

CAMBIOS EN LA FLORA BÉNTICA DE ARRECIFE HORNOS (VERACRUZ, MÉXICO)

José Luis Godínez-Ortega^{a*}, Pedro Ramírez-García^a
y Karla Pedraza-Venegas^a

^aInstituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México,
Apdo. Postal 70-233, C.P. 04510, México, D.F. E-mail*:jlgo@servidor.unam.mx

RESUMEN

El Arrecife Hornos pertenece al Sistema Arrecifal Veracruzano y por su accesibilidad a la costa ha sufrido el impacto antropogénico directo causando cambios en su biodiversidad. El objetivo del presente estudio fue conocer la composición y estructura florística, además de verificar los posibles cambios florísticos que han ocurrido en el área desde el último estudio en 1962. Los muestreos fueron realizados en las épocas de secas y lluvias (abril, 2008 y junio, 2008, respectivamente). La atribución de flora presente para 5 formas de vida (pastos marinos + epífitas, calcificadas/costrosas, filamentosas, tubulares/laminares, racemosas/carnosas) fue realizada con base en el análisis de la cobertura vegetal muestreada en 50 m². Al comparar las especies del presente estudio con las especies reportadas en la literatura previamente se observó que de las 58 especies, 25 son nuevos reportes para Arrecife Hornos. La flora en 2008 fue pobre en comparación con las reportadas en 1962 (27 especies comparadas con las 58 especies). La flora de 1962 tenía un índice de Cheney de 3.5 que indica una flora mixta con elementos tropicales y subtropicales, sin embargo, para el presente estudio observamos un índice de 25 lo cual indica una flora tropical sin elementos subtropicales. Diversas especies de *Sargassum hystrix* var. *buxifolium* y *S. polyceratum*, comunes en 1962 han desaparecido de Arrecife Hornos y especies con afinidad a aguas tropicales como *Caulerpa racemosa* y *C. sertularioides* están ahora presentes. Los valores de cobertura nos demuestran que Arrecife Hornos está cubierto en su mayoría por *Thalassia testudinum* y algas calcificadas (*Lithophyllum* aff. *congestum*) y en menor proporción algas filamentosas, laminares y racemosas. El presente estudio sugiere la existencia de cambios en la composición y cobertura fitobentónica de Arrecife Hornos.

Palabras Clave: Arrecife Hornos, comunidades fito-bentónicas, flora algal, pastos marinos, Veracruz.

ABSTRACT

The Hornos Reef belongs to the Veracruz Reef System and, for its accessibility to the coast, it has suffered a direct anthropogenic impact that has caused changes in its biodiversity. The aim of the present study was to know its floristic composition and structure, in addition to verify possible floristic changes that have occurred in the area, last studied in 1962. The samplings were carried out in the dry and rainy seasons (April, 2008 and June, 2008, respectively). The attribution of flora present for 5 forms of life (seagrasses + epiphytes, calcified/crust algae, filamentous, tubular/laminated algae, racemose/fleshy algae) was carried out based on the analysis of the vegetal cover in 50 m². When comparing the species of the present study with the species previously reported, one observes that of the 58 species, 25 are new reports for Hornos Reef. The flora in 2008 was poor in comparison with that reported in 1962 (27 species compared with 58 species). The flora of 1962 had a 3.5 Cheney index that indicates a mixed flora with tropical and subtropical elements. For the present study, however, we observe a high index (25) that indicates a tropical flora without its subtropical elements. Diverse species of *Sargassum hystrix* var. *buxifolium* and *S. polyceratum*, common in 1962, have disappeared from Hornos Reef, and species with affinity to tropical waters such as *Caulerpa racemosa* and *C. sertularioides* are present now. The covering value demonstrates that Hornos Reef is mostly covered by *Thalassia* and calcified algae (*Lithophyllum* aff. *congestum*) and in a smaller proportion by filamentous, laminated and racemose algae. The present study suggests the existence of changes in the phyto-benthonic composition and covering of Hornos Reef.

Key words: Hornos Reef, phytobenthic communities, algal flora, seagrasses, Veracruz.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las comunidades fitobentónicas marinas están sujetas a frecuentes disturbios, sean antropogénicos, como construcciones en la ribera, eutrofización y daños mecánicos o naturales como movimiento de arenas por las olas, tormentas y huracanes/tifones y sobre-pastoreo^{1,2}. Esos disturbios pueden ser lo suficientemente fuertes para llevar a una pérdida parcial o total de la comunidad vegetal¹. La tasa de degradación de los ecosistemas marinos se ha incrementado como una consecuencia de presiones humanas directas, pero adicionalmente el cambio climático global también está ocasionando una aceleración de la degradación de los ecosistemas³.

