadas y filamentosas fueron las más representadas en especies. Las algas de mayor frecuencia sobre los corales masivos fueron *Laurencia obtusa*, *Amphiroa rigida* y *Caulerpa chemnitzia*. Los corales masivos con mayor número de registros de algas fueron *S. siderea* (9 especies), *M. cavernosa* (19) y *P. strigosa* (17). Los ensambles algales en los corales masivos presentaron baja similitud, sin embargo no se detectaron grupos significativamente disímiles. Solamente *S. siderea* y *M. cavernosa* son ligeramente parecidos en la composición ficológica. Los resultados sugieren que los corales masivos del arrecife Oro Verde son vulnerables a la colonización de algas, pero es necesario indagar qué condiciones preceden al asentamiento algal.

Palabras clave: Frecuencia de aparición, algas filamentosas, algas foliosas corticadas, algas corticadas, ficología

Macroalgal assemblages on dead surfaces of scleractinian corals (Anthozoa: Scleractinia) in the Oro Verde reef, Veracruz, Mexico

ABSTRACT. Benthic macroalgae are abundant in the Oro Verde reef but their taxonomic richness was hitherto unknown and it is presumed to present settlements on the massive corals. For this reason, the present work investigated which species of massive corals show algal colonization. Also, their taxonomic composition was determined, and the similarity of the algal assemblages between species of scleractinian corals was measured. Ten sampling points were systematically established in the reef, where a transect band of 50 x 2 m at each site was placed to locate and collect algae from the dead surfaces of scleractinian corals. The frequency of occurrence of algae species was estimated based on the total number of coral species studied, as well as on each coral species. Similarity and ordination analysis were applied in order to explain similarities and significant differences of the phycological composition among the coral species. Scleractinian corals with algal assemblages were: *Siderastrea siderea*, *Montastraea cavernosa*, *Pseudodiploria strigosa*, *Colpophylia natans*, *Stephanocoenia intersepta*, *Porites astreoides*, *Orbicella annularis*, *Orbicella faveolata*. Thirty-two species of algae were identified from a total of 100 revised coral colonies which are represented in 3 divisions, 10 orders and 15 families. The corticated, foliose corticated and filamentous macroalgae were the most represented species. The most frequent algae on massive corals were *Laurencia obtusa*, *Amphiroa rigida* and *Caulerpa chemnitzia*. Massive corals with higher algal records were *S. siderea* (9 species), *M. cavernosa* (19 species) and *P. strigosa* (17 species). The algal assemblages on the massive corals presented low similarity. However, no significant dissimilar groups were detected. Only *S. siderea* and *M. cavernosa* are relatively similar in phycological composition. The results suggest that the massive corals of the Oro Verde reef are vulnerable to the colonization of algae, but it is necessary to investigate the conditions preceding algal settlement.

Keywords: Frequency of occurrence, filamentous algae, corticated foliose algae, corticated algae, phycology.

Luna Ortega, I. & V. de la Cruz-Francisco. 2017. Ensamblajes de macroalgas en superficies muertas de corales escleractinios (Anthozoa: Scleractinia) en el arrecife Oro Verde, Veracruz, México. *CICIMAR Oceánides*, 32(1):11-23.

INTRODUCCIÓN

Las macroalgas que habitan en los arrecifes coralinos son consideradas como fuertes competidoras por espacio, dado que utilizan estrategias que ocasionan daño a los corales (McCook *et al.*, 2001; Jompa & McCook, 2003; Nugues & Bak, 2006);

además tienen la capacidad de colonizar superficies muertas de los propios corales, formando ensambles macroalgales de distintas especies de cianobacterias, rodofitas, feofitas y clorofitas, las cuales pueden permanecer por años y demorar la recuperación de las colonias coralinas, ya sea cuando existe una baja herbivoría o por enriquecimiento de nutrientes

Fecha de recepción: 02 de marzo de 2017

Fecha de aceptación: 18 de abril de 2017

(Díaz-Pulido & McCook, 2002; Birrell *et al.*, 2005; Chadwick & Morrow, 2011). No obstante, se ha demostrado que los corales también presentan mecanismos de defensa contra las algas (Nugues *et al.*, 2004; Chadwick & Morrow, 2011; Swierts & Vermeij, 2016).

Para los arrecifes de Veracruz se carecen de estudios que describan qué especies de algas colonizan las superficies muertas de los corales escleractinios; esencialmente se tienen inventarios de la riqueza de algas (Chávez *et al.*, 1970; Mateo-Cid *et al.*, 1996; Ortega *et al.*, 2001; Galicia-García & Morales, 2007; González-Gándara *et al.*, 2007; Godínez-Ortega *et al.*, 2009; Robinson *et al.*, 2012; Galicia-García *et al.*, 2013; Godínez-Ortega *et al.*, 2015) y de corales (Chávez *et al.*, 1970; Ortiz-Lozano *et al.*, 2013; González-Gándara *et al.*, 2015; De la Cruz-Francisco & Bandala-Pérez, 2016; De la Cruz-Francisco *et al.*, 2016; González-González *et al.*, 2016), así como de la cobertura bentónica (Chávez *et al.*, 2010; De la Cruz, 2013; Escobar, 2015; González-González *et al.*, 2016). Esta indica que los corales no han mostrado una recuperación importante luego del declive de la cobertura coralina ocurrida hace más de tres décadas; posterior a este suceso las algas han incrementado su abundancia (Jackson *et al.*, 2014).

Dada la proliferación de macroalgas en los arrecifes de Veracruz (Chávez *et al.*, 2010; De la Cruz, 2013; Escobar, 2015; González-González *et al.*, 2016), es pertinente determinar qué especies de corales son propensos al colonización de macroalgas, principalmente los Astrocoeniidae, Merulinidae, Montastraeidae, Mussidae, Siderastreidae, dado que son los constructores arrecifales más importantes (Carricart-Ganivet, 2004; Horta-Puga & Carriquiry, 2008; Horta-Puga *et al.*, 2015), ya que mantienen la cobertura coralina en los arrecifes del Estado. Por ello, el presente trabajo se realizó en el arrecife Oro Verde con el propósito de determinar la riqueza taxonómica y la similitud de los ensamblajes macroalgales en las especies de corales escleractinios, dado que este arrecife sumergido presenta una estructura bentónica caracterizada por la predominancia de macroalgas; por lo tanto, existe menor cobertura coralina en este arrecife comparado con lo que se reporta para los arrecifes emergentes aledaños, como el arrecife Lobos (Chávez *et al.*, 2010; De la Cruz, 2013; Escobar, 2015) y el arrecife Enmedio (González-González *et al.*, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El arrecife sumergido Oro Verde es de tipo plataforma, se localiza a 24 km de la desembocadura del Río Tuxpan y aproximadamente a 10 km de la costa, específicamente entre las coordenadas 21° 10' 43" N y 97° 16' 57" W (Maruri, 2012). Presenta una longitud de 1.9 km en dirección NW-SE y un ancho máximo de aproximadamente 0.78

km en dirección E-W, con una superficie de 1.1 km²; la parte más superficial es de 10 m (Maruri, 2012). Las algas frondosas y filamentosas caracterizan el bentos arrecifal con una cobertura promedio de 21±9.6% y 49.4±7.7%, respectivamente, mientras que la cobertura coralina promedio es de 9.5±6.2%, siendo las especies de corales más comunes *M. cavernosa*, *C. natans* y *S. siderea* (De la Cruz-Francisco & Bandala-Pérez, 2016). Actualmente este ecosistema marino no está dentro del polígono de protección del Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (Fig. 1) decretado en el 2009 como Área de Protección de Flora y Fauna (SEMARNAT & CONANP, 2014).

