

NIVEL INVASIVO DE LA ESPECIE EXÓTICA *Neopomacentrus cyanomos* (BLEEKER, 1856) (POMACENTRIDAE) DENTRO DE LA ICTIOFAUNA ASOCIADA A CORALES *Orbicella* SPP. (SCLERACTINIA: MERULLINIDAE) EN EL ARRECIFE ENMEDIO, SISTEMA ARRECIFAL LOBOS-TUXPAN

De la Cruz-Francisco, Vicencio & Julio Cesar Franco-Mejía

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

RESUMEN. Las inspecciones biológicas son importantes para valorar el nivel invasivo de especies exóticas. Por ello, en el presente trabajo se estimó la abundancia del pez exótico *Neopomacentrus cyanomos* respecto a la ictiofauna nativa del arrecife Enmedio, Veracruz. Se establecieron cinco sitios de muestreo en la ladera de sotavento, zona arrecifal caracterizada por corales masivos; en cada lugar se estimaron la riqueza y abundancia de peces nativos y exóticos en colonias de *Orbicella annularis* y *Orbicella faveolata*. Los atributos comunitarios estimados fueron riqueza específica, abundancia, índice de equidad y diversidad verdadera. Para detectar diferencias significativas o similitudes en la estructura comunitaria de los peces se aplicaron técnicas multivariantes: análisis de similitud y ordenación. Se registraron en total 39 especies de peces nativos y dos especies exóticas: *Neopomacentrus cyanomos* y *Pterois volitans*. Las especies más abundantes fueron *Halichoeres burekai* y *Chromis multilineata*, las cuales en conjunto constituyeron el 89% de la abundancia total. En cambio, *Neopomacentrus cyanomos* presentó pequeñas poblaciones (<15 ind/coral) y fue habitual en *O. faveolata*. En los corales de *O. faveolata* se hallaron 39 taxa y en *O. annularis* 35; no obstante, la abundancia de peces fue mayor en colonias de *O. annularis* que en *O. faveolata*. La ictiofauna fue caracterizada por la dominancia de peces zooplantófagos; la equidad y diversidad verdadera fue mayor en áreas donde existe mayor cobertura coralina y decreció hacia lugares donde prevalecen arena y pavimento coralino. La ictiofauna fue similar en composición y abundancia en *O. annularis* y *O. faveolata* así como entre los sitios de muestreo. Las pequeñas poblaciones que manifiesta *N. cyanomos* sugieren que no es una especie competitiva para la ictiofauna nativa; sin embargo es necesario continuar las inspecciones para valorar cambios en la abundancia. Además, es imprescindible indagar el estatus de invasión en los demás arrecifes de Veracruz.

Palabras clave: ictiofauna, ensamblaje de peces, especie exótica, área natural protegida, inspecciones biológicas.

Invasive level of the exotic species *Neopomacentrus cyanomos* (Bleeker, 1856) (Pomacentridae) within the ichthyofauna associated to *Orbicella* spp. (Scleractinia: Merullinidae) in the Enmedio reef, Lobos-Tuxpan Reef system

ABSTRACT. Biological monitoring is important for assessing the invasive level of alien species. Therefore, in the present work, the abundance of the exotic fish *Neopomacentrus cyanomos* was estimated with respect to the native ichthyofauna of the Enmedio reef, Veracruz. Five sampling sites were established on the leeward slope, a reef zone characterized by massive corals; in each place, the richness and abundance of native and exotic fishes were estimated in colonies of *Orbicella annularis* and *Orbicella faveolata*. The estimated community attributes were specific wealth, abundance, equitability index, and true diversity. To detect significant differences or similarities in the fish community structure, multivariate techniques were applied: similarity and ordering analysis. A total of 39 species of native fish and two exotic species were recorded: *Neopomacentrus cyanomos* and *Pterois volitans*. The most abundant species were *Halichoeres burekai* and *Chromis multilineata*, which constituted 89% of the total abundance. In contrast, *Neopomacentrus cyanomos* presented small populations <15 ind/coral and was common in *O. faveolata*. In the *O. faveolata* corals, 39 taxa were found and in *O. annularis* 35; however, fish abundance was higher in colonies of *O. annularis* than in *O. faveolata*. The ichthyofauna was characterized by the dominance of zooplanktophagous fishes; equitable and true diversity were higher in areas with greater coral cover and decreased at places where sand and coral pavements prevail. The ichthyofauna was similar in composition and abundance in *O. annularis* and *O. faveolata* as well as between the sampling sites. The small populations of *N. cyanomos* suggest that it is not a competitive species to the native ichthyofauna; however, it is necessary to continue monitoring in order to assess changes in abundance. In addition, it is imperative to investigate the status of invasion in the other reefs of Veracruz.

Keywords: ichthyofauna, fish assemblage, exotic species, protected natural area, monitoring.

De la Cruz-Francisco, V. & J. C. Franco-Mejía. 2017. Nivel invasivo de la especie exótica *Neopomacentrus cyanomos* (Bleeker, 1856) (Pomacentridae) dentro de la ictiofauna asociada a corales *Orbicella* spp. (Scleractinia:Merullinidae) en el arrecife Enmedio, sistema arrecifal Lobos-Tuxpan. *CICIMAR Oceánides*, 32(2): 51-61.