El Arrecife Hornos pertenece al Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) y constituye una ancha franja de 500 m entre la zona del rompeolas Sur que protege y limita la entrada al puerto, hasta Punta Hornos. Está constituido en su mayoría por una barrera de corales muertos. Hornos ha sufrido el impacto directo del hombre por su accesibilidad y cercanía a la costa⁴.

El propósito de esta investigación, fue emprender el registro de la biodiversidad vegetal marina por medio del análisis de sus componentes estructurales e identificación de los cambios florísticos en el tiempo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El sitio de estudio fue establecido entre 0.90-1.5 m de profundidad sobre el Arrecife Hornos, Veracruz (19° 11' 20"N, 96° 07' 16"W) (Figura 1). Los muestreos fueron realizados en la época de secas (abril, 2008) y lluvias (junio, 2008). Se cuantificó la cobertura vegetal (pastos y algas), y otros componentes del paisaje (coral, arena, guijarros, anémonas, esponjas, equinodermos) en un área de 50 m², para lo cual se levantaron dos transectos (uno en cada época) perpendiculares a la línea de costa de 50 m de largo por 1 m de ancho, cuantificando la cobertura con un cuadro, metro por metro^{5,6}. El cuadro (1 m²) contuvo 64 sub-cuadros o celdas de 12.5 x 12.5 cm. Para el análisis estadístico, se consideraron 5 "formas de vida": Pastos marinos + Epífitas (PE), Calcificadas/Costrosas (CC), Filamentosas (F), Tubulares/Laminares (TL), Racemosas/Carnosas (RC). Estos grupos vegetales facilitaron la interpretación de la comunidad algal y de ceibadal (pastizal marino). Se contaron los componentes o formas de vida de cada cuadro tomando como unidad de medición las celdas. La cobertura de cada forma de vida se determinó como una proporción (%) con base al número de celdas ocupadas por el componente^{5,6}. Se tomaron fotografías y muestras del cuadro o celdas para su determinación posterior en el laboratorio^{7,8}. Se colectó material adicional en la zona aledaña al transecto.

Los materiales colectados para estudio en el laboratorio fueron preservados en agua de mar-formol al 4% y neutralizado con borato de sodio. Se realizaron cortes transversales (15-20 µm) de las estructuras mediante un criostato, posteriormente se tiñeron

con azul de anilina (1%) y se montaron en miel Karo/Fenol al 70%. Las algas calcáreas fueron tratadas conforme a la técnica de Athanasiadis⁹. Los ejemplares de herbario fueron depositados en el Herbario Nacional del Instituto de Biología de la UNAM (MEXU). Se determinó la riqueza vegetal y se comparó con la reportada en la literatura de más de 40 años^{10,11}. La lista florística reportada por Humm & Hildebrand¹¹ fue corregida de acuerdo a la moderna taxonomía¹² para compararla con el presente estudio. La atribución de flora presente para diferentes formas de vida fue hecha con base en el análisis de la cobertura vegetal muestreada en 50 m². Se aplicó el índice de Cheney (IC) al número de especies encontradas en la zona de estudio¹³. El índice de Cheney permite conocer las afinidades florísticas (tropicales, subtropicales y mixtas) al relacionar el número de especies de los grupos: Rhodophyta (R), Chlorophyta (C) y Phaeophyceae (P) en la ecuación $R+C/P$, pero también muestra el balance entre los taxa y los cambios en el tiempo. Valores menores de 3 indican una flora subtropical o templada, 6 o más señalan una flora tropical y valores intermedios entre 3-6 una flora mixta. El programa SPSS 15.0¹⁴ fue utilizado para la estadística descriptiva.

RESULTADOS

Se identificaron 28 taxa específicos e infraespecíficos, que comprende 16 Rhodophyta (57.1%), 1 Phaeophyceae (3.5%), 10 Chlorophyta (35.7%) y 1 Magnoliophyta (3.5%) (Tabla I).