Los muestreos se realizaron en los meses junio-agosto de 2015, dado que es la época de mayor visibilidad para realizar observaciones, censos y obtener fotografías del bentos arrecifal (Maruri, 2012; De la Cruz-Francisco & Bandala-Pérez, 2016). Se establecieron 10 puntos geográficos distribuidos sistemáticamente en la porción norte, sur, este y oeste con el fin de abarcar todo el arrecife. En cada punto de muestreo se colocó un transecto de banda de 50 x 2 m para localizar asentamientos de algas en superficies muertas de corales masivos: Monstratroidae, Siderastreidae, Merulinidae, Porotidae, Astroconoidae y Musidae. Las algas se desprendieron manualmente con ayuda de una navaja y se almacenaron en bolsas de poliestireno; la cantidad de muestras por especie de coral no fue uniforme, dado que varias especies no son comunes en el arrecife (De la Cruz-Francisco & Bandala-Pérez, 2016). En el laboratorio las muestras fueron fijadas con formol al 4%, posteriormente se identificaron hasta nivel de especie utilizando claves de identificación y literatura especializada (Littler & Littler, 2000; Robinson *et al.*, 2012; Galicia-García *et al.*, 2013). Para el caso de las algas calcáreas, se descalcificaron utilizando ácido clorhídrico al 15%. Posteriormente, las especies de algas determinadas a nivel de género y/o especie se ordenaron sistemáticamente con base en el criterio que proponen Guiry y Guiry (2017); además, cada especie fue clasificada con base en los grupos morfo-funcionales que proponen Steneck y Dethier (1994).

Análisis de datos

Con los datos de la riqueza de algas se realizó un análisis de variación mediante la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para determinar diferencias significativas entre las especies de corales; para ello se utilizó el programa Statistica Versión 7.1 (StatSoft, 2005). La frecuencia de aparición de las especies de algas se estimó a partir del número de veces que fueron registradas con base en el total de corales estudiados (n=100 corales); así también, dicho parámetro fue calculado para cada especie de coral. Con esta información se elaboraron curvas de la frecuencia numérica a fin de representar las especies de algas que son comunes en los corales escleractinios.

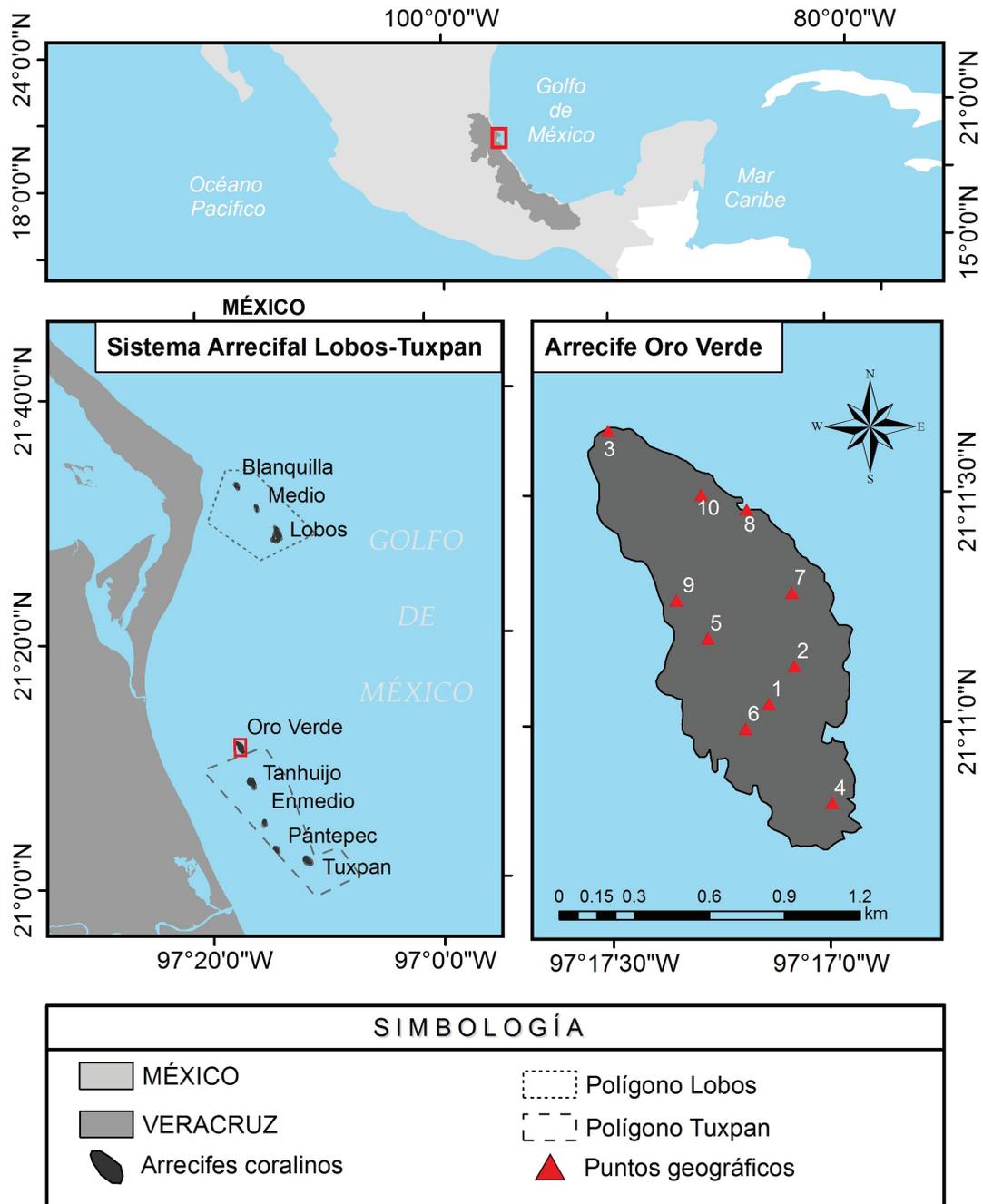


Figura 1. Localización geográfica del arrecife Oro Verde, Veracruz, México. Se muestran los sitios de muestreo. El polígono del arrecife Oro Verde fue tomado y modificado de Maruri (2012).

Por otra parte, se determinaron similitudes entre las especies de corales con base en los ensambles macroalgales registrados en el estudio mediante el índice de similitud de Jaccard (Moreno, 2001); con la matriz de similitud se generó un dendrograma a fin de mostrar gráficamente los grupos disimiles/ semejantes. También se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NDMS) con

distancia de Jaccard para representar las proximidades de las unidades de muestreo (especies de coral). Así mismo, se realizó un análisis SIMPER para determinar qué especies contribuyen en las disimilitudes/similitudes de los grupos formados. El análisis multivariado se realizó con el programa Primer Versión 7 (Clarke & Gorley, 2015).