INTRODUCCIÓN

La fauna ictiológica de los arrecifes coralinos de Veracruz es bien conocida con más de 300 especies registradas (González-Gándara, 2003, 2014; González-Gándara *et al.*, 2012, 2013, 2015, Del Moral-Flores *et al.*, 2013). Entre esta se ha registrado la especie exótica *Neopomacentrus cyanomos* (Bleeker, 1856) (González-Gándara & De la Cruz-Francisco, 2014; De la Cruz-Francisco *et al.*, 2015; Robertson *et al.*, 2016 a, b), la cual es miembro de la familia Pomacentridae y es originaria del Indo Pacífico. *N. cyanomos* fue reportado inicialmente en los arrecifes los Tuxtlas (SAT) por González-Gándara y De la Cruz-Francisco (2014); posteriormente, se notificó su presencia en los arrecifes del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV) y en el arrecife de Madagascar situado cerca de la Península de Yucatán (Robertson *et al.*, 2016); después, su propagación fue confirmada también en el Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan (SALT) (De la Cruz-Francisco *et al.*, 2015).

Si bien se ha mencionado que *N. cyanomos* no presenta densidades altas como las que manifiesta en su área de distribución original, se ha recomendado realizar inspecciones para evaluar si estas poblaciones son estables o si aumentan (Robertson *et al.*, 2016). Recientemente se han reportado agregaciones de varias decenas de individuos en Cayo Arcas, Banco de Campeche (Robertson *et al.*, 2016 a) y ha sido considerado excesivamente abundante en la plataforma petrolera adyacente a Cayo Arcas (filmación de Simoes & Roberson, 2016).

Particularmente para el SALT, De la Cruz-Francisco *et al.* (2015) puntualizan que *N. cyanomos* forma parte de los ensamblajes de peces asociados a corales masivos, sin embargo no hacen referencia de su abundancia. Por ello, en el arrecife Enmedio, ecosistema perteneciente al SALT, se estimó la abundancia de *N. cyanomos* y de la ictiofauna nativa en corales masivos de *Orbicella* spp., en donde es habitual la presencia de *N. cyanomos* (De la Cruz-Francisco *et al.*, 2015) para determinar si existen diferencias en la estructura comunitaria de la ictiofauna ante la presencia de esta especie exótica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El arrecife Enmedio es de tipo de plataforma, se localiza a 14 km de la desembocadura del Río Tuxpan, colinda al norte con el arrecife Tanhuijo y al suroeste con el arrecife Pantepec. Tiene una longitud de 1.06 km y su anchura es de 0.48 km (Tunnell, 2010; SEMARNAT & CONANP, 2014). Se distinguen tres zonas arrecifales (Fig. 1). La llanura arrecifal tiene una profundidad variable que alcanza hasta 2 m y se han reconocido ocho hábitats bentónicos dominantes constituidos por *Acropora palmata* (Lamarck, 1816), *Millepora alcicornis* Linnaeus, 1758, *Orbicella annularis* (Ellis & Solander, 1786), *Pseudodiploria clivosa* (Ellis & Solander, 1786), *Porites furcata* (Pallas, 1766), *Palythoa caribaeorum* (Duchassaing & Michelotti, 1860), *Eunicea flexuosa* (Lamouroux, 1821) y dos componentes bentónicos: cresta arrecifal y escombros (De la Cruz-Francisco *et al.*, 2016; González-González *et al.*, 2016).

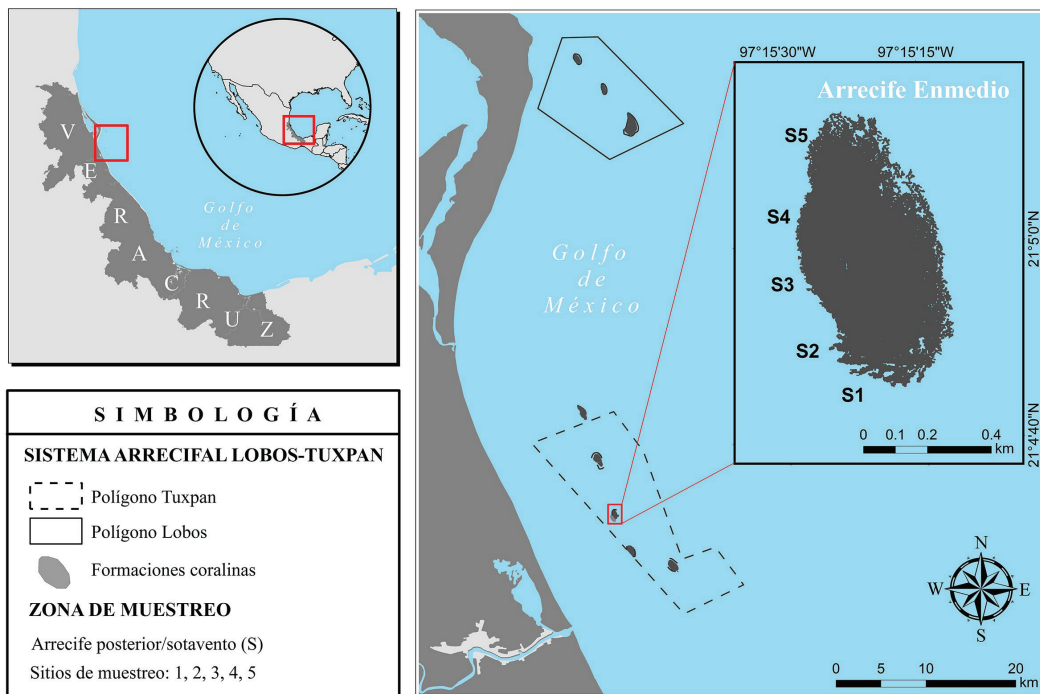


Figura 1. Localización geográfica del arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, México