En las Figuras 2 y 3 se presentan las estimaciones porcentuales de la cobertura de las formas de vida y la composición del paisaje en la época de secas (abril) y lluvias (junio). Se observa que en las dos épocas del año (secas y lluvias) predominaron los pastos marinos (53.83% y 43.19% m⁻² respectivamente), le siguieron las

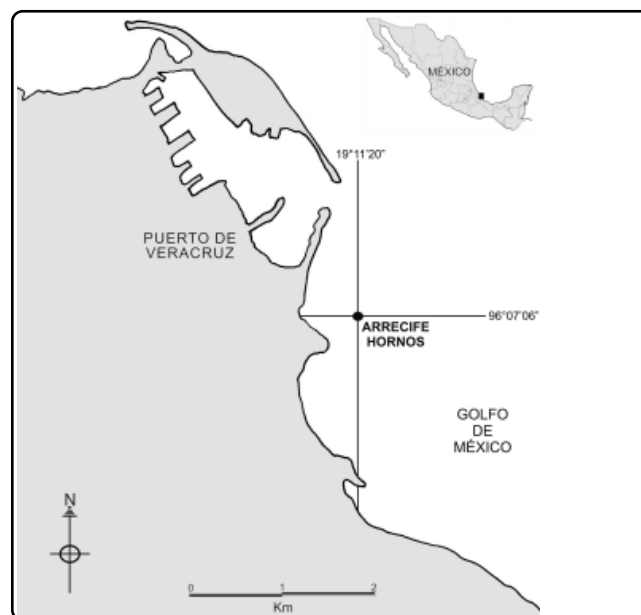


Figura 1. Mapa de Arrecife Hornos, Veracruz.

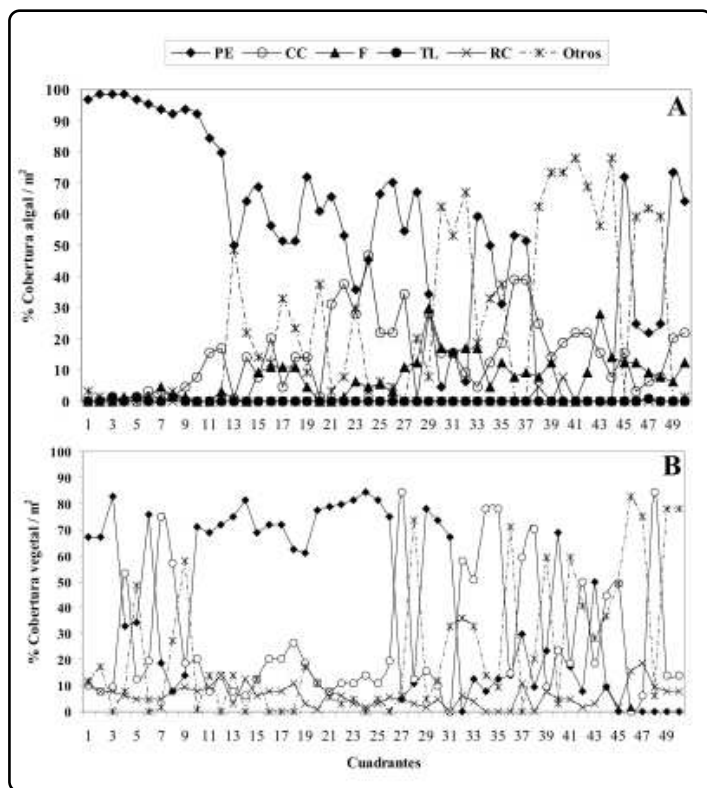


Figura 2. Cobertura vegetal (pastos y algas) a lo largo de un transecto (50 m) en Arrecife Hornos, Veracruz. A. Estación de secas (abril, 2008). B. Estación de lluvias (junio, 2008). Pastos marinos + Epífitas (PE), Calcificadas/Costrosas (CC), Filamentosas (F), Tubulares/Laminares (TL), Racemosas/Carnosas (RC).