RESULTADOS

En total se revisaron 100 corales escleractinios con asentamientos de macroalgas en el arrecife Oro Verde, pertenecientes a ocho especies: *Siderastrea siderea*, *Montastraea cavernosa*, *Pseudodiploria strigosa*, *Colpophyllia natans*, *Stephanocenia intersepta*, *Porites astreoides*, *Orbicella annularis* y *Orbicella faveolata*; siendo más comunes en el arrecife *S. siderea* y *M. cavernosa* (Fig. 2). Las algas que crecen sobre los corales escleractinios sumaron 32 especies, las cuales están agrupadas en tres divisiones, Chlorophyta, Ochrophyta, Rhodophyta, que incluyen 10 órdenes y 15 familias. Los géneros con mayor número de especies son *Dictyota* y *Amphiroa* (Tabla 1). En cuanto a grupos morfo-funcionales, fueron las macroalgas corticadas con 13 especies, foliosas corticadas con ocho especies y filamentosas con seis especies (Tabla 1).

Se registró mayor presencia de algas en los corales masivos *S. siderea* y *M. cavernosa*; ambas con 19 especies, seguido de *P. strigosa* con 17 especies. En cambio en *P. astreoides*, *O. annularis* y *O. faveolata* se hallaron menos registros de algas de 8, 7 y 6 especies respectivamente (Tabla 1).

En general, la riqueza promedio fue de 2 ± 0.9 especies de algas/coral, siendo similar a la riqueza promedio de algas que presenta cada especie de coral (Fig. 3); por consecuencia no se encontraron diferencias significativas entre especies de coral ($H=4.30294$, $P=0.744298$).

Las especies de algas que presentaron mayor frecuencia numérica en el arrecife fueron, en orden decreciente, *Laurencia obtusa*, *Amphiroa rigida* y *Caulerpa chemnitzia* (Fig. 4); por el contrario, *Halymenia* sp., *Galaxaura rugosa*, *Hypnea valentiae*, *Styopodium zonale*, *Dictyota fasciola*, *Dictyota crenulata*, *Anadyomene saldanhae* y *Valonia macrophysa* fueron las de menor presencia al registrarse en solo una colonia coralina.

Por otra parte, los corales con mayor número de colonias revisadas fueron *S. siderea* y *M. cavernosa* con 22 y 21 colonias, respectivamente; en ambas especies se registró mayor presencia de la macroalga *L. obtusa*. Por el contrario, el resto de los ensamblajes algales se registraron en menos de cinco colonias coralinas para dichas especies (Fig. 5). Mientras que en *P. strigosa*, las macroalgas estuvieron presentes en menos de la mitad de las colonias estudiadas, donde *A. rigida* se registró en seis colonias de 19 revisadas, mientras las restantes especies de algas se observaron en al menos cuatro colonias (Fig. 5).

El resto de las especies de corales recibieron menos esfuerzo de muestreo, en *S. intersepta* y *C. natans* se estudiaron nueve y ocho colonias respectivamente, donde la especie de mayor frecuencia de aparición fue *L. obtusa* observada en cuatro colonias coralinas (Fig. 5). Mientras en los corales *P. astreoides*, *O. annularis* y *O. faveolata* la frecuencia de aparición de las algas fue mínima dado que se ob-

servaron en al menos tres colonias coralinas (Fig. 5).

El dendrograma de similitud de Jaccard muestra que la composición de algas es diferente entre las especies de corales masivos. Haciendo un corte a 40% se distinguen tres grupos, el primero lo conforman los corales *O. annularis* y *O. faveolata*; el segundo grupo lo representa *P. astreoides*; estas dos agrupaciones presentaron menor riqueza de algas. El tercer grupo lo componen *C. natans*, *P. strigosa*, *S. intersepta*, *M. cavernosa* y *S. siderea*, las cuales presentaron mayor riqueza y frecuencia de algas. Pero haciendo un corte al 60% se observa que únicamente *M. cavernosa* y *S. siderea* son ligeramente semejantes en composición de algas (Fig. 6a).

Por otra parte, la técnica de ordenamiento muestra que los corales *S. siderea*, *M. cavernosa*, *S. intersepta*, *C. natans* y *P. strigosa* presentaron mayor proximidad (Fig. 6b). La prueba SIMPER determinó que existe un 43.66 % de similitud, siendo seis especies de algas las que contribuyen en la semejanza (Tabla 2). A pesar de que existe evidencia de baja similitud, el análisis SIMPROF no detectó grupos significativamente diferentes.

DISCUSIÓN

Los corales masivos del arrecife Oro Verde presentan asentamientos de macroalgas representados principalmente por algas foliosas, corticadas y filamentosas, estos grupos morfo-funcionales establecen competencia contra los corales mediante mecanismos diversos, como abrasión, sobre crecimiento, sombreado y alelopatía (McCook *et al.*, 2001; Jompa & McCook, 2003; Márquez & Díaz, 2005; Box & Mumby, 2007). Así, actúan como agentes estresores de los corales (Cetz-Navarro *et al.*, 2015), dado que llegan a recubrir rápidamente las colonias coralinas adyacentes (McCook *et al.*, 2001), pueden transmitir patógenos (Barott *et al.*, 2012), y favorecer la acumulación de sedimentos (Birell *et al.*, 2005); además, prosperan en condiciones de alta sedimentación (Nugues & Roberts, 2003b) y permanecen durante más de un año cuando la herbivoría es baja (Díaz-Pulido & McCook, 2002; Nugues & Roberts, 2003b).

Varios de los géneros registrados en el estudio como *Centroceras*, *Asparagopsis*, *Ceramium*, *Gelidiella*, *Polysiphonia*, *Hincksia* y *Sphacelaria* han sido referidos como colonizadores en áreas de blanqueamiento coralino (Díaz-Pulido & McCook, 2002), mientras que especies de los géneros *Amphiroa*, *Dictyota*, *Galaxaura*, *Gelidiella* y *Hypnea*, utilizan estrategias como sombreado y alelopatía con los que compiten contra los corales por el espacio (Mejía-Niño & Garzón-Ferreira, 2003); dichas estrategias pueden afectar el reclutamiento (Kuffner *et al.*, 2006; Barott *et al.*, 2012) y el crecimiento coralinos (Box & Mumby, 2007).

