

González-Gándara, C., & J.L. Recio-Silva. 2025. Riqueza, Abundancia y Biomasa de la Comunidad de Peces del Arrecife Pantepec, Veracruz, p. 135-152. In: A. Granados-Barba, L.D. Ortiz-Lozano & A.L. Gutiérrez-Velázquez (eds.). Nuevo Conocimiento sobre el Corredor Arrecifal del suroeste del Golfo de México: Integrando los Ambientes Costeros. Universidad Autónoma de Campeche. 540 p. ISBN 978-607-8907-34-2. doi 10.26359/EPOMEX02202504.

Riqueza, Abundancia y Biomasa de la Comunidad de Peces del Arrecife Pantepec, Veracruz

Carlos González-Gándara & José Luis Recio-Silva*

Laboratorio de Arrecifes Coralinos
Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Universidad Veracruzana.
Tuxpan, Veracruz

*Autor de correspondencia: cggandara@hotmail.com

Resumen

Los bancos sumergidos constituyen un refugio para las comunidades coralinas y pueden servir como conector ecológico. Dado el escaso conocimiento de las comunidades asociadas a los bancos sumergidos en Veracruz, en este trabajo se describe la comunidad de peces del arrecife Pantepec, estimando la riqueza, abundancia y biomasa obtenidas a partir de censos visuales usando transectos en banda de 25 x 2 m. Durante los censos se identificaron las especies de peces, se estimó la abundancia y biomasa, relacionándolas con las variables ambientales: complejidad estructural, cobertura coralina y profundidad. Adicionalmente, los peces se agruparon en gremios tróficos para estimar su aporte a la abundancia y biomasa. La comunidad de peces del arrecife Pantepec presenta una riqueza de 112 especies, densidad de 275 ± 27 ind/100 m² y biomasa igual a 12.72 ± 1.44 kg/100 m². Las especies más abundantes fueron: *Halichoeres burekae*, *Elacatinus jarocho* y *Coryphopterus hyalinus*, mientras que las de mayor aporte a la biomasa fueron: *Lutjanus jocu*, *Anisotremus virginicus* y *Haemulon plumierii*. A escala de gremios, los peces planctívoros mostraron una mayor densidad y los macroinvertebrados mayor biomasa. Considerando la biomasa de herbívoros errantes (2.1 kg/100 m²) y piscívoros (3.38 kg/100 m²), la salud del arrecife Pantepec es de regular a muy buena. De las variables ambientales, únicamente la complejidad se relacionó positivamente con la densidad de peces. Es necesario fomentar la investigación en los bancos sumergidos veracruzanos para poder explicar la estructura y el funcionamiento de las comunidades de peces.

Palabras clave: ictiofauna, estructura comunitaria, suroeste del golfo de México.

Abstract

Submerged banks provide a refuge for coral communities and can serve as ecological connectors. Given the scarce knowledge of the communities associated with the submerged banks in Veracruz, this chapter describes the fish community of the Pantepec reef, estimating the richness, abundance, and biomass obtained from visual censuses using belt transects of 25 x 2 m. During the censuses, fish species were identified, abundance and biomass were estimated, relating them to environmental variables: structural complexity, coral cover and depth. In addition, fish were grouped into trophic guilds to estimate their contribution to abundance and biomass. The fish community of the Pantepec reef has a richness of 112 species, a density of 275 ± 27 ind/100 m², and biomass equal to 12.72 ± 1.44 kg/100 m². The most abundant fish species were: *Halichoeres burekae*, *Elacatinus jarocho*, and *Coryphopterus hyalinus*, while those with the greatest contribution to the biomass were: *Lutjanus jocu*, *Anisotremus virginicus*, and *Haemulon plumierii*. At guild scale, planktivorous fish showed a higher density and macroinvertebrates showed a higher biomass. Considering the biomass of roving herbivores (2.1 kg/100 m²) and piscivores (3.38 kg/100 m²), the health of the Pantepec reef is fair to very good. Of the environmental variables, only complexity was positively related to fish density. It is necessary to promote research in the submerged banks of Veracruz in order to explain the structure and functioning of fish communities.

Keywords: Ichthyofauna, Community structure, Southwest Gulf of Mexico.

Introducción

El término “bancos sumergidos” ha sido utilizado para identificar sistemas arrecifales cuyo punto más alto se ubica, al menos 10 m bajo el nivel del mar (Harris *et al.*, 2013; Thomas *et al.*, 2015). Estos ecosistemas contienen una gran diversidad biológica (Roberts *et al.*, 2015) y son considerados un refugio potencial para las comunidades arrecifales. Esto, debido a que los elementos de dispersión (*e.g.* huevos, larvas), así como algunos organismos arrecifales, se pueden mover entre arrecifes someros y profundos, generando una conexión ecológica y funcional (Serrano *et al.*, 2014) que favorece la conservación de los arrecifes coralinos.

Los arrecifes sumergidos veracruzanos se conocen poco y probablemente varios de ellos aún no están registrados. Estos sistemas presentan una forma irregular a oval, con profundidades de 10 a 40 m, su geomorfología incluye: dos pendientes, una orientada hacia barlovento, otra hacia sotavento y una meseta. Asociados a la plataforma continental del norte de Veracruz se han registrado nueve bancos sumergidos (Ortiz-Lozano *et al.*, 2019, 2021), uno de éstos es el arrecife Pantepec.

Desde 2010, existen documentos que hacen referencia a las comunidades asociadas a los bancos sumergidos de Veracruz. Hasta el momento hay aproximadamente dos decenas de publicaciones que describen su estructura morfológica (*e.g.* Ortiz-Lozano *et al.*, 2018, 2019, 2021, Liaño-Carrera *et al.*,

2019) o que se refieren sus componentes o la estructura comunitaria de: esponjas (Gómez *et al.*, 2021), corales (De la Cruz-Francisco & Bandala-Pérez, 2016; Jordán-Garza *et al.*, 2017; González-Gándara, 2020b), equinodermos (González-Gándara *et al.*, 2015a, 2015b, 2019; Solís-Marín *et al.*, 2015; Escarcega-Quiroga *et al.*, 2019) y peces (González-Gándara, 2014, 2020a, 2023; González-Gándara & De la Cruz-Francisco, 2014; Cortés-Useche *et al.*, 2015).