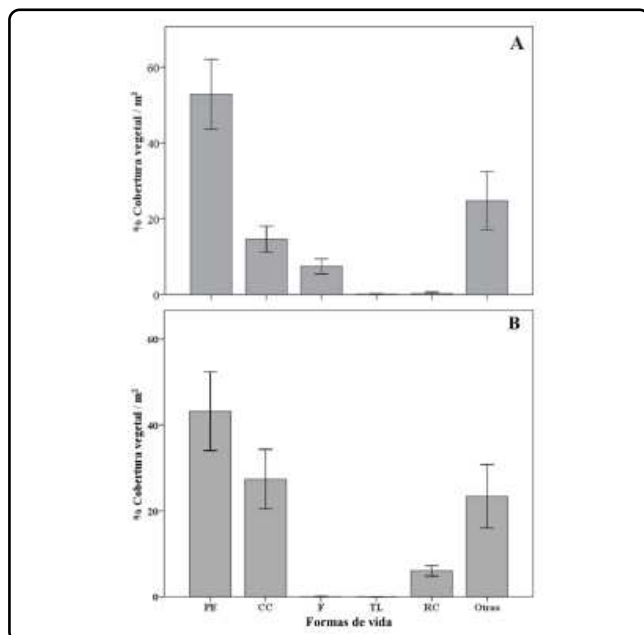


Figura 3. Valores promedio (\pm SE) de las formas de vida del Arrecife Hornos en función de su cobertura (%). A. Estación de secas (abril, 2008). B. Estación de lluvias (junio, 2008).

algas calcificadas/costrosas con un valor en secas del $14.64\% \text{ m}^{-2}$ y en lluvias con un ligero aumento del $27.36\% \text{ m}^{-2}$ compuesto principalmente de *Lithophyllum* aff. *congestum*. Las algas filamentosas tuvieron sus valores promedio más altos en secas ($7.44\% \text{ m}^{-2}$) que en lluvias (0.03%) integrado por *Gayliella flaccida*, *Wrangelia argus*, *Bryopsis ramulosa*, *Cladophora vagabunda* y la epífita estricta *Ectocarpus elachistaeformis* de *Thalassia testudinum*; las tubulares/laminares (*Ulva flexuosa* y *U. rigida*) fueron los valores más bajos de cobertura de $0.11\% \text{ m}^{-2}$ en secas y en lluvias no se reportaron estas algas. Para las algas racemosas/carnosas se tuvieron niveles bajos de cobertura (*Acanthophora*, *Caulerpa*, *Gelidiella*, *Gelidium*, *Gracilaria*, *Hypnea*, *Laurencia*, *Liagora* y *Pterocladia*), sus valores fueron más altos en lluvias (6.05%) que en secas (0.25%). Los sustratos inorgánicos como las rocas y guijarros (otros) cubren gran parte de la zona (23.38% y $24.73\% \text{ m}^{-2}$).

Al comparar las especies del presente estudio con las especies reportadas en la literatura previamente¹¹ se observó que de las 58 especies, 25 son reportes nuevos para Arrecife Hornos (Tabla I), 3 especies fueron previamente reportadas. Las 53 especies formalmente reportadas no fueron encontradas en el presente estudio (Tabla II).

La flora en 2008 fue pobre en comparación con las reportadas en Humm y Hildebrand¹¹ (27 especies comparadas con las 58 especies), con un decremento en las Rhodophyta (7 especies menos) y un gran decremento en las Phaeophyceae y Chlorophyta (11 y 13 especies menos respectivamente) (Figura 4). Estas variaciones corresponden a un drástico decremento de la biodiversidad en Phaeophyceae (91.7%) y cerca de la mitad de pérdida de especies en Chlorophyta (45.1%) y Rhodophyta (41.1%). La flora de 1962 tenía un valor índice R+C/P de 3.5 que acorde a Cheney¹³ indican una flora mixta (elementos tropicales y subtropicales), sin embargo, para el presente estudio observamos un aumento drástico de este índice (25), lo cual indica que tenemos una flora tropical sin elementos subtropicales (Figura 4). También las proporciones de algas Rhodophyta/Chlorophyta han cambiado, fue aumentado el número de Chlorophyta (16 especies) en relación con las Rhodophyta (10).

DISCUSIÓN

En este trabajo se dan a conocer por primera vez los valores de cobertura del fitobentos de Arrecife Hornos a través de un muestreo de 50 m^2 . La mayor cobertura algal estuvo representada por *Lithophyllum* aff. *congestum*, un rodolito que se ha adaptado a las condiciones actuales del medio¹⁵. Los rodolitos son comunidades ubicuas que dominan ambientes intermareales y sublitorales en todo el mundo y tienen una amplia asociación con la flora y fauna del lugar que habitan¹⁶. No obstante, las