En cuanto a la frecuencia, especies de *Lauren-*

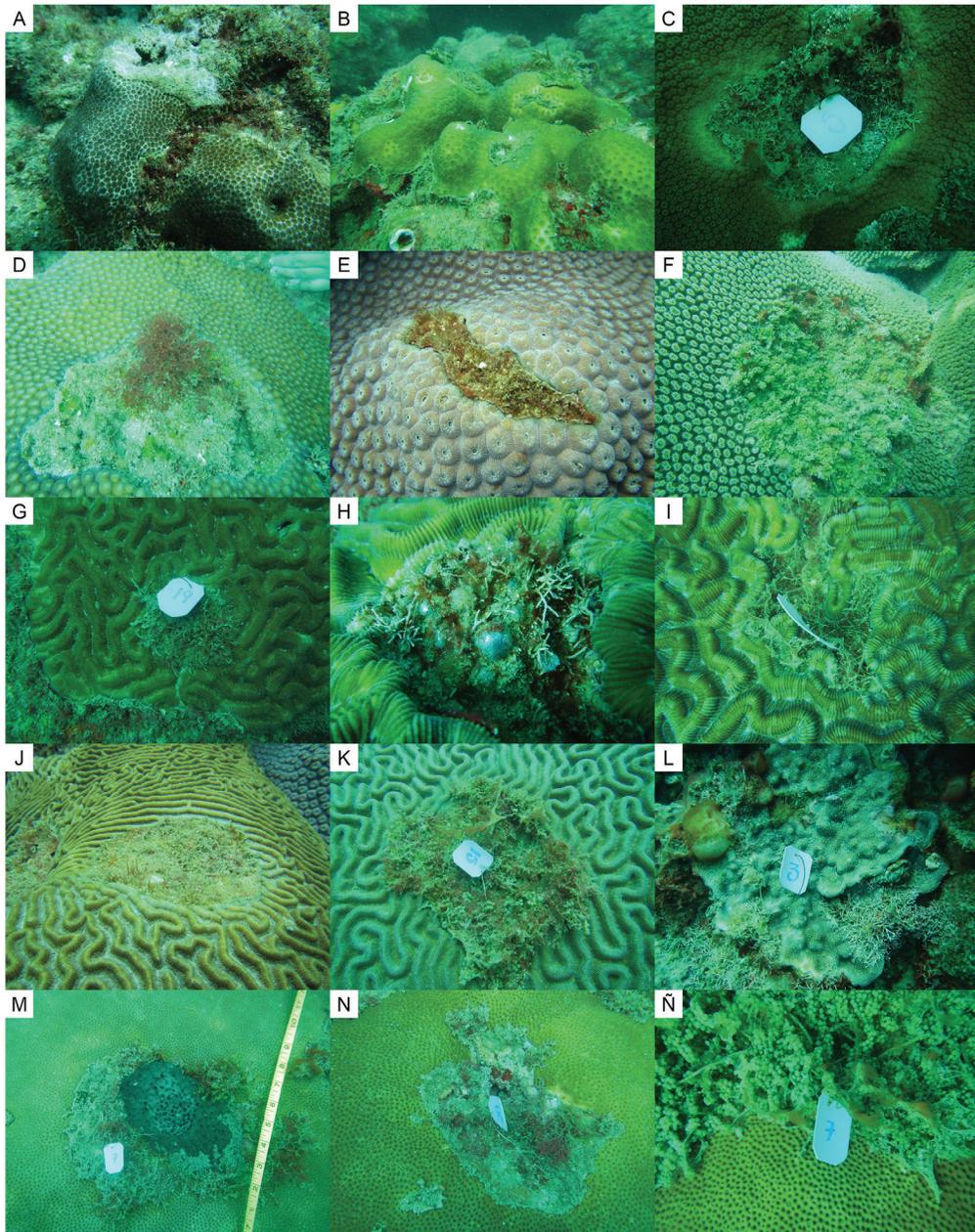


Figura 2. Especies de corales masivos con asentamientos de macroalgas. A. *Stephanocoenia intersepta*. B. *Orbicella annularis*, C. *Orbicella faveolata*, D-F. *Montastraea cavernosa*, G-I. *Colpophyllia natans*, J-K. *Pseudodiploria strigosa*, L. *Porites astreoides*, M-N. *Siderastrea siderea*.

cia, *Amphiroa* y *Caulerpa* fueron las algas más comunes sobre corales masivos; esto se puede atribuir también a que se caracterizan por presentar estrategias alelopáticas, es decir poseen sustancias químicas que las hacen no palatables para invertebrados y peces ramoneadores (Littler *et al.*, 1983; Lewis, 1985; Hay *et al.*, 1987; Márquez & Díaz, 2005; Chadwick & Morrow, 2011).

Estudios experimentales han demostrado que

las algas afectan la estabilidad de los corales masivos del Atlántico Occidental; específicamente se ha comprobado en *O. annularis* y *O. faveolata* que las algas césped pueden causar estrés crónico, por ejemplo, pérdida del tejido coralino, disminución en la densidad de zooxantelas y de la concentración de clorofila (Quan-Young & Espinoza-Avalos, 2006; Cetz-Navarro *et al.*, 2013); también afectan la reproducción sexual (Cetz-Navarro *et al.*, 2015). Incluso los sedimentos retenidos por los céspedes de algas

Tabla 1. Continuación

Categorías taxonómicas	GMF	SI	OA	OF	MC	CN	PS	PA	SS
Familia: Gelidiellaceae									
<i>Parviphycus trinitatis</i> (W.R.Taylor) M.J.Wynne	mcort	0	0	0	1	2	2	0	1
<i>Pterocladiaella sanctarum</i> (Feldmann & Hamel) Santelices	mcort	0	0	0	2	0	1	1	0
Orden: Gigartinales									
Familia: Cystocloniaceae									
<i>Hypnea valentiae</i> (Turner) Montagne	mcort	0	0	0	0	0	1	0	0
Orden: Ceramiales									
Familia: Rhodomelaceae									
<i>Laurencia obtusa</i> (Hudson) J.V.Lamouroux	mcort	4	3	1	9	4	4	2	13
Orden: Peyssonneliales									
Familia: Peyssonneliaceae									
<i>Peyssonnelia</i> sp.	estr	1	3	0	2	1	1	0	2
Orden: Halymeniales									
Familia: Halymeniaceae									
<i>Halymenia</i> sp.	mcort	0	0	0	0	0	0	0	1
División: Chlorophyta									
Clase: Ulvophyceae									
Orden: Bryopsidales									
Familia: Caulerpaceae									
<i>Caulerpa chemnitzia</i> (Esper) J.V.Lamouroux	mcort	1	0	2	5	2	0	1	4
<i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophysa</i> (Sonder ex Kützinger) W.R.Taylor, 1928	mcort	2	0	0	3	0	1	0	3
<i>Caulerpa verticillata</i> J.Agardh	mcort	1	0	0	2	0	0	0	1
Familia: Codiaceae									
<i>Codium intertextum</i> Collins & Hervey	mcort	0	1	0	0	0	0	0	0
Orden: Cladophorales									
Familia: Anadyomenaceae									
<i>Anadyomene saldanhae</i> A.B.Joly & E.C.Oliveira	mcort	0	0	0	0	0	1	0	0
Familia: Valoniaceae									
<i>Valonia macrophysa</i> Kützinger	sif	0	0	0	0	1	0	0	0
Muestras		9	7	6	21	8	19	8	22
Riqueza total		12	10	9	19	12	17	9	19

pueden transmitir patógenos y afectar las colonias coralinas adyacentes (Barott *et al.*, 2012). En *P. astreoides* se ha comprobado que los céspedes algales y cianobacterias inhiben el reclutamiento coralino, principalmente por especies de *Dictyota* y *Lyngbya*, respectivamente (Kuffner *et al.*, 2006). Así también, algas verdes como *Halimeda opuntia* y cianobacterias como *Lyngbya variegata* pueden inhibir el crecimiento de corales pequeños de las especies *Agaricia agaricites*, *P. astreoides* y *C. natans* (Ferrari *et al.*, 2012).