al., 2016). El arrecife frontal presenta una pendiente suave y predomina el pavimento coralino, mientras en el arrecife posterior dominan colonias de corales masivos representados principalmente por *O. annularis*, *Colpophyllia natans* (Houttuyn, 1772) y *Siderastrea siderea* (Ellis & Solander, 1768) (González-González et al., 2016).

Trabajo de campo

Se realizaron muestreos durante abril-junio de 2016 para estimar la abundancia de la ictiofauna asociada a los corales masivos *O. annularis* y *O. faveolata*, dado que en estas estructuras coralinas son comunes las poblaciones de *N. cyanomos* (De la Cruz-Francisco et al., 2015). Para ello se establecieron cinco sitios de muestreo en el arrecife posterior (noroeste, norte, oeste, suroeste y sur, Fig. 1) debido a que los corales masivos son más abundantes en esta zona arrecifal (González-González et al., 2016). En cada sitio se estimaron las abundancias íctica nativa y exótica (*N. cyanomos* y en su caso también *Pterois volitans* Linnaeus, 1758) explorando colonias grandes de *O. annularis* y *O. faveolata* de proporciones >50 cm de alto y >1.5 m de diámetro.

La identificación de las especies de peces se realizó considerando las características morfológicas y patrones de coloración de acuerdo a la guía de identificación de Humman y Deloach (2002). Los censos visuales consistieron en cuantificar toda la fauna íctica que se asocia en las colonias masivas de corales considerando peces territoriales, crípticos y los de la columna del agua.

Análisis estadísticos

Con los datos obtenidos de la riqueza y abundancia íctica se elaboraron curvas acumulativas de la riqueza observada (Sobs) y del estimador no paramétrico Chao 1 a fin de determinar el porcentaje de representatividad del inventario realizado en las colonias de *O. annularis* y *O. faveolata*. Para ello se dividió el valor de la riqueza observada (multiplicado por 100) entre el valor de la riqueza esperada del estimador no paramétrico (Moreno & Halffter, 2000). Asimismo, se evaluó el desempeño de los estimadores no paramétricos calculando el sesgo (atributo que indica sobrestimación o subestimación de la riqueza verdadera) y exactitud (indica la cercanía de la riqueza esperada a la riqueza verdadera) con base en las fórmulas propuestas por Walther y Moore (2005). En ambas fórmulas se obtienen valores entre -1 a 1, cuando los valores son cercanos a cero, indican que el estimador presenta menos sesgo o mayor exactitud respectivamente (Walther & Moore, 2005).

Como estimador asintótico se utilizó el modelo de Clench para predecir el número de especies existentes calculando la asíntota como la relación a/b (donde a es la tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario y b es un parámetro

relacionado con la forma de la curva). Además, con este modelo se evaluó la calidad del inventario calculando la pendiente al final de la curva, $a/(1+b \cdot n)^2$; también se evaluó la proporción de la riqueza registrada, $Sobs/(a/b)$. Todo este proceso se realizó con base en el trabajo de Jiménez-Valverde y Hortal (2003) quienes establecen un procedimiento práctico para la obtención de dicho modelo paramétrico. El ajuste de las curvas de acumulación de especies se obtuvo con el programa Statistica Versión 7.1 (Statsoft, 2005).

Por otra parte, con la abundancia numérica se obtuvo la abundancia relativa o porcentual (%), a fin de expresar la contribución de cada una de las especies de peces que se asocian a las colonias de *O. annularis* y *O. faveolata*. Se elaboraron curvas de rango-abundancia de las especies más representativas a fin de visualizar la posición que ocupa *N. cyanomos*. Como complemento, los peces se agruparon en categorías tróficas basadas en el criterio de Randall (1967). De igual manera se estimaron índices de diversidad alfa: riqueza de especies, equidad de Pielou y diversidad de Shannon con el programa Past (Hammer et al., 2001), mientras la diversidad verdadera se obtuvo calculando el exponente de la diversidad de Shannon: $1D = \exp H'$. Estos atributos se promediaron por sitios de muestreo. Las diferencias significativas se determinaron con la prueba ANDEVA utilizando el paquete SPSS versión 22.0 (IBM, 2013).

Para determinar si los ensambles de peces registrados en *O. annularis* y *O. faveolata* son similares, se realizó un análisis de similitud empleando la distancia de Bray-Curtis. Con la matriz de similitud se generó un dendrograma a fin de mostrar los grupos disímiles/semeljantes. También se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NDMS) basándose en la matriz de similitud de Bray-Curtis para representar las proximidades de las unidades de muestreo (sitios). Además, se realizó un análisis de similitud porcentual (SIMPER) para determinar que especies contribuyen en las similitudes/disimilitudes; estas se realizaron con el programa Primer Versión 7 (Clarke & Gorley, 2015).