| Formas de vida | Especies de plantas |
|---|--|
| Pastos marinos + Epífitas (PE) | <i>Ectocarpus elachistaeformis</i> Heydrich (P)(*) <i>Thalassia testudinum</i> Banks ex König (M) |
| Calcificadas/Costrosas (CC) | <i>Halimeda opuntia</i> (Linnaeus) J.V. Lamouroux (C) <i>Lithophyllum</i> aff. <i>congestum</i> (Foslie) Foslie (R) <i>Peyssonelia</i> sp. (R) |
| Filamentosas (F) | <i>Bryopsis pennata</i> J.V. Lamouroux (C) <i>Bryopsis ramulosa</i> Montagne (C) <i>Ceramium cimbricum</i> H.E. Petersen (R) <i>Ceramium cruciatum</i> F.S. Collins & Hervey (R) <i>Cladophora liniformis</i> Kützting (C) <i>Cladophora vagabunda</i> (Linnaeus) Hoek (C) <i>Gayliella flaccida</i> (Harvey ex Kützting) T.O. Cho & L.J. McIvor (R) <i>Wrangelia argus</i> (Montagne) Montagne (R) |
| Tubulares/Laminares (TL) | <i>Ulva flexuosa</i> Wulfen (C) <i>Ulva rigida</i> C. Agardh (C) |
| Racemosas/Carnosas (RC) | <i>Acanthophora muscoides</i> (Linnaeus) Bory de Saint-Vincent (R) <i>Agardhiella subulata</i> (C. Agardh) Kraft & M.J. Wynne (R) <i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J. Agardh (C) <i>Caulerpa sertularioides</i> (S.G. Gmelin) M.A. Howe (C) <i>Caulerpa sertularioides</i> f. <i>farlowii</i> (Weber-van Bosse) Børgesen (C) <i>Gelidiella acerosa</i> (Forsskål) Feldmann & G. Hamel (R) <i>Gelidium americanum</i> (W.R. Taylor) Santelices (R) <i>Gracilaria cervicornis</i> (Turner) J. Agardh (R) <i>Hypnea spinella</i> (C. Agardh) Kützting (R) <i>Hypnea valentiae</i> (Turner) Montagne (R) <i>Laurencia microcladia</i> Kützting (R) <i>Liagora valida</i> Harvey (R) <i>Pterocladia capillacea</i> (S.G. Gmelin) Santelices & Hommersand (R) |
| *Epífita estricta de <i>Thalassia testudinum</i> . (R) Rhodophyta; (P) Phaeophyceae; (C) Chlorophyta; (M) Magnoliophyta | |

Tabla I. Formas de vida del fitobentos de Arrecife Hornos, Veracruz.

formas racemosas/carnosas (0.25-6.05% m²) y tubulares/laminares (*Ulva flexuosa* y *U. rigida*) tuvieron los valores más bajos de cobertura (0.0-0.11% m²) debido, posiblemente, a que los nutrientes del agua (nitratos y Fe soluble) se diluyeron en la época de lluvias y el hierro soluble fue atrapado en los sustratos que contienen carbonato de calcio limitando el hierro disponible para las algas¹⁷. Contrariamente se presentaron valores más altos de cobertura en los sustratos inorgánicos como rocas y guijarros (23.38-24.73%), lo cual indica la inminente desertificación del lugar.

Al comparar las especies del presente estudio con las especies reportadas en la literatura previamente¹¹ observamos cambios drásticos en su composición y cobertura. En un estudio reciente de Galicia & Morales¹⁸ sobre las algas de Arrecife Hornos, entre otros, se reportan 48 especies diferentes a las reportadas en la flora de la década de los 60¹¹ e informan de 9 especies colectadas

por los mismos autores como *Acanthophora spicifera* (M. Vahl) Børgesen, *Bryothamnion triquetrum* (S.G. Gmelin) M.A. How, *Centroceras clavulatum* (C. Agardh) Montagne, *Champia parvula* (C. Agardh) Harvey, *Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V. Lamouroux, *Padina gymnospora* (Kützting) Sonder, *Bryopsis hypnoides* J.V. Lamouroux, *Bryopsis plumosa* (Hudson) C. Agardh y *Ulva fasciata* Delile, las cuales no fueron encontradas en este estudio. Esto apoya la hipótesis de que la flora actual de Arrecife Hornos está cambiando en un periodo de casi 50 años.