Una primera aproximación para detectar la conectividad ecológica consiste en documentar la estructura de las principales comunidades para compararla con otras de sistemas vecinos. De la comunidad de peces que habita en el arrecife Pantepec solo existe el trabajo de Cortés-Useche *et al.* (2015), quienes reportaron 42 especies. En el presente trabajo se complementa la lista de especies y se expone información sobre la riqueza, abundancia y biomasa. Se busca alguna relación de la densidad y biomasa con la cobertura coralina, la complejidad estructural del sustrato y la profundidad. Además, basándose en la biomasa de peces herbívoros errantes y piscívoros, se determina su salud arrecifal. Los resultados pueden servir para valorar la conectividad ecológica con arrecifes regionales, y actualizar los planes de manejo del Área Natural Protegida (ANP), Sistema Arrecifal Lobos Tuxpan (SALT) dado que parte del arrecife Pantepec está dentro del polígono de dicha ANP (CONANP, 2014).

Materiales y métodos

Área de estudio

El arrecife Pantepec se ubica frente a Tuxpan, Veracruz, a 11.5 km de la desembocadura del río Tuxpan ($21^{\circ}02'43''\text{N}$; $97^{\circ}14'34''\text{W}$) (figura 1).

Esta formación posee una plataforma irregular que mide 1.5 km de largo por 0.8 km de ancho. Su eje principal está orientado de suroeste a noreste y su profundidad oscila entre 15 y 25 m (Ortiz-Lozano *et al.*, 2019). Este sistema posee una temperatura promedio anual de 24.23°C y una concentración de clorofila-a de $\sim 0.16\text{ mg/m}^3$ (Salas-Pérez *et al.*, 2015).

Diseño de muestreo

Se efectuaron 55 censos visuales utilizando transectos en banda de $25 \times 2\text{ m}$ (27 en el otoño de 2014, y 28 en el verano de 2015). Los muestreos se realizaron con equipo de buceo autónomo y se distribuyeron sistemáticamente sobre el arrecife (figura 1). En cada censo se identificaron las especies de peces *in situ*, usando los patrones morfológicos y de coloración que distinguen a los peces de arrecifes coralinos. La nomenclatura científica fue revisada en Fishbase (Froese & Pauly, 2023) y las especies fueron ordenadas siguiendo el criterio de Fricke *et al.* (2023).

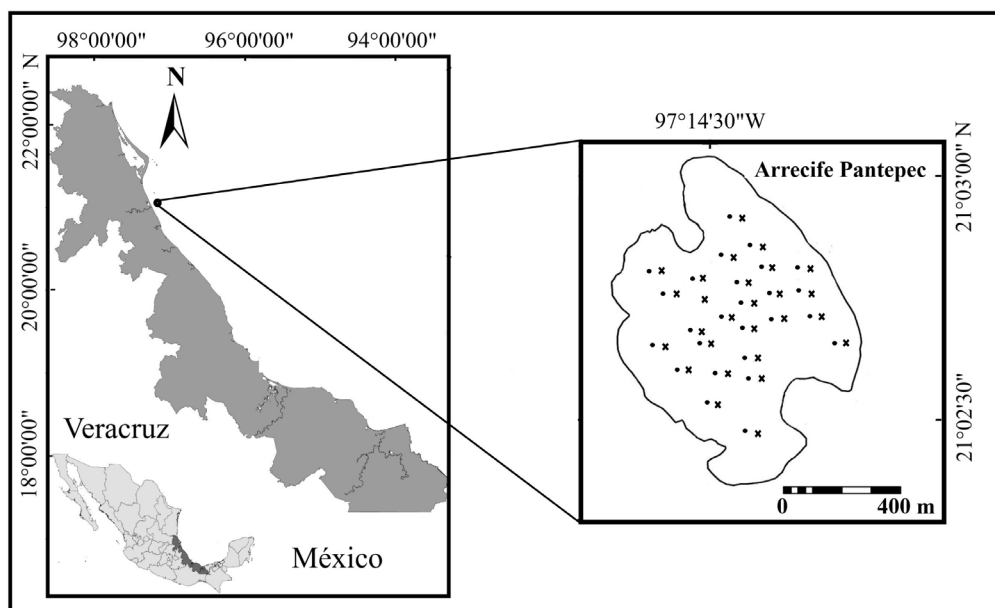


Figura 1. Localización geográfica del arrecife Pantepec, Veracruz. Los puntos corresponden a los sitios de muestreo de otoño en 2014, y las cruces, a los de verano en 2015.

Para estimar la riqueza ictiológica, además de los 55 censos referidos, se usaron datos de 32 censos efectuados de junio de 2016 a mayo de 2018, sumando 87 en total. Para esto, se utilizaron los modelos no paramétricos (Chao 2, Jack 1, Jack 2 y Bootstrap) calculados con el programa EstimateS version 9.1.0 (Colwell, 2013).

La abundancia de los peces fue estimada a partir de los censos efectuados sobre el transecto de 25 x 2 m, utilizando las categorías sugeridas por Harmelin-Vivien *et al.* (1985) y modificadas de acuerdo con el siguiente orden: 1, 2, 3-5, 6-10, 11-30, 31-50, 51-100, 101-200, 201-500 y >500. Los valores se presentan en términos de densidad, número de individuos por 100 m² (ind/100 m²). La talla de los peces se determinó usando intervalos de 5 cm, luego, con el valor promedio de cada uno de estos intervalos, se estimó la longitud media para cada especie. La biomasa fue calculada a partir de la función exponencial: $P = aL^b$, donde, P= peso total (gr), L= longitud total (cm), a y b = constantes de la relación peso-longitud. Los valores de a y b se obtuvieron de la base de datos Fishbase (Froese & Pauly, 2023). El valor de biomasa obtenido para cada especie se multiplicó por su abundancia y se presentan en kilogramos por 100 m² (kg/100 m²). Con los datos de abundancia y biomasa se estimó la abundancia y biomasa relativa por especie, así como el promedio y el error estándar.

Los peces fueron agrupados en gremios tróficos utilizando la clasificación de Parravicini *et al.* (2020), quienes consideran los siguientes grupos: 1) Invertívoros sésiles, 2) Herbívoros, micróvoros y detritívoros, 3) Coralívoros, 4) Piscívoros, 5) Microinvertívoros, 6) Macroinvertívoros, 7) Crustacívoros y 8) Planctívoros. Para la ubicación de las especies en cada categoría se revisaron los trabajos de: Randall (1967), Sierra *et al.* (1994) y la Fishbase (Froese & Pauly, 2023). Luego, se estimó la densidad y la biomasa relativa de cada gremio para conocer el aporte al total. El estado de salud parcial del arrecife Pantepec se determinó usando como indicadores, los criterios de *Healthy Reefs for Healthy People* (2023) que se sustentan en la biomasa (kg/100 m²) de peces herbívoros (Acanthuridae, Kyphosidae y Labridae: Scarinae) y de peces de importancia comercial (Epinephelidae y Lutjanidae) (tabla 1).