RESULTADOS

Se registraron un total de 41 especies de peces arrecifales en los corales *Orbicella* spp., de las cuales *P. volitans* y *N. cyanomos* son exóticas establecidas en el arrecife Enmedio. En las colonias de *O. annularis* se registraron 35 especies y en *O. faveolata* fueron 39 especies. El estimador no paramétrico Chao 1 indica que se obtuvo una buena representatividad en los muestreos con 97% y 95%, respectivamente. Dicho estimador presentó un buen desempeño en estimar la riqueza de especies dado que la exactitud y sesgo fueron cercanos a cero para ambos casos. El modelo de Clench predice 37 ($a = 4.77$, $b = 0.128$) y 42 ($a = 4.68$, $b = 0.112$) especies

de peces para las colonias de *O. annularis* y *O. faveolata*, respectivamente; esto significa que se obtuvieron un 91% y 93% en el esfuerzo de muestreo. Dicho modelo se ajustó apropiadamente en ambos casos de estudio ($R^2 = 0.99$ y 0.98) y se demuestra que el inventario es confiable, dado que la pendiente de la curva fue de 0.073 para *O. annularis* y de 0.042 para *O. faveolata*. La curva acumulativa de las especies observadas y estimadas para *O. annularis* y *O. faveolata* muestran tendencia a la asíntota y evidencian que los muestreos fueron representativos (Fig. 2 A y B).

De manera general, se estimó una abundancia total de 34718 peces arrecifales, registrándose mayor cantidad de individuos en *O. faveolata* que en *O. annularis* (Tabla 1). Las especies de mayor abundancia fueron *Halichoeres burekai* (Weaver & Rocha, 2007) y *Chromis multilineata* (Guichenot, 1853), las cuales constituyeron el 72.2% de la ictiofauna arrecifal y dominando tanto en las colonias de *O. annularis* y *O. faveolata* (Tabla 1). Las especies *Abudefduf saxatilis* (Linnaeus, 1758), *Haemulon aurolineatum* Cuvier, 1830, *Canthigaster rostrata* (Bloch, 1786), *Chromis scotti* Emery, 1968, *Stegastes adustus* (Troschel, 1865), *Stegastes planifrons* (Cuvier, 1830), *Elacatinus jarocho* Taylor & Akiins, 2007, *Stegastes partitus* (Poey, 1868), *Thalassoma bifasciatum* (Bloch, 1791) y *N. cyanomos* aportaron el 25.3% de abundancia, mientras que las restantes

contribuyeron con 2.7% de abundancia relativa. Particularmente para *N. cyanomos*, se cuantificó un total de 345 individuos, cifra que representa el 1% de la abundancia total de la ictiofauna. Específicamente se encontraron 15 individuos en *O. annularis* y 330 en *O. faveolata* (Tabla 1). Asimismo, se cuantificaron siete individuos de *P. volitans*, encontrándose cinco ejemplares en *O. annularis*.

Los peces con hábitos zooplanctófagos fueron los más abundantes en corales masivos, en *O. annularis* se observaron 13619 individuos, mientras que en *O. faveolata* fueron registrados 13176 ejemplares (Fig. 3). En este gremio trófico *H. burekai* y *C. multilineata* constituyeron las especies de mayor abundancia (Tabla 1), mientras que los peces ictiófagos fueron los menos representativos en la comunidad de peces (Fig. 3).

A nivel de sitios, la mayor riqueza de peces fue observada al noroeste y suroeste en corales de *O. faveolata* con 29 especies, mientras que la mínima riqueza fue registrada al norte de sotavento en colonias de *O. annularis* con 18 especies (Figura 4A). Con respecto a la abundancia, los peces fueron más numerosos al suroeste, registrándose 5983 individuos en *O. faveolata* y 5389 en *O. annularis*, le sigue el sitio sur, donde en *O. annularis* fue más cuantioso la ictiofauna, por el contrario la porción norte y oeste se registró menor cantidad de peces (Figura 4B).