La flora de Arrecife Hornos en 2008 está caracterizada biogeográficamente como tropical con alta incidencia de elementos tropicales y del Caribe (provincia Caribeña) (*Caulerpa*)¹⁹, pero existe poca incidencia de la flora templada (provincia Caroliniana)¹⁹. En el presente estudio se reportó un IC = 25 que según Cheney¹³ representa una flora tropical (>6). Sin embargo, floras tropicales como la de Cuba²⁰ tienen un índice de

Rhodophyta

Amphiroa fragilissima (Linnaeus) J.V. Lamouroux
Amphiroa rigida J.V. Lamouroux
Audouinella microscopica (Nägeli ex Kützing) Woelkerling
Ceramium corniculatum Montagne
Ceramium subtile J. Agardh
Chondria littoralis Harvey
Chondria polyrhiza F.S. Collins & Harvey
Chondria sedifolia Harvey
Chroodactylon ornatum (C. Agardh) Basson
Galaxaura rugosa (J. Ellis & Solander) J.V. Lamouroux
Gelidium pusillum (Stackhouse) Le Jolis
Gracilaria blodgettii Harvey
Gracilaria domingensis (Kützing) Sonder ex Dickie
Gracilaria foliifera (Forsskål) Børgesen
Herposiphonia pecten-veneris (Harvey) Falkenberg
Hydrolithon boergesenii (Foslie) Foslie
Hypnea cornuta (Kützing) J. Agardh
Jania capillacea Harvey
Jania rubens (Linnaeus) J.V. Lamouroux
Laurencia obtusa (Hudson) J.V. Lamouroux
Palisada poiteaui (J.V. Lamouroux) K.W. Nam
Polysiphonia atlantica Kapraun & J.N. Norris
Polysiphonia binneyi Harvey
Neosiphonia ferulacea (Suhr ex J. Agardh) S.M. Guimarães & M.T. Fujii
Polysiphonia havanensis Montagne
Taenioma nanum (Kützing) Papenfuss
Trichogloea requienii (Montagne) Kützing
Tricleocarpa fragilis (Linnaeus) Huisman & R.A. Townsend

Phaeophyceae

Cladosiphon zosterae (J. Agardh) Kylin
Colpomenia sinuosa (Mertens ex Roth) Derbès & Solier
Dictyota bartayresiana J.V. Lamouroux
Dictyota ciliolata Sonder ex Kützing
Dictyota menstrualis (Hoyt) Schnetter, Hörning & Weber-Peukert
Hincksia rallsiae (Vickers) P.C. Silva
Padina boergesenii Allender & Kraft
Padina gymnospora (Kützing) Sonder
Rosenvingea intricata (J. Agardh) Børgesen
Sargassum hystrix var. *buxifolium* Chauvin ex J. Agardh
Sargassum polyceratum Montagne
Spatoglossum schroederi (C. Agardh) Kützing

Chlorophyta

Acetabularia pusilla (M.A. Howe) F.S. Collins
Bryopsis hypnoides J.V. Lamouroux
Caulerpa sertularioides f. *brevipes* (J. Agardh) Svedelius
Chaetomorpha antennina (Bory de Saint-Vincent) Kützing
Chaetomorpha brachygona Harvey
Cladophora flexuosa (O.F. Müller) Kützing
Codium isthmocladum Vickers
Codium taylorii P.C. Silva
Cymopolia barbata (Linnaeus) J.V. Lamouroux
Entocladia viridis Reinke
Rhizoclonium riparium (Roth) Harvey
Ulva clathrata (Roth) C. Agardh
Ulva fasciata Delile

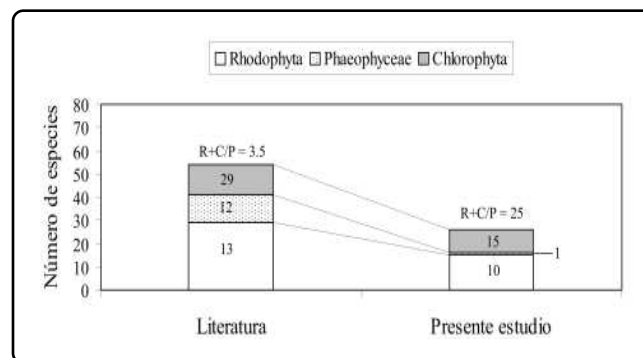


Figura 4. Comparación de la riqueza florística entre la flora reportada previamente¹⁰ y la del presente estudio. R+C/P: Rhodophyta+Chlorophyta/Phaeophyceae.

7.1 y Belice²¹ de 6.1 que al compararlos con el encontrado en el presente estudio (25) sugiere un cambio en sus componentes florísticos. La ausencia de gran parte de la flora local puede ser multifactorial; sin embargo, el aumento del IC sugiere que posiblemente sucedió un aumento en la temperatura del agua debido al cambio climático global junto con el impacto antropogénico a la zona arrecifal². Diversas especies de Phaeophyceae, como *Sargassum hystrix* var. *buxifolium* y *Sargassum polyceratum*, comunes en 1962 no están presentes en Arrecife Hornos. En general, la ausencia de *Sargassum* en algunas localidades donde su presencia debería ser común, podría indicar un ambiente impactado²². El crecimiento de *Sargassum* está regulado por la variación en la temperatura; esto sugiere que la temperatura del agua marina es un importante factor que controla la distribución de especies de *Sargassum*; el aumento de la temperatura del agua acelerará los cambios del tipo de algas y pastos marinos, con una consecuente declinación de elementos subtropicales y una expansión de la distribución de especies tropicales²³.