Los corales *S. siderea* y *M. cavernosa* registra-

ron mayor número de especies de algas debido al mayor esfuerzo de trabajo, dado que son las especies más comunes y mantienen la cobertura coralina en el arrecife Oro Verde (De la Cruz-Francisco y Bandala-Pérez, 2016); la representatividad de estas especies en el arrecife se atribuye a que son especies adaptadas para tolerar condiciones estresantes como la sedimentación (Rogers, 1990; Sanders & Baron-Szabo, 2005; Horta-Puga & Carriquiry, 2008; Darling *et al.*, 2012). Todo parece indicar que también son resistentes a la interacción con algas, posiblemente se defienden mediante la extensión

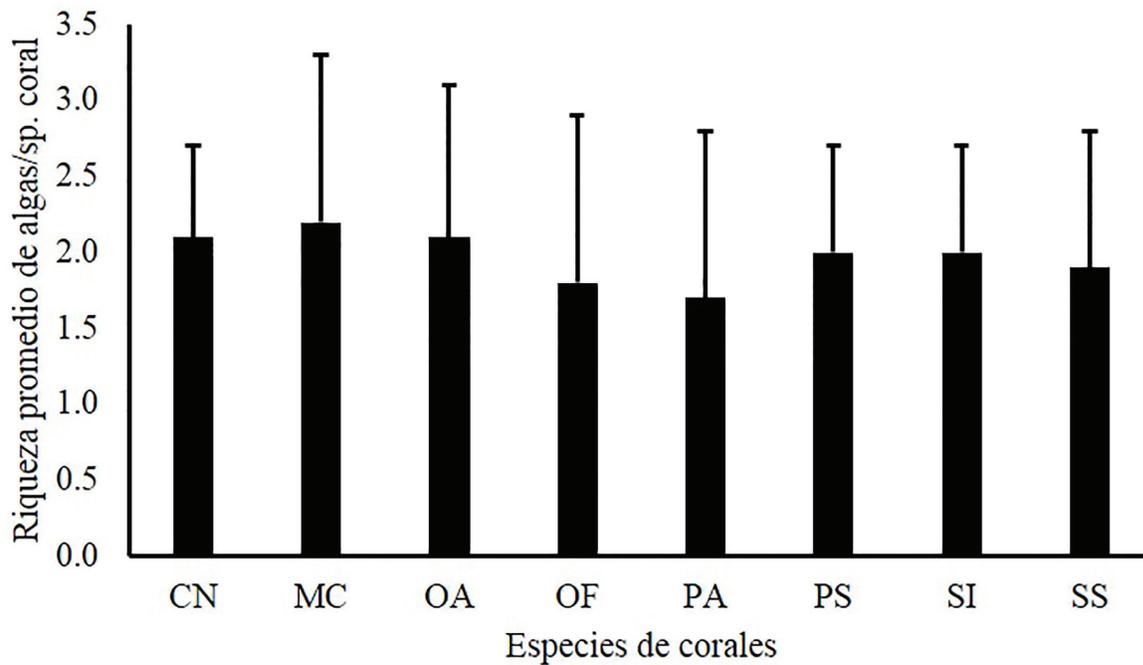


Figura 3. Riqueza promedio de algas registradas en los corales masivos del arrecife Oro Verde, Veracruz. Corales masivos: SI= *Stephanocoenia intersepta*, OA= *Orbicella annularis*, OF= *Orbicella faveolata*, CN= *Colpophyllia natans*, PS= *Pseudodiploria strigosa*, PA= *Porites astreoides*, SS= *Siderastrea siderea*.

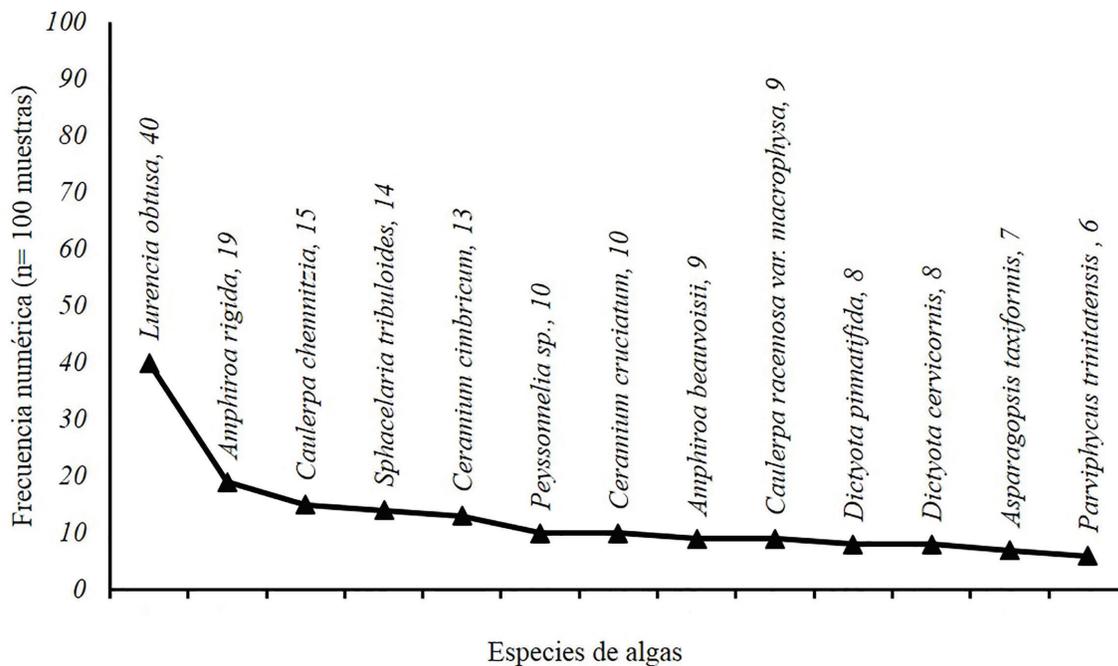


Figura 4. Especies de algas del arrecife Oro Verde con mayor valor de frecuencia relativa (n= 100 muestras).