La cobertura coralina fue estimada a partir de 1,380 fotografías tomadas con una cámara Cannon-Power-Shot-G16 con una resolución de 16 megapíxeles montada sobre un bastón y mediante buceo autónomo SCUBA. Las fotografías se tomaron a 0.5 m del sustrato y fueron analizadas con el programa *Coral Point Count*, con extensiones de Excel (Kohler & Gill, 2006) usando 30 puntos al azar para cada fotografía. Para determinar la complejidad estructural se colocó una cadena metálica de 5 m de longitud sobre el

Tabla 1. Indicadores de salud arrecifal considerados por *Healthy Reefs for Healthy People* (2023) para los peces. Los valores se expresan en kg/100 m².

Indicadores	Índice de Salud Arrecifal				
	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Crítico
Peces herbívoros	≥3.29	2.74-3.28	1.86-2.73	0.99-1.85	<0.99
Peces de importancia comercial	≥1.62	1.21-1.61	0.8-1.20	0.39-0.79	<0.39

sustrato al lado de cada transecto, siguiendo la propuesta de Risk (1972) modificada. La profundidad se determinó con una computadora de buceo, calculando el promedio a partir de tres mediciones sobre cada transecto (al inicio, en medio y al final). Para cada variable se calculó el promedio y el error estándar. La densidad y biomasa de peces se relacionó con tres variables ambientales:

cobertura coralina, complejidad estructural y profundidad usando la correlación de Pearson. Previamente, se transformaron los datos de algunas variables (densidad-raíz cuarta; biomasa-log X; complejidad-Box-Cox) para lograr el cumplimiento de los supuestos estadísticos. Los análisis estadísticos se efectuaron con el programa PAST (Hammer *et al.*, 2001).

Resultados

Los componentes ictiológicos en el arrecife Pantepec están representados por 112 especies de peces agrupadas en 29 familias y 60

géneros. Las familias con mayor número de especies fueron: Labridae (21) y Epinephelidae (10) (tabla 2).

Tabla 2. Lista sistemática de los peces del arrecife Pantepec.

Orden	Familia	Especie
Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus intermedius</i> (Spix & Agassiz, 1829)
Holocentriformes	Holocentridae	<i>Holocentrus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)
		<i>Holocentrus rufus</i> (Walbaum, 1792)
Syngnatiiformes	Mullidae	<i>Pseudupeneus maculatus</i> (Bloch, 1793)
	Aulostomidae	<i>Aulostomus maculatus</i> Valenciennes, 1841
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Coryphopterus glaucofraenum</i> Gill, 1863
		<i>Coryphopterus hyalinus</i> Böhlke & Robins, 1962
		<i>Elacatinus jarocho</i> Taylor & Akins, 2007
		<i>Elacatinus oceanops</i> Jordan, 1904
	Microdesmidae	<i>Ptereleotris calliura</i> Jordan & Gilbert, 1882
Carangiformes	Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i> (Walbaum, 1792)
		Carangidae
	<i>Caranx hippos</i> (Linnaeus, 1766)	
	<i>Caranx latus</i> Agassiz, 1831	
	<i>Caranx ruber</i> Bloch, 1793	
	<i>Decapterus macarellus</i> (Cuvier, 1833)	
	<i>Elagatis bipinnulata</i> (Quoy & Gaimard, 1825)	
	<i>Seriola rivoliana</i> Valenciennes, 1833	
Rachycentridae	<i>Rachycentron canadum</i> (Linnaeus, 1766)	
Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)	
	<i>Azurina cyanea</i> (Poey, 1860)	

Tabla 2. Lista sistemática de los peces del arrecife Pantepec.		
Orden	Familia	Especie
		<i>Azurina multilineata</i> (Guichenot, 1853)
		<i>Chromis insolata</i> (Cuvier, 1830)
		<i>Chromis scotti</i> Emery, 1968
		<i>Microspathodon chrysurus</i> (Cuvier, 1830)
		<i>Stegastes adustus</i> (Troschel, 1865)
		<i>Stegastes partitus</i> (Poey, 1868)
		<i>Stegastes xanthurus</i> (Poey, 1860)
Blenniformes	Blennidae	<i>Parablennius marmoreus</i> (Poey, 1876)
		<i>Scartella cristata</i> (Linnaeus, 1758)
Perciformes	Serranidae	<i>Hypoplectrus atlabua</i> Tavera & Acero, 2013
		<i>Hypoplectrus castroaguirrei</i> Del Moral-Flores, Tello-Musi & Martínez-Pérez, 2011
		<i>Hypoplectrus floridae</i> (Victor, 2013)
		<i>Hypoplectrus puella</i> (Cuvier, 1828)
		<i>Serranus subligarius</i> (Cope, 1870)
		<i>Serranus tigrinus</i> (Bloch, 1790)
	Epinephelidae	<i>Cephalopholis cruentata</i> (Lacepède, 1802)
		<i>Paranthias furcifer</i> (Valenciennes, 1828)
		<i>Epinephelus adscensionis</i> (Osbeck, 1765)
		<i>Epinephelus guttatus</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Mycteroperca acutirostris</i> (Valenciennes, 1828)
		<i>Mycteroperca bonaci</i> (Poey, 1860)
		<i>Mycteroperca interstitialis</i> (Poey, 1860)
		<i>Mycteroperca phenax</i> Jordan & Swain, 1884
		<i>Mycteroperca tigris</i> (Valenciennes, 1833)
		<i>Mycteroperca venenosa</i> (Linnaeus, 1758)
Perciformes	Labridae: Labrinae	<i>Bodianus pulchellus</i> (Poey, 1860)
		<i>Bodianus rufus</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Clepticus parrae</i> (Bloch & Schneider, 1801)
		<i>Halichoeres bivittatus</i> (Bloch, 1791)
		<i>Halichoeres burekiae</i> Weaver & Rocha, 2007
		<i>Halichoeres caudalis</i> Poey 1860
		<i>Halichoeres maculipinna</i> (Müller & Troschel, 1848)
		<i>Halichoeres radiatus</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Lachnolaimus maximus</i> (Walbaum, 1792)
	Labridae: Scarinae	<i>Nicholsina usta</i> (Valenciennes, 1840)
		<i>Scarus coeruleus</i> (Bloch, 1786)
		<i>Scarus iseri</i> Bloch, 1789
		<i>Scarus guacamaia</i> Cuvier, 1829

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

Tabla 2. Lista sistemática de los peces del arrecife Pantepec.