Especies con afinidad a aguas tropicales como *Caulerpa racemosa* y *C. sertularioides* están ahora presentes. Saepy y Littler²⁴ mencionan que bajo condiciones extremas de disturbios, la diversidad es baja y ésta se compone por organismos oportunistas como *C. sertularioides* y *C. racemosa* que rápidamente reocupan y monopolizan el espacio disponible manteniendo una alta dominancia²⁵. Burton²⁶ sugiere que *Cladophora* es indicadora de contaminación al igual que *Ulva flexuosa*, una especie tolerante a aguas contaminadas con materia orgánica²¹.

Desde 1971 se han reportado 5 especies de pastos marinos (*Thalassia testudinum*, *Halodule wrightii*, *Syringodium filiforme*, *Halophila decipiens* y *H. engelmanni*²⁷); sin embargo, en el presente estudio sólo se observó *T. testudinum*. Este ceibadal puede ser afectado por cambios en la salinidad en la época de lluvias o nortes y su respuesta puede resultar con la pérdida de sus hojas, permaneciendo sólo los rizomas²⁸; sin embargo, se requieren de una mayor exploración para definir su

situación en Arrecife Hornos.

CONCLUSIONES

Los valores de cobertura nos demuestran que Arrecife Hornos está dominado por *Thalassia testudinum* y algas calcificadas o rodolitos, que corresponde a *Lithophyllum* aff. *congestum*. Se observó que los sustratos inorgánicos como las rocas y guijarros cubren gran parte de la zona haciendo evidente la desertificación del lugar. Con base en el índice de Cheney se puede concluir que la flora actual cambió con una pérdida parcial de su riqueza de especies, no así de su cobertura con una variación de su composición florística, debido posiblemente al impacto antropogénico y al cambio climático global. Sin embargo, es importante llevar a cabo más investigaciones del lugar y de otros arrecifes para comprobar los cambios en la vegetación marina y proyectar su conservación.

AGRADECIMIENTOS

A los Biólogos Oscar Hernández M. y Liliana Ramos M. por su apoyo en el trabajo de campo. Al Instituto de Biología y en particular al Dr. Antonio Lot H. y Dr. Claudio Delgadillo por el soporte logístico y económico, y su interés en el estudio de las comunidades de pastos marinos. A las autoridades del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, en particular a la Bióloga Elvira Carvajal y de la Tercera Zona Naval Militar al Capitán Jorge Juárez por los permisos otorgados y la confianza que han tenido en nosotros para desarrollar esta investigación.