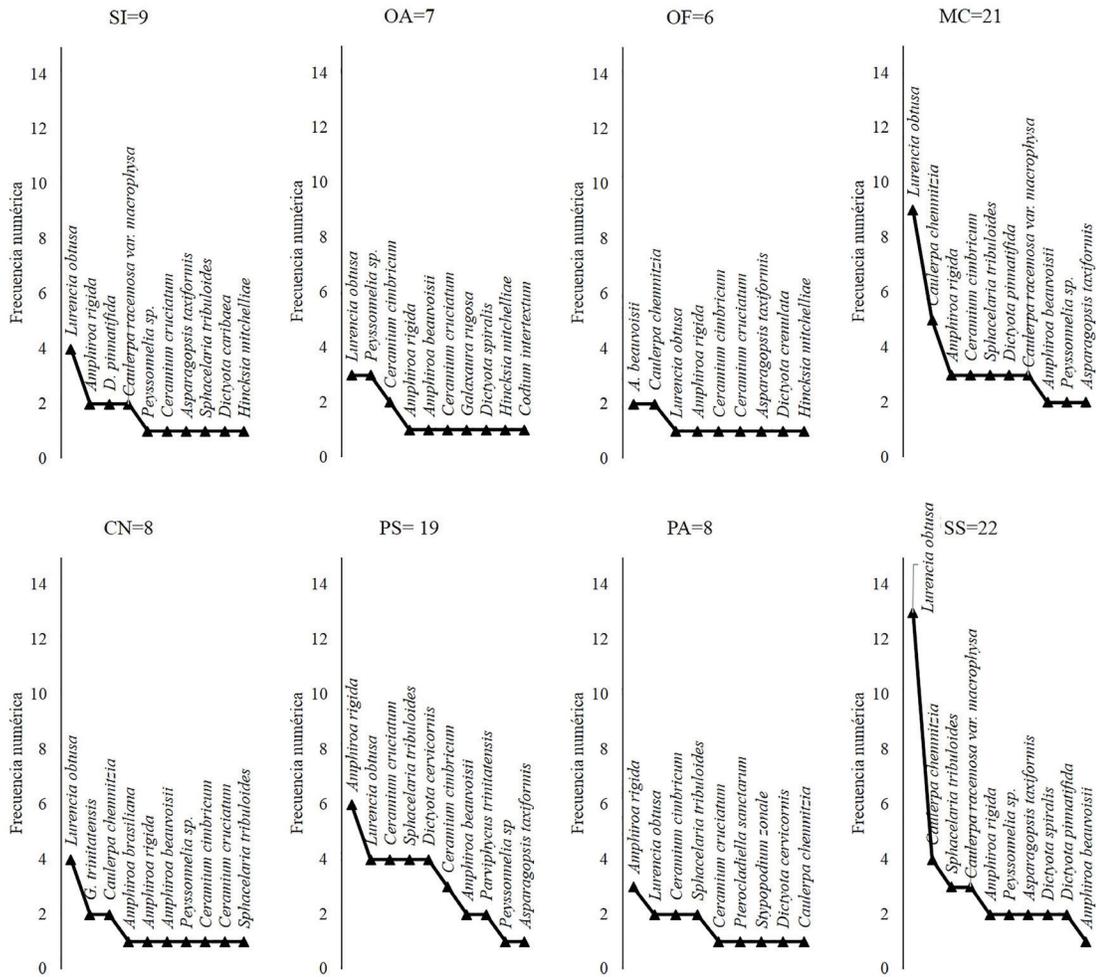


Figura 5. Frecuencia numérica de las especies de algas registradas en los corales masivos del arrecife Oro Verde. SI= *S. intersepta*, OA= *O. annularis*, OF= *O. faveolata*, MC= *M. cavernosa*, CN= *C. natans*, PS= *P. strigosa*, PA= *P. astreoides*, SS= *S. siderea*.

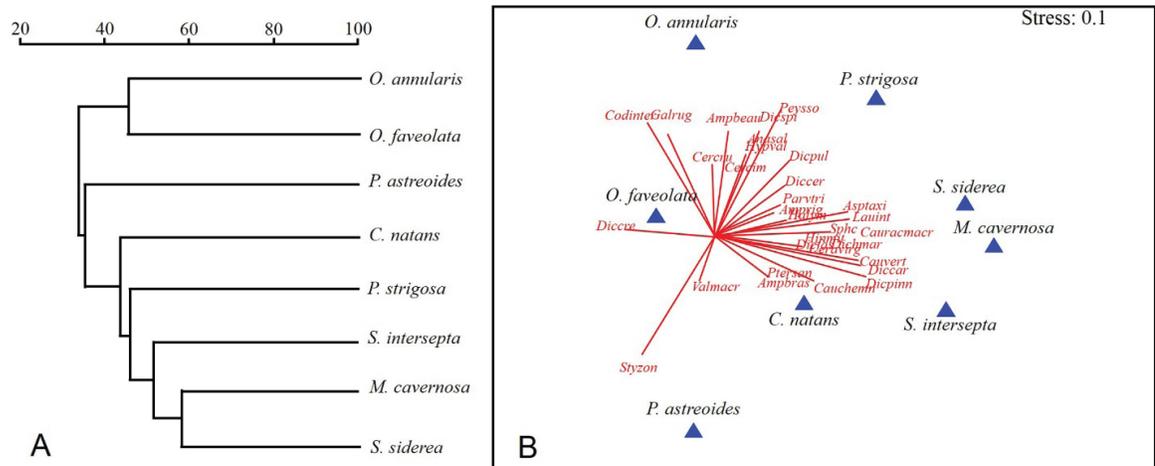


Figura 6. A) Análisis de clasificación y B) ordenación (distancia de Jaccard) de la composición de algas registradas en los corales masivos del arrecife Oro Verde, Veracruz, México.

Tabla 2. Especies de algas que contribuyeron en la similitud de las especies de corales masivos del arrecife Oro Verde.

Grupo	Similitud promedio	% contribución	% acumulado
<i>L. obtusa</i>	5.00	25.44	25.44
<i>A. rigida</i>	2.38	13.87	39.30
<i>C. cimbricum</i>	1.63	9.59	38.89
<i>C. cruciatum</i>	1.25	8.67	57.56
<i>C. chemnitzia</i>	1.88	7.89	65.45
<i>S. tribuloides</i>	1.75	6.58	72.04

de filamentos mesentéricos, dado que este comportamiento ha sido comprobado en *M. cavernosa*, *O. annularis* y *P. strigosa* que afecta al alga calcárea *Halimeda opuntia* (Nugues *et al.*, 2004).

Según De la Cruz-Francisco & Bandala-Pérez (2016) el bentos del arrecife Oro Verde es homogéneo, tanto en cobertura como en composición de esponjas y corales. En nuestros resultados se apreció una tendencia similar debido a que no se encontraron grupos significativamente distintos en composición de algas. Sin embargo, el análisis SIMPER indicó una similitud del 43.66% entre las especies de corales masivos, siendo *L. obtusa*, *A. rigida*, *C. cimbricum*, *C. cruciatum*, *C. chemnitzia* y *S. tribuloides* las macroalgas que contribuyeron en dicha semejanza; este conjunto de especies manifestaron mayor frecuencia en las colonias coralinas, lo cual puede estar relacionado con que presentan estrategias para competir con los corales (Mejía-Niño & Garzón-Ferreira, 2003; Kuffner *et al.*, 2006; Quan-Young & Espinoza-Avalos, 2006; Box & Mumby, 2007; Barott *et al.*, 2012), o son resistentes a la herbivoría (Littler *et al.*, 1983; Lewis, 1985; Hay *et al.*, 1987; Márquez & Díaz, 2005; Chadwick & Morrow, 2011) y a la sedimentación (Birrell *et al.*, 2005; Nugues & Roberts, 2003b), propiedades que favorecen su persistencia en los arrecifes de coral (Fong & Paul, 2011). Asimismo, los asentamientos algales en las especies de corales no son significativamente diferentes, lo que nos conduce a suponer que las algas no muestran preferencia por alguna especie de coral.

Tanto las propiedades alelopáticas como las estrategias mecánicas que utilizan las algas en la competencia con los corales, así como la herbivoría y la tasa de sedimentación, deben ser investigadas a futuro con el fin de esclarecer si son las causas que favorecen la dominancia de las algas en el arrecife Oro Verde (De la Cruz-Francisco & Bandala-Pérez, 2016). Es posible que estos procesos actúen negativamente en la resiliencia de los corales (Nugues & Roberts, 2003b), dado que la cobertura coralina en el arrecife Oro Verde es baja de 9.5±6.2% (De la Cruz-Francisco & Bandala-Pérez, 2016), donde posiblemente los corales adultos se mantienen vivos pero con un gasto energético para limpieza del tejido

y defensa contra algas (McCook *et al.*, 2001; Nugues *et al.*, 2004), en detrimento de su crecimiento y reproducción (Ferrari *et al.*, 2012; Cetz-Navarro *et al.*, 2015; Horta-Puga & Carriquiry, 2004). Conocer toda esta dinámica ayudaría aclarar estas suposiciones y permitiría tomar decisiones importantes en materia de manejo y conservación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Veracruzana por facilitarnos el equipo de buceo y la embarcación de la facultad de Biología. A Víctor Alfonso Reyna Matezans por su ayuda en la recolecta de muestras. A Rosa Estela Orduña Medrano por su apoyo en la confirmación de algunas especies de algas. A Jordán Gutiérrez Vivanco y Arturo Valdés Murillo por facilitarnos el material de laboratorio y de microscopía.