Orden	Familia	Especie
		<i>Scarus taeniopterus</i> Desmarest, 1831
		<i>Scarus vetula</i> Bloch & Schneider, 1801
		<i>Sparisoma aurofrenatum</i> (Valenciennes, 1840)
		<i>Sparisoma chrysopterus</i> (Bloch & Schneider, 1801)
		<i>Sparisoma radians</i> (Valenciennes, 1840)
		<i>Sparisoma rubripinne</i> (Valenciennes, 1840)
		<i>Sparisoma viride</i> (Bonnaterre, 1788)
		<i>Thalassoma bifasciatum</i> (Bloch, 1791)
	Scorpaenidae	<i>Pterois volitans</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Scorpaena plumieri</i> Bloch, 1789
Centrarchiformes	Cirrhitidae	<i>Amblycirrhitus pinos</i> (Mowbray, 1927)
	Kyphosidae	<i>Kyphosus vaiginensis</i> (Quoy & Gaimard, 1825)
Acanthuriformes	Priacanthidae	<i>Heteropriacanthus cruentatus</i> (Lacepède, 1801)
		<i>Priacanthus arenatus</i> (Cuvier, 1829)
	Lutjanidae	<i>Lutjanus analis</i> (Cuvier, 1828)
		<i>Lutjanus apodus</i> (Walbaum, 1792)
		<i>Lutjanus cyanopterus</i> (Cuvier, 1828)
		<i>Lutjanus griseus</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Lutjanus jocu</i> (Bloch & Schneider, 1801)
		<i>Lutjanus mahogoni</i> (Cuvier, 1828)
		<i>Lutjanus synagris</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Ocyurus chrysurus</i> (Bloch, 1791)
	Haemulidae	<i>Anisotremus surinamensis</i> (Bloch, 1791)
		<i>Anisotremus virginicus</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Brachygenys chrysargyreum</i> Günther, 1859
		<i>Haemulon aurolineatum</i> Cuvier, 1830
		<i>Haemulon flavolineatum</i> (Desmarest, 1823)
		<i>Haemulon macrostomum</i> Günther, 1859
		<i>Haemulon plumieri</i> (Lacepède, 1801)
		<i>Haemulon vittatum</i> Poey, 1860
	Sparidae	<i>Archosargus probatocephalus</i> (Walbaum, 1792)
		<i>Calamus calamus</i> (Valenciennes, 1830)
	Scianidae	<i>Eques lanceolatus</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Odontoscion dentex</i> (Cuvier, 1830)
Acanthuriformes	Scianidae	<i>Pareques acuminatus</i> (Bloch & Schneider, 1801)
	Pomacanthidae	<i>Holacanthus bermudensis</i> Goode, 1876
		<i>Holacanthus ciliaris</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Holacanthus tricolor</i> (Bloch, 1795)

Tabla 2. Lista sistemática de los peces del arrecife Pantepec.

Orden	Familia	Especie
		<i>Pomacanthus paru</i> (Bloch, 1787)
	Chaetodontidae	<i>Chaetodon capistratus</i> Linnaeus, 1758
		<i>Chaetodon ocellatus</i> Bloch, 1787
		<i>Chaetodon sedentarius</i> Poey, 1860
	Acanthuridae	<i>Acanthurus chirurgus</i> (Bloch, 1787)
		<i>Acanthurus coeruleus</i> Bloch & Schneider, 1801
		<i>Acanthurus tractus</i> Poey, 1860
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	<i>Canthigaster jamestyleri</i> Moura & Castro 2002
		<i>Canthigaster rostrata</i> (Bloch, 1786)
		<i>Sphoeroides spengleri</i> (Bloch, 1785)
	Ostraciidae	<i>Lactophrys triqueter</i> (Linnaeus, 1758)
	Monacanthidae	<i>Aluterus scriptus</i> (Osbeck, 1765)
		<i>Cantherhines pullus</i> (Ranzani, 1842)
	Balistidae	<i>Balistes capriscus</i> (Gmelin, 1789)
		<i>Canthidermis sufflamen</i> (Mitchill, 1815)

Las curvas de acumulación de especies obtenidas con los modelos no paramétricos (Chao2, Jack1, Jack2 y Bootstrap) explican en promedio el 80 % de la riqueza ictiológica del arrecife Pantepec, indicando que el número de especies puede ser de hasta 140 (figura 2).

La densidad de los peces en el arrecife Pantepec fue de 275 ± 27 ind/ 100 m² y estuvo representada principalmente, por organismos de talla pequeña, que forman cardúmenes como *Elacatinus jarocho* y *Halichoeres burekae* o que viven muy ligados al sustrato como *Chromis scotti* y *Stegastes xhanturus* (tabla 3).

Considerando los gremios tróficos, los peces los que se alimentan de plancton (p.ej. *E. jarocho*) y los herbívoros, micróvoros y detritívoros (e.g. *S. adustus*), presentaron la mayor densidad, 193.31 ind/100 m² y 43.93 ind/100m², respectivamente. En contraste, los piscívoros (2.91 ind/100 m²) y coralívo-

ros (0.11 ind/100 m²) mostraron la densidad menor (tabla 4).

Las especies con mayor frecuencia de aparición en el arrecife fueron: *S. xhanturus* y *H. burekae* (tabla 3). Por otra parte, las especies con mayor abundancia relativa fueron: *E. jarocho*, *H. burekae* y *Coryphopterus hyalinus* que juntas representaron el 64.7 % del total (tabla 5).