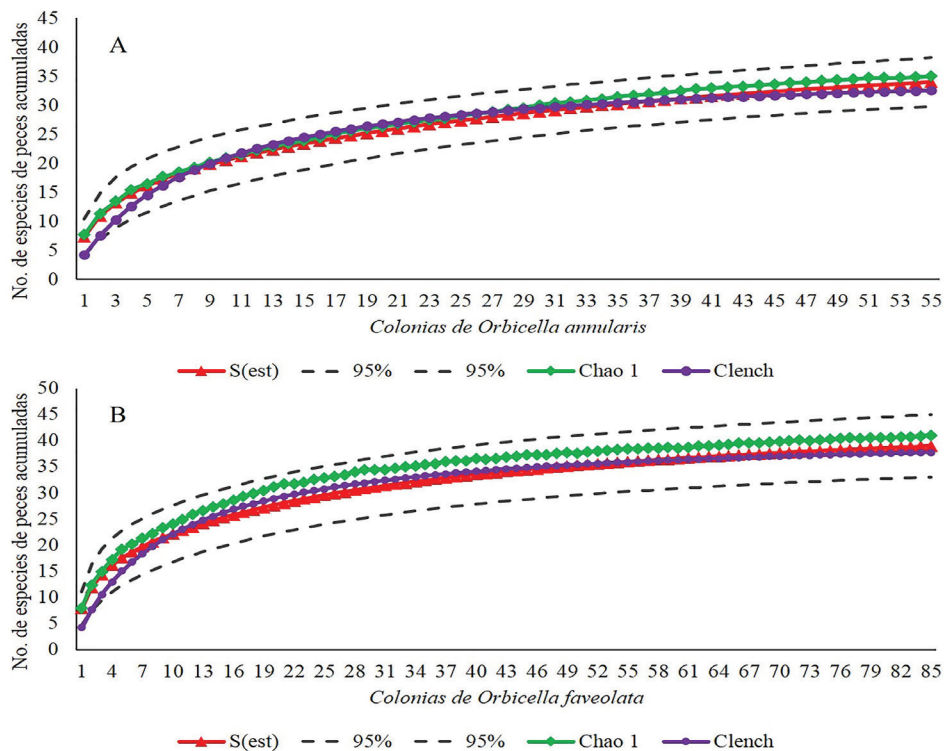


Figura 2. Curva acumulativa de especies de peces registradas en los corales masivos A) *O. annularis* y B) *O. faveolata*. Las líneas punteadas negras indican el intervalo de confianza (superior e inferior) a 95% del estimador S (est): especies observadas.

Tabla 1. Abundancia absoluta (N) y abundancia relativa (%) de las especies de peces asociadas a los corales masivos *O. annularis* y *O. faveolata* del arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan. GT. Gremios tróficos. AD. Algas y detritus. Z. Zooplanc-tívoro. IS. Invertebrados sésiles. CG. Carnívoro generalista. IC. Ictiófagos.

GT	Especie	Total		<i>O. annularis</i>		<i>O. faveolata</i>	
		N	N%	N	N%	N	N%
CG	<i>Gymnothorax miliaris</i>	4	<0.1	1	<0.1	3	<0.1
CG	<i>Holocentrus adscensionis</i>	8	<0.1	3	<0.1	5	<0.1
CG	<i>Holocentrus rufus</i>	6	<0.1	2	<0.1	4	<0.1
CG	<i>Ephinephelus adscensionis</i>	33	0.1	12	0.1	21	0.1
CG	<i>Hypoplectrus atlahua</i>	3	<0.1	0	<0.1	3	<0.1
CG	<i>Ocyurus chrysurus</i>	3	<0.1	1	<0.1	2	<0.1
CG	<i>Anisotremus suramensis</i>	10	<0.1	10	0.1	0	<0.1
CG	<i>Anisotremus virginicus</i>	56	0.2	19	0.1	37	0.2
CG	<i>Haemulon aurolineatum</i>	1701	4.9	802	4.7	899	5.1
CG	<i>Haemulon macrostomum</i>	2	<0.1	1	<0.1	1	<0.1
CG	<i>Haemulon sciurus</i>	1	<0.1	0	<0.1	1	<0.1
IS	<i>Chaetodon sedentarius</i>	17	<0.1	8	<0.1	9	0.1
IS	<i>Holocentrus bermudensis</i>	1	<0.1	0	<0.1	1	<0.1
IS	<i>Phomacanthus paru</i>	22	0.1	3	<0.1	19	0.1
AD	<i>Kyphosus incisor</i>	4	<0.1	0	<0.1	4	<0.1
IS	<i>Abudefduf saxatilis</i>	2569	7.4	1166	6.8	1403	7.9
Z	<i>Chromis multilineata</i>	8048	23.2	3397	20	4651	26.3
Z	<i>Chromis scotti</i>	811	2.3	355	2.1	456	2.6
AD	<i>Microspathodon chrysurus</i>	132	0.4	60	0.4	72	0.4
AD	<i>Stegastes adustus</i>	732	2.1	287	1.7	445	2.5
AD	<i>Stegastes partitus</i>	391	1.1	147	0.9	244	1.4
AD	<i>Stegastes planifrons</i>	662	1.9	328	1.9	334	1.9
AD	<i>Stegastes variabilis</i>	26	0.1	10	0.1	16	0.1
Z	<i>Neopomacentrus cyanomos</i>	345	1.0	15	0.1	330	1.9
IC	<i>Bodianus rufus</i>	268	0.8	106	0.6	162	0.9
CG	<i>Halichoeres bivittatus</i>	33	0.1	16	0.1	17	0.1
IC	<i>Halichoeres radiatus</i>	7	<0.1	0	<0.1	7	<0.1
Z	<i>Halichoeres burekai</i>	17006	49.0	9493	55.8	7513	42.5
Z	<i>Thalassoma bifasciatum</i>	365	1.1	139	0.8	226	1.3
CG	<i>Malacoctenus triangulatus</i>	3	<0.1	0	<0.1	3	<0.1
AD	<i>Ophioblennius macclurei</i>	23	0.1	10	0.1	13	0.1
AD	<i>Coryphopterus hyalinus</i>	65	0.2	35	0.2	30	0.2
Z	<i>Elacatinus jarocho</i>	399	1.1	235	1.4	164	0.9
CG	<i>Elacatinus oceanops</i>	25	0.1	5	<0.1	20	0.1
CG	<i>Tigrigobius redimiculus</i>	30	0.1	7	<0.1	23	0.1
AD	<i>Acanthurus tractus</i>	77	0.2	6	<0.1	71	0.4
CG	<i>Odontoscion dentex</i>	2	<0.1	2	<0.1	0	<0.1
IC	<i>Lactophrys triqueter</i>	7	<0.1	4	<0.1	3	<0.1
CG	<i>Diodon hystrix</i>	1	<0.1	0	<0.1	1	<0.1
IS	<i>Canthigaster rostrata</i>	813	2.3	333	2.0	480	2.7
CG	<i>Pterois volitans</i>	7	<0.1	5	<0.1	2	<0.1
	Total	34718		17023		17695	