REFERENCIAS

- Aguilar-Rosas, R., L.E. Aguilar-Rosas, A. E. G. Serrano, G. O Yajimovich, & B. F. Bobadilla. 2010. Macroalgas submareales de la bahía de Todos Santos, Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: 601-618. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2010.003.632>
- Barott K. L., B. Rodríguez-Mueller, M. Youle, K. L. Marhaver, M. J. A. Vermeij, J. E. Smith & F. L. Rohwer. 2012. Microbial to reef scale interactions between the reef-building coral *Montastraea annularis* and benthic algae. *Proceedings of the Royal Society*, 279: 1655-1664. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.2155>
- Birrell, C. L., K. L. J. McCook & B. L. Willis. 2005. Effects of algal turfs and sediment on coral settlement. *Marine Pollution Bulletin*, 51: 408-414. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.10.022>
- Box, S. J. & P. J. Mumby. 2007. Effect of macroalgal competition on growth and survival of juvenile Caribbean corals. *Marine Ecology Progress Series*, 342: 139-149. <https://doi.org/10.3354/meps342139>
- Burke, L. & J. Maidens. 2005. Arrecifes en peligro en el Caribe. World Resources Institute Washington, DC.80 p.

- Carricart-Ganivet, J. P. 2004. Sea surface temperature and the growth of the West Atlantic reef-building coral *Montastraea annularis*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 302: 249-260.
<https://doi.org/10.1016/j.jembe.2003.10.015>
- Cetz-Navarro, N. P., E. J. Carpizo-Ituarte, J. Espinoza-Avalos, G. Chee-Barragán. 2015. The effect of filamentous turf algal removal on the development of gametes of the coral *Orbicella annularis*. *PLoS ONE*, 10(2): e0117936.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117936>
- Cetz-Navarro, N. P., J. Espinoza-Avalos, H. A. Hernández-Arana & J. P. Carricart-Ganivet. 2013. Biological responses of the coral *Montastraea annularis* to the removal of filamentous turf algae. *PLoS ONE*, 8(1): e54810.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054810>
- Chadwick, E. M. & M. K. Morrow. 2011. *Competition among sessile organisms on coral reefs*. 347-371. In: Dubinsky, Z. & N. Stambler (eds.) *Coral Reef: an ecosystem in transition*. Springer Netherlands.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-0114-4_20
- Chávez, E.A., E. Hidalgo & M.L. Sevilla. 1970. Datos acerca de las comunidades bentónicas del arrecife Lobos, Veracruz. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 30: 211-281.
- Chávez, E.A., J.W. Tunnell Jr. & K. Withers. 2010. Zonación y Ecología de los Arrecifes: Plataforma Veracruzana y Banco Campeche. 60-100. In: Tunnell, J.W. Jr., E.A. Chávez & K. Withers (eds). *Arrecifes Coralinos del Sur del Golfo de México*. Versión en español. Instituto Politécnico Nacional, México. 293 p.
- Clarke, K. R. & R. N. Gorley. 2015. Getting started with PRIMER V7. PRIMER-E. Plymouth, Reino Unido. PRIMER-E Ltd.
- Darling, E.S., L. Alvarez-Filip, T.A. Oliver, T.R. McClanahan & I.M. Coté. 2012. Evaluating life history strategies of reefs corals from species traits. *Ecology Letters*, 15: 1378-1386.
<https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01861.x>
- De la Cruz F., V. 2013. *Estructura de las comunidades macrobentónicas y nectónicas asociadas a los sustratos rocosos coralinos del arrecife Lobos, Veracruz, México*. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, 109 p.
- De la Cruz-Francisco, V., M. González-González & I. Morales-Quijano. 2016a. Inventario taxonómico de Hydrozoa (Orden: Anthoathecata) y Anthozoa (Subclases: Hexacorallia y Octocorallia) del Arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan. *CICIMAR Oceanides*, 31: 23-34.
<https://doi.org/10.37543/oceanides.v31i1.157>
- De la Cruz-Francisco, V. & Á. E. Bandala-Pérez. 2016. Esponjas y Cnidarios (Hydrozoa y Anthozoa) del arrecife Oro Verde: cobertura bentónica y afinidad faunística con sistemas arrecifales de Veracruz, México. *CICIMAR Oceanides*, 31 (2): 45-64.
<https://doi.org/10.37543/oceanides.v31i2.185>
- Diaz-Pulido, G. & L. J. McCook. 2002. The fate of bleached corals: patterns and dynamics of algal recruitment. *Marine Ecology Progress Series*, 232: 115-128.
<https://doi.org/10.3354/meps232115>
- Escobar V., C. 2015. *Estructura de la comunidad coralina del arrecife Isla Lobos, Veracruz, México*. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Baja California Sur, 90 p.
- Ferrari, N., M. González-Rivero & P. J. Mumby. 2012. Size matters in competition between corals and macroalgae. *Marine Ecology Progress Series*, 467: 77-88.
<https://doi.org/10.3354/meps09953>
- Fong, P. & J. V. Paul. 2011. Coral reef algae. 241-272. In: Dubinsky, Z. & N. Stambler (eds.) *Coral Reef: an ecosystem in transition*. Springer Netherlands.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-0114-4_17
- Galicia-García, C. & A. Morales García. 2007. Investigaciones sobre macroalgas realizadas en el sistema arrecifal veracruzano. 141-160. In: A. Granados Barba, L. G. Abarca Arenas & J.M. Vargas Hernández (eds). *Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. Universidad Autónoma de Campeche. ISBN 968-5722-53-6.
- Galicia-García, C., N. M. Robinson & Y. B. Okolodkov. 2013. New records of red algae (Rhodophyta) for Cabezo Reef, National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico. *Acta Botánica Mexicana*, 102: 39-76.
<https://doi.org/10.21829/abm102.2013.233>
- Godínez-Ortega, J. L., P. Ramírez-García & A. Granados-Barba, A. 2015. *Estructura comunitaria del macrofitobentos en los arrecifes De Enmedio y Chopas*. 35-46. In: Granados-Barba, A., I. 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 de Campeche.
- Godínez-Ortega, J. L., P. Ramírez-García & K. Pedraza-Venegas. 2009. Cambios en la flora de Arrecife Hornos (Veracruz, México). *Tip, Revista especializada en Ciencias Químico Biológicas*, 12(2): 59-65.
- González-Gándara, C., C. Domínguez-Barradas, V. De la Cruz-Francisco, F.A. Solís-Marín & J.P. Carricart-Ganivet. 2015. Esponjas, corales escleractinios, equinodermos y peces de arrecifes