La biomasa estimada para el arrecife Pantepec fue de 12.72 ± 1.44 kg/100 m². Las especies con mayor aporte a la biomasa fueron: *Lutjanus jocu*, *Anisotremus virginicus*, *Haemulon plumierii*, *Acanthurus chirurgus* y *Anisotremus surinamensis*, mismas que representaron el 50.6 % del total (tabla 5). Considerando los gremios tróficos, los macroinvertívoros (e.g. *H. plumierii*) y piscívoros (e.g. *M. interstitialis*) aportaron una mayor proporción a la biomasa total debido a que, son peces de talla mediana (~ 30 cm de Lt) a grande (~50 cm Lt) y relativamente

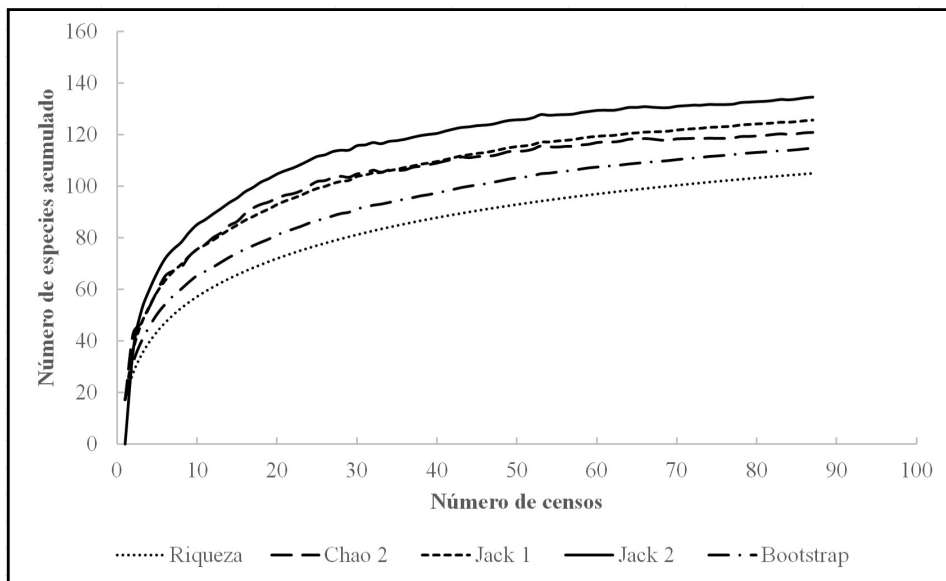


Figura 2. Número de especies estimadas con los modelos: Chao2, Jack1, Jack2 y Bootstrap para la comunidad de peces en el arrecife Pantepec, Veracruz.

Tabla 3. Densidad (ind/100 m²) y frecuencia de ocurrencia de los peces en el arrecife Pantepec.

Especie	Densidad	Frecuencia
<i>E. jarocho</i>	84.4	58.2
<i>H. burekae</i>	74.9	89.1
<i>C. hyalinus</i>	18.4	56.4
<i>A. multilineata</i>	15.6	38.2
<i>C. scotti</i>	14.4	74.5
<i>S. xanthurus</i>	13.5	100
<i>C. rostrata</i>	8.0	78.2
<i>H. aurolineatum</i>	3.8	61.8
<i>S. partitus</i>	3.6	58.2
<i>C. insolata</i>	3.5	45.5

Tabla 4. Densidad (ind/100 m²) y biomasa (kg/100 m²) aportada por cada gremio trófico ictiológico en el arrecife Pantepec.

Grupo trófico	Densidad	Biomasa
Invertívoros sésiles	9.49	0.82
Herbívoros, micróvoros y detritívoros	43.93	2.34
Coralívoros	0.11	0.04
Piscívoros	2.91	3.45
Microinvertívoros	7.85	0.45
Macroinvertívoros	12.44	4.08
Crustáceívoros	4.69	0.90
Planctívoros	193.31	0.61

Tabla 5. Especies de peces con mayor abundancia y biomasa relativa en el arrecife Pantepec.

Especie	Abundancia %	Especie	Biomasa %
<i>E. jarocho</i>	30.7	<i>L. jocu</i>	19.8
<i>H. burekae</i>	27.3	<i>A. virginicus</i>	11.8
<i>C. hyalinus</i>	6.7	<i>H. plumierii</i>	8.0
<i>A. multilineata</i>	5.7	<i>A. chirurgus</i>	6.4
<i>C. scotti</i>	5.3	<i>A. surinamensis</i>	4.6
<i>S. xanthurus</i>	4.9	<i>M. interstitialis</i>	4.6
<i>C. rostrata</i>	2.9	<i>H. bermudensis</i>	4.3
<i>H. aurolineatum</i>	1.4	<i>A. probatocephalus</i>	3.8
<i>S. partitus</i>	1.3	<i>A. tractus</i>	3.3
<i>C. insolata</i>	1.3	<i>B. rufus</i>	2.8

frecuentes. En contraparte, la biomasa estimada para los planctívoros cuya talla general oscila entre 1 y 10 cm de Lt, fue baja (0.61 kg/100 m²). En la tabla 3, se expone el aporte de cada grupo trófico.

El arrecife Pantepec presenta una cobertura coralina de 6.8 ± 0.7 %, una complejidad

estructural del sustrato de 0.43 ± 0.01 y una profundidad igual a 19.3 ± 0.3 m. El análisis de correlación mostró que, únicamente la complejidad estructural tiene relación con la densidad de peces (tabla 6).

Tabla 6. Valores de la correlación de Pearson entre las variables ecológicas y ambientales en el arrecife Pantepec. * indica relación significativa.

Variables relacionadas	r	p
Densidad-Profundidad	-0.361	0.01
Densidad-Cobertura coralina	0.308	0.022
Densidad-Complejidad estructural	0.642	<0.005*
Biomasa-Profundidad	-0.239	0.08
Biomasa-Cobertura coralina	0.327	0.02
Biomasa-Complejidad estructural	0.25	0.06

Discusión

Los componentes ictiofaunísticos en el arrecife Pantepec son, en general, parecidos a los registrados en los arrecifes emergentes que forman el SALT (González-Gándara & González-Sansón, 1997; González-Gándara *et al.*, 2013) y a los reportados en bancos sumergidos regionales (González-Gándara, 2014; Cortés-Useche *et al.*, 2015). Sin embargo, algunas especies (*e.g. Liopoproma carmabi* y *Melichthys niger*), que únicamente han sido observadas en el arrecife Blake (González-Gándara, 2014), no han sido registradas en el Pantepec, posiblemente porque en el primero existe una mayor transparencia asociada a la abundancia de nutrientes (Salas-Pérez *et al.*, 2015) en comparación con el segundo.

El registro previo de la riqueza ictiológica (42 especies) para el arrecife Pantepec (Cortés-Useche *et al.*, 2015) aumentó más del 150 %, debido al mayor esfuerzo y cobertura del muestreo empleado en la presente investigación; sin embargo, los estimadores no paramétricos sólo explican el 80 % de la riqueza. En general, el número de

especies de peces en el arrecife Pantepec es menor en comparación con las 127 especies registradas para el arrecife Blake (González-Gándara, 2014; Cortés-Useche *et al.*, 2015) y menor a la riqueza reportada para otros arrecifes sumergidos del norte de Veracruz (Cortés-Useche *et al.*, 2015; Ortiz-Lozano *et al.*, 2021). Los contrastes indican la necesidad de incrementar la investigación para definir si las diferencias resultan del esfuerzo de muestreo o de las condiciones ecológicas de cada arrecife.