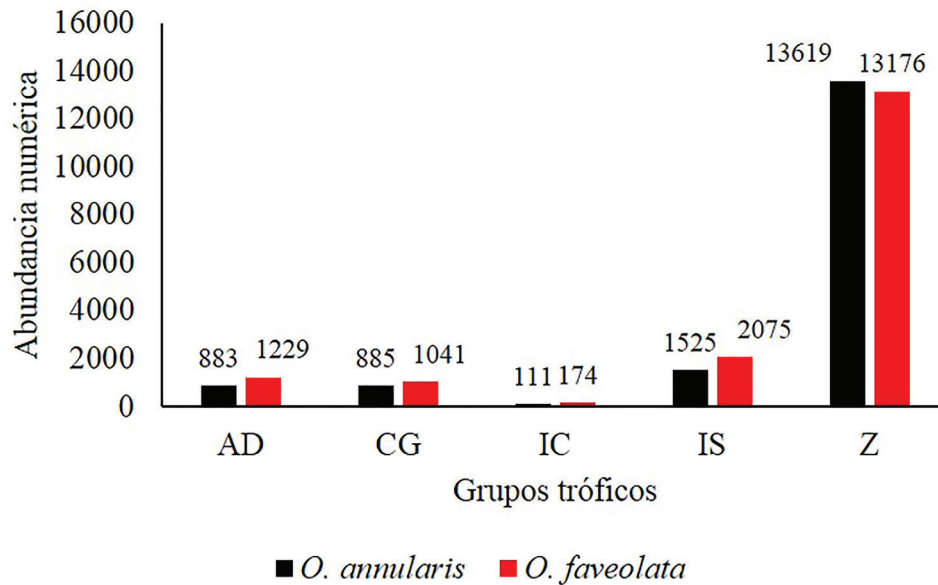


Figura 3. Abundancia absoluta por gremios tróficos de la ictiofauna registrada en colonias de *O. annularis* y *O. faveolata*. AD. Algas y detritus. Z. Zooplanctívoro. IS. Invertebrados sésiles. CG. Carnívoro generalista. IC. Ictiófagos.

En los corales masivos de *O. annularis* fue notable la abundancia de *H. burekae* y *C. multilineata*, ambas especies con mayor cantidad de individuos en la porción suroeste y sur de sotavento (Fig. 5 y 6). Cabe mencionar que especies como *A. saxatilis*, *H. aurolineatum*, *C. scotii*, *C. rostrata*, *S. planifrons*, *S. adustus* y *E. jarocho*, si bien no fueron abundantes concurren en todos los sitios de muestreo (Fig. 5 y 6). Respecto a *N. cyanomos*, solamente se halló en una colonia coralina con 15 individuos (Fig. 5).

En colonias de *O. faveolata*, el ensamblaje de peces arrecifales está representada de igual manera por las especies *H. burekae* y *C. multilineata* como las más abundantes y por las especies *A. saxatilis*, *H. aurolineatum*, *C. scotii*, *C. rostrata*, *S. planifrons*, *S. adustus* y *E. jarocho* como las más concurrentes. En esta comunidad ictiológica, *N. cyanomos* es común, se registró mayor abundancia en la porción sur de

sotavento con 120 individuos y menor en los sitios suroeste y sur con 46 y 30 ejemplares respectivamente (Fig. 6). Mientras tanto, la abundancia de *N. cyanomos* por colonia coralina fue de entre 8 a 15 ind/coral.

Por otra parte, en colonias de *O. annularis*, los valores de equidad indican mayor uniformidad en las abundancias de peces para los sitios norte y noroeste, a diferencia de los sitios suroeste y sur donde se registraron valores de 0.53 y 0.57, respectivamente (Fig. 7A); estos contrastes son significativamente diferentes ($F=2.64$, $P=0.0444$). Por igual, los sitios norte y noroeste son 1.4 y 1.5 más diversos en especies efectivas con respecto al sitio sur que presentó un valor de 2.9 de diversidad verdadera (Fig. 7B).

Respecto a los ensamblajes de peces en corales de *O. faveolata*, se registró mayor equidad en la