- coralinos del norte y sur de Veracruz. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Informe final SNIB-CO-NABIO, proyecto JF124. México D.F. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfJF124.pdf>. Fecha de consulta 13 de enero de 2016.
- González-Gándara, C., M. Cruz-Arellano, C. Domínguez-Barradas, A. Serrano & A. J. Basáñez-Muñoz. 2007. Macroalgas asociadas a cuatro hábitats del arrecife Tuxpan, Veracruz, México. *Revista Científica UDO Agrícola*, 7(1):252-257.
- González-González, M., V. De la Cruz-Francisco, I. Morales-Quijano & R. E. Orduña-Medrano. 2016. Diversidad y cobertura de la comunidad bentónica del arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, México. *Revista de Ciencias Marinas y Costeras*, 8(2): 47-65. <https://doi.org/10.15359/revmar.8-2.3>
- Guiry, M. D. & G. M. Guiry. 2017. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>.
- Hay, E. M., Fenical, W., Gustafson, K. 1987. Chemical defense against diverse coral-reef herbivores. *Ecology*, 68 (6): 1581-1591. <https://doi.org/10.2307/1939850>
- Horta-Puga, G. & J. D. Carriquiry. 2008. Growth of the hermatypic coral *Montastraea cavernosa* in the Veracruz Reef System. *Ciencias Marinas*, 34 (1): 107-112. <https://doi.org/10.7773/cm.v34i1.1251>
- Horta-Puga, G., J.L. Tello-Musi, A. Beltrán-Torres, J.P. Carricart-Ganivet, J.D. Carriquiry & J. Villaescusa-Celaya. 2015. *Veracruz Reef System: a hermatypic coral community thriving in a sedimentary terrigenous environment*. 181-208. In: A. Granados-Barba, I. 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.
- Jackson, J. B. C., M. K. Donovan, K. L. Cramer & W. Lam. 2014. *Status and Trends of Caribbean Coral Reefs: 1970-2012*. Washington, EE. UU.: Global Coral Reef Monitoring Network, IUCN, Gland, Switzerland.
- Jompa, J. & L. J. McCook. 2003. Coral-algal competition: macroalgae with different properties have different effects on corals. *Marine Ecology Progress Series*, 258: 87-95. <https://doi.org/10.3354/meps258087>
- Kuffner, I. B., L. J. Walters, M. A. Becerro, V. J. Paul, R. Ritson-Williams & K. S. Beach. 2006. Inhibition of coral recruitment by macroalgae and cyanobacteria. *Marine Ecology Progress Series*, 323: 107-117. <https://doi.org/10.3354/meps323107>
- Lewis, S. M. 1985. Herbivory on coral reefs: algal susceptibility to herbivorous fishes. *Oecologia*, 65: 370-375. <https://doi.org/10.1007/BF00378911>
- Littler, M. M., P. R. Taylor & D. S. Littler. 1983. Algal resistance to herbivory on a caribbean Barrier Reef. *Coral Reefs*, 198 (2): 111 -118. <https://doi.org/10.1007/BF02395281>
- Littler, M.M. & D. S. Littler. 2000. *Caribbean Reef Plants an Identification Guide to the Reef Plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico*. Off-shore Graphic. Washington. 542 p.
- Márquez, J. C. & J. M. Díaz. 2005. Interacciones entre corales y macroalgas: dependencia de las especies involucradas. *Bol. Invest. Mar. Cost.*, 34: 227-242. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2005.34.0.242>
- Maruri-Cruz, M. 2012. *Evaluación de la comunidad de los corales pétreos del arrecife no emergente Oro Verde, Tuxpan, Veracruz*. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana. 90 p.
- Mateo-Cid, L., A. Mendoza-González & C. Galicia-García. 1996. Algas marinas de Isla Verde, Veracruz, México. *Acta Botánica Mexicana*, 36: 59-75. <https://doi.org/10.21829/abm36.1996.762>
- McCook, L.J., J. Jompa, G. Díaz-Pulido. 2001. Competition between corals and algae on coral reefs: a review of evidence and mechanisms. *Coral Reefs*, 19(4): 400-417. <https://doi.org/10.1007/s003380000129>
- McCook L.J. 1999. Macroalgae, nutrients and phase shifts on coral reefs: scientific issues and management consequences for the Great Barrier Reef coral. *Coral Reefs*, 18(4): 357-367. <https://doi.org/10.1007/s003380050213>
- Mejía-Niño, N. & J. Garzón-Ferreira. 2003. Dinámica de las interacciones alga-coral en dos bahías de la región de Santa Marta (Caribe Colombiano) con distinto grado de influencia antropogénica. *Boletín de Investigaciones. Marinas y Costeras*, 32: 243-261. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2003.32.0.269>
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA*. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Zaragoza. 84 p.
- Nugues, M. M. & C. M. Roberts. 2003a. Partial mortality in massive reef corals as an indicator of sediments stress on coral reefs. *Marine Pollution Bulletin*, 46: 314-323. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00402-2](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00402-2)
- Nugues, M. M. & C. M. Roberts. 2003b. Coral mortality and interaction with algae in relation to sedimentation. *Coral Reefs*, 22: 507-516. <https://doi.org/10.1007/s00338-003-0338-x>

- Nugues, M. M. & R. P. M. Bak. 2006. Differential competitive abilities between Caribbean coral species and a brown alga: a year of experiments and a long-term perspective. *Marine Ecology Progress Series*, 315: 75-86. <https://doi.org/10.3354/meps315075>
- Nugues, M. M., L. Delvoye & R. P. M. Bak. 2004. Coral defence against macroalgae: differential effects of mesenterial filaments on the Green alga *Halimeda opuntia*. *Marine Ecology Progress Series*, 278: 103-114. <https://doi.org/10.3354/meps278103>
- Ortega, M. M., J. L. Godínez & G. Garduño-Solórzano. 2001. *Catálogo de algas bénticas de las costas del Golfo de México y Mar Caribe*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 594 p.
- Ortiz-Lozano, L., H. Pérez-España, A. Granados-Barba, C. González-Gándara, A. Gutiérrez-Velázquez & J. Martos. 2013. The Reef Corridor of the Southwest Gulf of Mexico: Challenges for its management and conservation. *Ocean & Coastal Management*, 86: 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.10.006>
- Quan-Young, L. I. & J. Espinoza-Avalos. 2006. Reduction of zooxanthellae density, chlorophyll *a* concentration, and tissue thickness of the coral *Montastraea faveolata* (Scleractinia) when competing with mixed turf algae. *Limnol. Oceanogr.*, 51 (2): 1159-1166. <https://doi.org/10.4319/lo.2006.51.2.1159>
- Robinson, N. M., C. Galicia-García & Y. B. Okolodkov. 2012. New records of Green (Chlorophyta) and brown algae (Phaeophyceae) for Cabezo reef, National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico. *Acta Botánica Mexicana*, 101:11-48. <https://doi.org/10.21829/abm101.2012.24>
- Rogers, C. S. 1990. Responses of coral reef and reef organisms to sedimentation. *Marine Ecology Progress Series*, 62: 185-202. <https://doi.org/10.3354/meps062185>
- Sanders, D. & R. C. Baron-Szabo. 2005. Scleractinian assemblages under sediment input: their characteristics and relation to the nutrient input concept. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 216: 139-181. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2004.10.008>
- SEMARNAT & CONANP. 2014. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna, Sistema Arrecifal LobosTuxpan. Recuperado en marzo 07, 2016, http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/2014/Lobos_tuxpanfial.pdf
- StatSoft, 2005. Statistica (data analysis software system), version 7.1. www.statsoft.com.
- Steneck, R. S. & M. N. Dethier. 1994. A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos*, 69: 476-498. <https://doi.org/10.2307/3545860>
- Swierts, T. & M. J. A. Vermeij. 2016. Competitive interactions between corals and turf algae depend on coral colony form. *Peer J.*, 4:e1984; <https://doi.org/10.7717/peerj.1984>
- Wilkinson, C. 2008. Status of coral reefs of the world: 2008. Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, Australia, 296 p.

Copyright (c) 2017 Luna Ortega, Ivonne & Vicencio de la Cruz-Francisco



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Recomendación de licencia - Texto completo de la licencia](#)