Los valores de densidad ictiológica varían en los arrecifes veracruzanos, desde 70 hasta 620 ind/100 m² y se ha asociado con el estado de conservación arrecifal (Horta-Puga *et al.*, 2022). Los valores estimados para el arrecife Pantepec (275 ind/m²) son parecidos a los estimados para arrecifes conservados en Veracruz (260 ind/100 m²). La alta abundancia de los peces pequeños ($L_t \leq 10$ cm), es una constante en los arrecifes de Veracruz (Perez-España *et al.*, 2015; Horta-Puga *et al.*, 2022) posiblemente por la alta disponibilidad de nutrientes.

La cercanía del arrecife Pantepec a la desembocadura del río Tuxpan sugiere un aporte de nutrientes. En este sentido, Rodríguez-Lehovec *et al.* (2021) documentan que el flujo de la pluma del río Tuxpan se dirige hacia los arrecifes ubicados al sur del SALT, donde se localiza el Pantepec. El aporte de nutrientes puede favorecer las concentraciones de zooplancton (Carassou *et al.*, 2010), especialmente en las temporadas cuando las corrientes costeras se mueven de sur a norte (Salas-Monreal *et al.*, 2018). Bejarano % Appeldorn (2013) y Wenger *et al.* (2015) han registrado cambios en la estructura de las comunidades de peces arrecifales, debido a que algunas especies (*e.g.* *T. bifasciatum*) son menos tolerantes a la turbidez y otras (*e.g.* *Hypoplectrus puella*) se acoplan mejor a los ambientes donde la concentración de sedimentos suspendidos es alta.

En los arrecifes de coral, los peces de gran talla (p.ej. piscívoros) constituyen el blanco de la pesca. Esto repercute en los valores de biomasa y en procesos ecológicos que modifican la estructura y el funcionamiento de la comunidad (Graham *et al.*, 2017). Por eso, la biomasa es un indicador del estado de salud arrecifal (*Healthy Reefs for Healthy People*, 2023). En el arrecife Pantepec, la biomasa ictiológica estimada es relativamente alta, ya que está por encima de la cifra (6.65 kg/100 m²) que Graham *et al.* (2017) indican como límite para conservar la pesca en arrecifes coralinos. Tanto el valor general de la biomasa como el aporte de los herbívoros errantes (2.1 kg/100 m²) y, especialmente los peces de importancia comercial (3.38 kg/100 m²), sugieren una baja presión pesquera.

Healthy People for Healthy Reefs (2023) valora el estado de salud arrecifal a partir de la

cobertura coralina y de macroalgas carnosas, la biomasa de peces herbívoros (Acanthuridae, Kyphosidae y Scarinae) y de peces comerciales (Lutjanidae y Epinephelidae) (tabla 1). Los resultados de biomasa estimados en el arrecife Pantepec y de cobertura coralina indican una salud, de mala, por su cobertura coralina a muy buena, por la biomasa de peces comerciales. Para los arrecifes sumergidos, esta apreciación puede ser relativa, ya que la baja cobertura coralina se puede explicar por la turbidez generada por la pluma del río Tuxpan y la profundidad mínima del arrecife (16 m), mientras que, las evaluaciones arrecifales se realizan en zonas transparentes y con menos de 15 m de profundidad.

La abundancia y biomasa de herbívoros errantes (escáridos y acantúridos) en el arrecife Pantepec parece estar relacionada con la penetración de luz, la cual disminuye con la profundidad (Hernández-Landa *et al.*, 2014). Esta circunstancia favorece la abundancia de los herbívoros territoriales (Cecarelli *et al.*, 2005), representados en el arrecife Pantepec por: *S. xanthurus* y *S. adustus*. Es posible que otros procesos biológicos (*e.g.* reproducción) o ecológicos (*e.g.* dispersión de larvas) estén involucrados en la abundancia de herbívoros, pero se requiere más investigación para documentarlo. Por otra parte, la notable biomasa de lutjánidos y epinefélidos sugiere una limitada presión de pesca en esta formación arrecifal.

En los arrecifes, la cobertura coralina y la complejidad estructural del sustrato han sido relacionadas con la riqueza, abundancia y biomasa de los peces (Ricart *et al.*, 2016; Darling *et al.*, 2017). De las variables ambientales estimadas en el arrecife Pantepec,

únicamente la complejidad estructural presentó relación con la densidad de peces. González-Gándara (2020a) tampoco detectó influencia de esas variables sobre las comunidades de peces en el arrecife Palo Seco,

por lo que, es necesario fomentar la investigación para detectar los factores y/o procesos que explican la abundancia y biomasa de peces en los arrecifes sumergidos.

Consideraciones finales

Los componentes de la comunidad de peces del arrecife Pantepec es parecida a la de otros arrecifes de la región. La densidad icitológica se relaciona con la complejidad estructural mientras que la biomasa no guarda relación con ninguna variable ambiental. La naturaleza de banco sumergido del arrecife Pantepec limita la abundancia de algunas especies (*e.g. T. bifasciatum*) posiblemente porque la profundidad atenua la penetración de luz. Dada la cercanía de este sistema con otros

arrecifes de la región, es recomendable analizar las interacciones entre comunidades de peces vecinas para corroborar la aparente conectividad. Finalmente, la biomasa de peces piscívoros indica una baja presión de pesca en el arrecife Pantepec; sin embargo, la biomasa de herbívoros errantes es regular, lo cual puede ser resultado de otros procesos que operan local o regionalmente y deben ser investigados.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por la Secretaría de Educación Pública a través del proyecto PRODEP: Bases para el Análisis y

Síntesis de los Sistemas Costeros de Veracruz.