REFERENCIAS

1. Littler, D.S. & Littler, M.M. Caribbean Reef Plants. An identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico (OffShore Graphics, Inc., Washington, D.C., 2000).
2. Jiménez Hernández, M.A., Granados Barba, A. & Ortiz Lozano, L. en Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano (eds. Granados Barba, A., Abarca Arenas, L. & Vargas Hernández, J.M.) 1-6 (Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México, 2007).
3. Serio, D., Alongi, G., Catra, M., Cormaci, M. & Furnari, G. Changes in the benthic algal flora of Linosa Island (Straits of Sicily, Mediterranean Sea). *Bot. Mar.* **49**, 135-144 (2006).
4. Vargas-Hernández, J.M., Hernández-Gutiérrez, A. & Carrera-Parra, L.F. en Biodiversidad Marina y Costera de México (ed. Salazar-Vallejo, S.I. & González, N.E.) 559-575 (Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México, D.F., 1993).
5. Ramírez-García, P., Lot, A., Duarte, C., Terrados, J. & Agawin, N. Bathymetric distribution, biomass and growth dynamics of intertidal *Phyllospadix scouleri* and *P. torreyi* in Baja California (Mexico). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **173**, 13-23 (1998).
6. Terrados, J., Ramírez-García, P., Hernández-Martínez, O., Pedraza, K. & Quiroz, A. State of *Thalassia testudinum* Banks ex König meadows in the Veracruz Reef System, Veracruz, México. *Aquatic Botany* **88**, 17-26 (2007).
7. Ramos, D.F., Quiroz, F.A., Ramírez-García, P. & Lot, A. Manual de hidrobotánica: muestreo y análisis de la vegetación acuática (AGT Editor, S.A., México, D.F., 2004).
8. Ramírez-García, P., Terrados, J., Hernández, O., Pedraza Venegas, K. & Quiroz, A. en Investigaciones Científicas en Sistema Arrecifal Veracruzano (Granados-Barba, A., Abarca-Arenas, L. & Vargas-Hernández, J.M.) 173-184 (Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, 2007).
9. Athanasiadis, A. *Mesophyllum macedonis*, nov. sp. (Rhodophyta, Corallinales), a putative Tethyan relic in the North Aegean Sea. *Eur. J. Phycol.* **34**, 239-252 (1999).
10. Ortega, M.M., Godínez, J.L. & Garduño, G. Catálogo de algas bénticas de las costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe (Instituto de Biología, UNAM, México, D.F., 2001).
11. Humm, H.J. & Hildebrand, H.H. Marine Algae from the Gulf Coast of Texas and Mexico. *Publ. Inst. Mar. Sci.* **8**, 227-268 (1962).
12. Wynne, M.J. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: second revision. *Nova Hedwigia Beiheft* **129**, 1-152 (2005).
13. Cheney, D.P. R&C/P - A new and improved ratio for comparing seaweed floras. *J. Phycol. (suppl.)* **13**, 12 (1977).
14. SPSS Inc. A guide to SPSS Command Syntax (Chicago, IL, 2006).
15. Villas-Boas, A.B., Riosmena-Rodríguez, R., Amado-Filho, G.M., Maneveldt, G.W. & de O. Figueiredo, M.A. Rhodolith-forming species of *Lithophyllum* (Corallinales; Rhodophyta) from Espírito Santo State, Brazil, including the description of *L. depressum* sp. nov. *Phycologia* **48**, 237-248 (2009).
16. Littler, M.M., Littler, D.S. & Hanisak, M.D. Deep-water rhodolith distribution, productivity, and growth history at sites of formation and subsequent degradation. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **150**, 163-182 (1991).
17. Pierluigi, V., Bartoli, M., Azzoni, R., Giordani, G., Mucchino, C. Naldi, M. Nizzoli, D. & Tajé, L. Nutrient and iron limitation to *Ulva* blooms in a eutrophic coastal lagoon (Sacca di Goro, Italy). *Hydrobiologia* **550**, 57-71 (2005).
18. Galicia García, C. & Morales García, A. en: Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano (eds. Granados Barba, A., Abarca Arenas, L. & Vargas Hernández, J.M.) 141-160 (Universidad Autónoma de Campeche, Campeche, México, 2007).
19. Briggs, J.C. Marine zoogeography (McGraw-Hill, New York, 1974).
20. Suárez, A.M. Catálogo de algas cubanas. *Ciencias. Invest. Mar.* **8(2)**, 1-107 (1973).
21. Norris, J.N. & Bucher, K.E. Marine algae and seagrasses from Carrie Bow Cay, Belize. *Smithsonian Contr. Mar. Sci.* **3(1)**, 9-21. (1982).
22. Godínez, J.L. en Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores) (eds. De la Lanza Espino, G., Hernández Pulido, S. & Carbajal Pérez, J.L.) 109-193 (Plaza y Valdés Editores, México, D.F., 2000).
23. Haraguchi, H. & Sekida, S. Recent changes in the distribution of *Sargassum* species in Kochi, Japan. *Kuroshio Science* **2(1)**, 41-46 (2008).
24. Saepy, R.R. & Littler, M.M. Population and species diversity fluctuations in a rocky intertidal community relative to severe aerial exposure and sediment burial. *Mar. Biol.* **71**, 87-96 (1982).
25. Occipinti-Ambrogi, A. & Savini, D. Biological invasions as a component of global change in stressed marine ecosystems.

-
- Mar. Pollution Bull.* **46**, 542-551 (2003).
26. Burton, M.A.S. Biological monitoring of environmental contaminants (plants). (A Technical Report Monitoring and Assessment Research Centre, University of London, London, 1986).
27. Lot Helgueras, A. Estudios sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver. *Anales Inst. Biol. UNAM, Ser. Bot.* **42**, 1-48 (1971).
28. Cholletta, I., Boneb, D. & Pérez, D. Effects of heavy rainfall on *Thalassia testudinum* beds. *Aquatic Botany* **87**, 189-195 (2007).
-