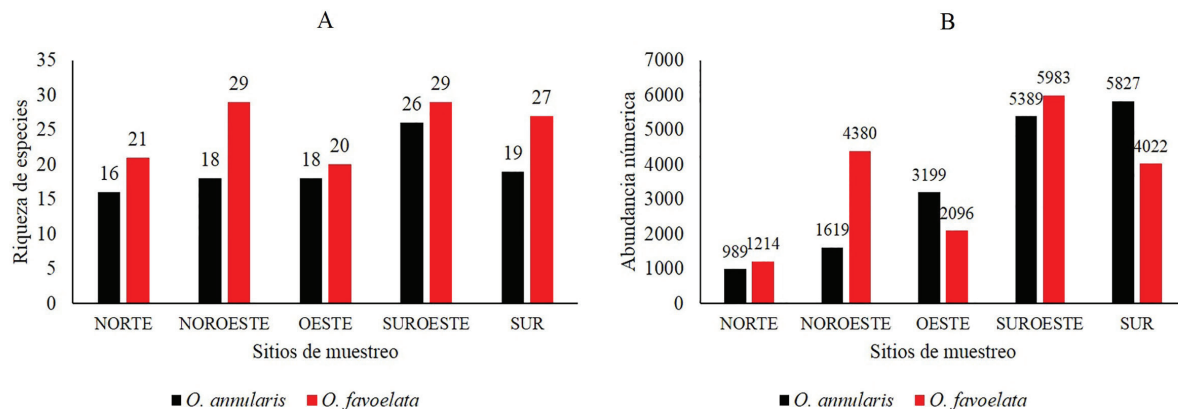


Figura 4. Riqueza y abundancia absoluta de la ictiofauna registrada en colonias de A) *O. annularis* y B) *O. faveolata* en cinco sitios de muestreo.

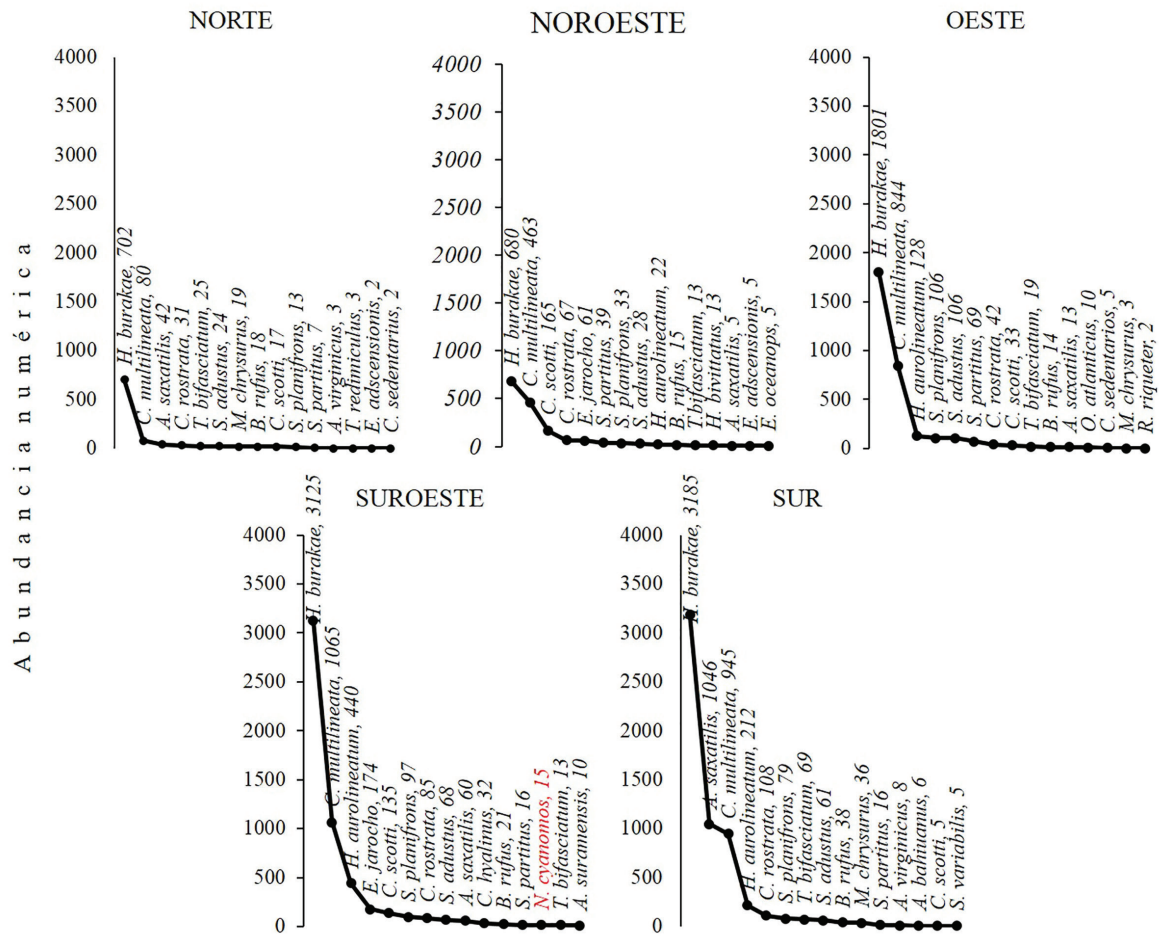


Figura 5. Curvas de rango abundancia de las especies de peces más abundantes en las colonias de *O. annularis* del arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan.

porción oeste y noroeste con valores de 0.76 y 0.70 respectivamente, a diferencia de la porción suroeste que presentó un valor de 0.54 de equidad (Fig. 7A); estas diferencias también fueron estadísticamente significativas ($F= 2.92, P=0.0263$). De igual manera los sitios noroeste y oeste presentaron mayor número de especies efectivas con respecto al resto de los sitios (Fig. 7B).

Con base en el análisis de similitud de Bray-Curtis, los ensamblajes de peces arrecifales registrados en *O. annularis* y *O. faveolata* son similares (Fig. 8A). El método de ordenamiento NMDS con un nivel de estrés aceptable reafirma que los sitios de muestreo son semejantes (Fig. 8B). La similitud es del 70% de acuerdo al análisis SIMPER, siendo siete especies las que contribuyen principalmente en la similitud de todos los sitios (Tabla 2).