Literatura citada

- Bejarano, I. & R.S. Appeldoorn, 2013. Seawater turbidity and fish communities on coral reefs of Puerto Rico. *Marine Ecology Progress Series*, 474:217-226. DOI: 10.3354/meps1005.
- Carassou, L., R. Borgne, E. Rolland & D. Ponton, 2010. Spatial and temporal distribution of zooplankton related to the environmental conditions in the coral reef lagoon of New Caledonia, Southwest Pacific. *Marine Pollution Bulletin*, 61:367-374. DOI:10.1016/j.marpolbul.2010.06.016.
- Ceccarelli, D.M., G.P. Jones & L.J. McCook, 2005. Foragers versus farmers: contrasting effects of two behavioural groups of herbivores on coral reefs. *Oecologia*, 145:445-453. DOI:10.1007/s00442-005-0144-y
- Colwell, R.K., 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species

- from samples. Version 9. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), 2014. Programa de Manejo Área de Protección de Flora y Fauna Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan. CONANP. México. 175 pp.
- Cortés-Useche, C., J. Calle-Triviño & F.J. Martos-Fernández, 2015. Lista de peces de los arrecifes Oro Verde, Pantepec y Blake Veracruz, México. *Revista de Investigaciones Marinas*, 35:112-118.
- Darling, E.S., N.A. Graham, F.A. Januchowski-Hartley, K.L. Nash, M.S. Pratchett & S.K. Wilson, 2017. Relationships between structural complexity, coral traits, and reef fish assemblages. *Coral Reefs*, 36(2):561-575. DOI:10.1007/s00338-017-1539-z
- De la Cruz-Francisco, V. & A.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 Océanides*, 31(2):45-64.
- Escarcega-Quiroga, P.A., A. Granados-Barba, C. González-Gándara, L. Epherra, M. Marín Hernández & A. Crespi-Abril, 2019. Variación fenotípica del erizo *Eucidaris tribuloides* (Cidaroida: Cidaridae) en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. *Revista de Biología Tropical*, 67(6):1146-1159. DOI: 10.15517/RBT.V6716.36319
- Fricke, R., W.N. Eschmeyer & J.D. Fong, 2023. Eschmeyer's catalog of fishes: genera/species by family/subfamily. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>. Versión electrónica accesada el 07 de diciembre del 2023.
- Froese, R. & D. Pauly, (eds.), 2023. Fishbase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org. version (12/2023). Versión electrónica accesada el 07 de diciembre del 2023.
- Gómez, P., F. Calderón-Gutiérrez, C. González-Gándara & M.A. Rojas-Terán, 2021. New species of *Microscleroderma* and *Amphibleptula* (Demospongiae, Tetractinellida, Scleritodermidae) from two contrasting marine environments. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1-11. DOI:10.1017/S0025315421000114.
- González Gándara, C., C. Domínguez-Barradas, V. De la Cruz-Francisco, F.A. Solís-Marín & J.P. Carricart-Ganivet, 2015a. 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-CONABIO, proyecto No. JF124. México. 57 pp.
- González-Gándara, C. & V. De la Cruz-Francisco. 2014. Unusual record of the Indo-Pacific pomacentrid *Neopomacentrus cyanomos* (Bleeker, 1856) on coral reefs of the Gulf of Mexico. *BioInvasion Records*, 3(1):49-52. DOI:10.3391/bir.2014.3.1.09
- González-Gándara, C., 2014. Peces del arrecife Blake, Veracruz, México: Inventario, distribución y afinidades zoogeográficas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(4):87-97.
- González-Gándara, C., 2020a. La comunidad de peces del arrecife Palo Seco, Veracruz, golfo de México y su relación con los grupos morfofuncionales. *CienciaUAT*, 14(2):34-50. DOI:10.29059/cienciauat.v14i2.
- González-Gándara, C., 2020b. La comunidad de corales escleractinios del sistema arrecifal Palo Seco, Veracruz, México. pp. 186-204. In: Pérez-Morales, A., J.A. Aké-Castillo & C.A. Poot-Delgado (eds.). *Investigaciones Marinas del Golfo de México y del Caribe Mexicano*. Universidad de Colima. Colima. 560 pp.
- González-Gándara, C. 2023. Unusual high fish biomass suggests healthy conditions in a Mexican reef on the south Gulf of Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 51(3):443-446. DOI:10.3856/vol51-issue3-fulltext-3010

- González-Gándara, C. & G. González-Sansón, 1997. Composición y abundancia de la ictiofauna del arrecife Tuxpan, Veracruz, México. *Revista de Investigaciones Marinas*, 18(3):249-259.
- González-Gándara, C., A.G. Jordán Garza, L. Ortiz-Lozano, J.J. Salas-Pérez & C. Domínguez-Barradas, 2019. Las Comunidades de erizos regulares en dos bancos sumergidos de Veracruz, México. pp. 99-112. In: Granados-Barba, A. L. Ortiz-Lozano, C. González-Gándara & D. Salas-Monreal (eds.). Estudios Científicos en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. Campeche. 376 pp. DOI:10.26359/epomex0319.
- González-Gándara, C., F.A. Solís-Marín, V. de la Cruz-Francisco, A. Granados-Barba, J.J. Salas-Pérez, J. Arguelles-Jiménez & P.A. Escarcega-Quiroga, 2015b. Riqueza y distribución de equinodermos en los arrecifes del norte y sur de Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 63(Suppl 2): 183-193.
- González-Gándara, C., M.L. Lozano-Vilano, V. De la Cruz-Francisco & C. Domínguez Barradas, 2013. Peces del sistema arrecifal Lobos-Tuxpan, Veracruz, México. *Universidad y Ciencia*, 29(2): 191-208.
- Graham, N.A., T.R. McClanahan, M.A. MacNeil, S.K. Wilson, J.E. Cinner, C. Huchery & T.H. Holmes, 2017. Human disruption of coral reef trophic structure. *Current Biology*, 27:231-236. DOI:10.1016/j.cub.2016.10.062
- Hammer, Ø., D.A.T. Harper & P.D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1):1-9.
- Harmelin-Vivien, M.L., J.G. Harmelin, C. Chauvet, C. Duval, R. Galzin, P. Lejeune, G. Barnabé, F. Leblanc, R. Chevalier, J. Duclerc & G. Laserre, 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons méthodes et problèmes. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 40(4): 467-539.
- Harris, P.T., T.C. Brigde, R.J. Beaman, J.M. Webster, S.L. Nichol & B.P. Brooke, 2013. Submerged banks in the Great Barrier Reef, Australia, greatly increase available coral reef habitat. *ICES Journal of Marine Science*, 70(2):284-293. DOI:10.1093/icesjms/fss165
- Healthy Reefs for Healthy People, 2023. [https://www.healthyreefs.org/cms/]. Accesado el 05 de diciembre del 2023.
- Hernández-Landa, R.C., G. Acosta-González, E. Nuñez-Lara & E.A. Arias-González, 2014. Spatial distribution of surgeonfish and parrotfish in the north sector of the Mesoamerican Barrier Reef System. *Marine Ecology*, 36(3):432-446. DOI:10.1111/maec.12152
- Horta-Puga, G., A.A. Morales-Aranda & J.L. Tello-Musi, 2022. The reef fish assemblage of coral reef system in the southwestern Gulf of México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 93:e934156. DOI:10.22201/ib.20078706e.2022.93.4156
- Jordán-Garza, A.G., C. González-Gándara, J.J. Salas-Pérez & A.M. Morales-Barragan, 2017. Coral assemblages are structured along a turbidity gradient on the Southwestern Gulf of Mexico, Veracruz. *Continental Shelf Research*, 138:32-4. DOI:10.1016/j.csr.2017.03.0020.
- Kohler, K.E. & S.M. Gill, 2006. Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic Program for the Determination of Coral and Substrate Coverage Using Random Point Count Methodology. *Computers and Geosciences*, 32(9): 1259-1269.
- Liaño-Carrera, F., T. Camarena-Luhrs, A. Gómez-Barrero, F. Martos-Fernández, J. Ramírez-Macias & D. Salas-Monreal, 2019. New coral reef structures in a tropical coral reef system. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 47(2):270-281. DOI:10.3856/vol47-issue2-fulltext-7
- Ortiz-Lozano, L., A. Gutiérrez-Velázquez, C. Ajá-Arteaga, J. Argüelles-Jiménez & V. Ramos-Castillo, 2021. Distribution, threats,

- and management of submerged reefs in the north of the reef corridor of the Southwest Gulf of Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 201:105428. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2020.105428
- Ortiz-Lozano, L., C. Colmenares-Campos & A. Gutiérrez-Velázquez, 2018. Submerged coral reefs in the Veracruz Reef System, Mexico, and its implications for marine protected area management. *Ocean & Coastal Management*, 158:11-23. DOI:j.ocecoaman.2018.03.012
- Ortiz-Lozano, L., C. Colmenares-Campos, A.L. Gutiérrez-Velázquez, 2019. Arrecifes sumergidos y su relevancia para el corredor arrecifal del suroeste del Golfo de México. pp. 1-36. In: Granados-Barba, A., L. Ortiz-Lozano, C. González-Gándara & D. Salas-Monreal (eds.). Estudios Científicos en el Corredor Arrecifal del Suroeste del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. Campeche. 376 pp. DOI:10.26359/epomex.0319
- Parravicini, V., J.M. Casey, N.M. Schiettekate, S.J. Brandl, C. Pozas-Schacre, J. Carlot, G.J. Edgar, N.A. Graham, M. Harmelin-Vivien, M. Kulbicki, G. Strona & R.D. Stuart-Smith, 2020. Delineating reef fish trophic guilds with global gut content data synthesis and phylogeny. *PLOS Biology*, 18(12):e3000702. DOI:10.1371/journal.pbio.3000702
- Pérez-España, H., P.S. Ávila-Gutiérrez, S.M. Melo-Merino, P. Berumen-Solórzano & R.R. Flores-Arévalo, 2015. Patrones interanuales e interarrecifales de las comunidades de peces, corales y equinodermos en el Sistema Arrecifal Veracruzano. pp. 159-178. In: Granados-Barba, A., LD. 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. 366 pp.
- Randall, J.E., 1967. Food habits of reef fishes of the West Indies. *Studies in Tropical Oceanography*, 5:665-847.
- Ricart, A.M., F.A. Rodríguez-Zaragoza, C. González-Salas, M. Ortiz, A.L. Cupul-Magaña & M. Adjeroud, 2016. Coral reef fish assemblages at Clipperton Atoll (Eastern Tropical Pacific) and their relationship with coral cover. *Scientia Marina*, 80(4):479-486.
- Risk, M.J., 1972. Fish diversity on a coral reef in the Virgin Islands. *Atoll Research Bulletin*, 193: 1-4. DOI:10.5479/si.00775630.153.1
- Roberts, T.E., J.M. Moloney, H.P. Sweatman & T.C. Bridge, 2015. Benthic community composition on submerged reefs in the central Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, 34:569-580. DOI:10.1007/s00338-015-1261-7
- Rodríguez-Lehovec, F., J.J. Salas-Pérez, G. Jordán-Garza & D. Salas-Monreal, 2021. Could the plume of Tuxpan river influence the norther reefs of the Reef Corridor of The Southwestern Gulf of Mexico?. *Oceanography & Fisheries Open Access Journal*, 13(3). DOI:10.19080/OFOAJ.2021.13.555862
- Salas-Pérez, J.J., A.N. Ocaña-Valencia & C. González-Gándara, 2015. Temperatura superficial del mar y concentración de Clorofila-a en zonas arrecifales y desembocadura de sus ríos en el golfo de México occidental. pp. 315-332. In: Granados-Barba, A., L.D. Ortiz-Lozano, D. Salas-Monreal y 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. 366 pp.
- Serrano, X., I.B. Baums, K. O'Reilly, T.B. Smith, R.J. Jones, T.L. Shearer, F.L.D. Nunes & A.C. Baker, 2014. Geographic differences in vertical connectivity in the Caribbean coral *Montastraea cavernosa* despite high levels of horizontal connectivity at shallow depths. *Molecular Ecology*, 23:4226-4240. DOI:10.1111/mec.12861

- Sierra, L.M., R. Claro & O.A. Popova, 1994. Alimentación y relaciones tróficas. pp. 263–319. In: Claro, R. (ed.). *Ecología de los peces marinos de Cuba*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo. Chetumal. 525 pp.
- Solís-Marín, F.A., T. Pineda-Enríquez, I.Q. Hernández-Díaz, D. Yepes-Gaurisas, C. González-Gándara, A. Granados-Barba & F.N. Dias Marquez Simões. 2015. First records and range extension of *Ophioblenna antillensis* (Echinodermata: Ophiuroidea) in the Gulf of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86:306-309. DOI:10.1016/j.rmb.2015.04.021
- Thomas, C.J., T.C. Bridge, J. Figueiredo, E. Deleersnijder & E. Hanert, 2015. Connectivity between submerged and near-sea-surface coral reefs: can submerged reef populations act as refuges? *Diversity and Distributions*, 21(10):1254-1266. DOI:10.1111/ddi.12360
- Wenger, A.S., K.E. Fabricious, G.P. Jones & J.E. Brody, 2015. Effects of sedimentation, eutrophication, and chemical pollution on coral reef fishes. pp. 145-153. In: Mora, C. (ed.). *Ecology of Fishes on Coral Reefs*. Cambridge University Press, Cambridge. 388 pp.