DISCUSIÓN

Los ensamblajes de peces registrados en corales masivos (*Orbicella* spp.) representan el 39% de la riqueza total (105 especies) que reportan Gonzá-

lez-Gándara *et al.* (2013) para el arrecife Enmedio. A este inventario local se añaden dos especies exóticas: *P. volitans* y *N. cyanomos*. Los corales masivos (*Orbicella* spp.) de la ladera de sotavento parecen resguardar mayor riqueza de peces, dado que en la laguna arrecifal se reporta un menor ensamblaje de peces (De la Cruz-Francisco *et al.*, 2016). Las diferencias en la riqueza ictiológica entre zonas arrecifales también se han reportado para los arrecifes del SAV (Pérez-España *et al.*, 2015). Últimamente los inventarios taxonómicos han permitido ampliar el conocimiento de la fauna de peces en el SALT (González-Gándara, 2003, 2014; González-Gándara *et al.*, 2012, 2013, 2015, Del Moral-Flores *et al.*, 2013; De la Cruz-Francisco *et al.*, 2016), sin embargo aún se desconocía la abundancia que presentan los peces en esta área natural protegida.

Las especies más abundantes, *H. burekai* y *C. multilineata* constituyen la mayor parte de los ensamblajes de peces en los corales *Orbicella* spp., ambas especies son de hábitos zooplanctófagos y se alimentan activamente en la columna del agua. Har-

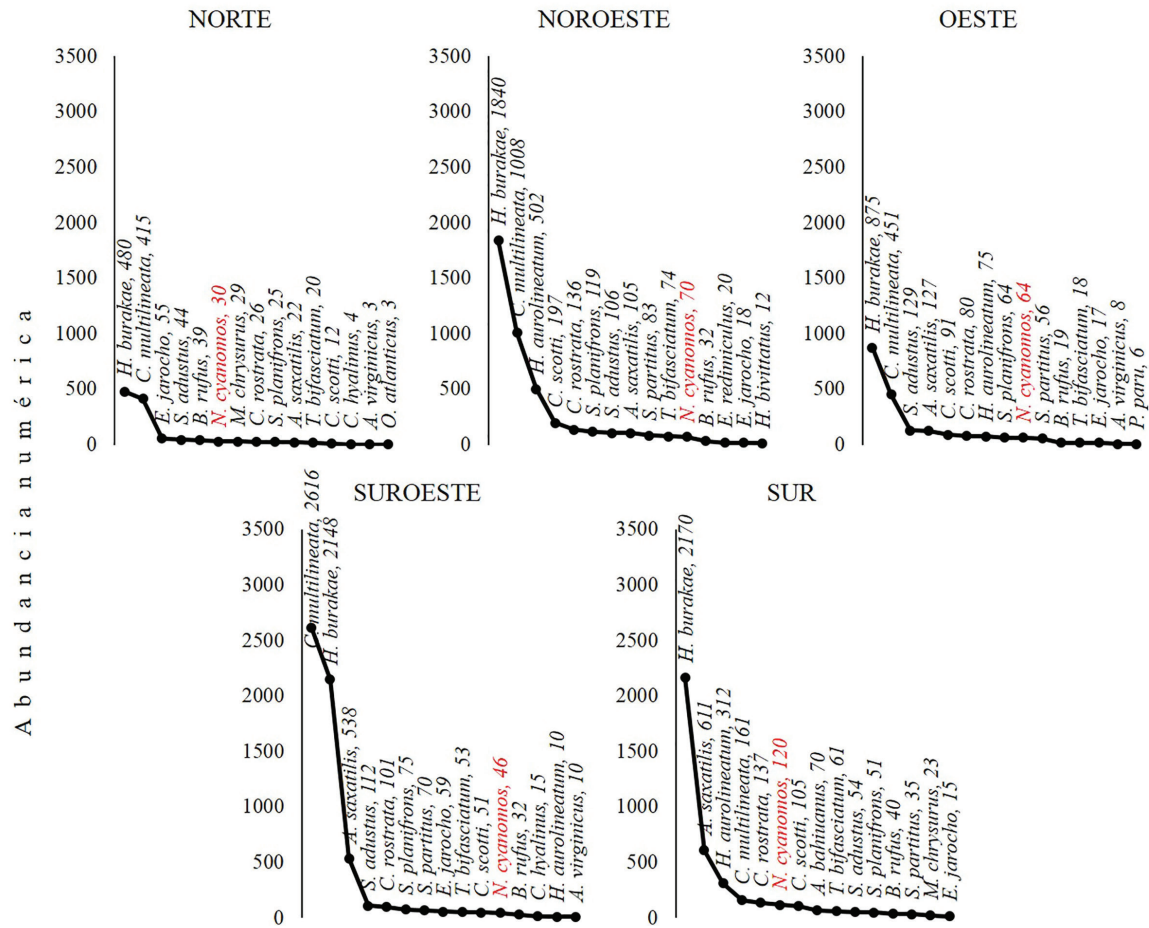


Figura 6. Curvas de rango abundancia de las especies de peces más abundantes en las colonias de *O. faveolata* del arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan.

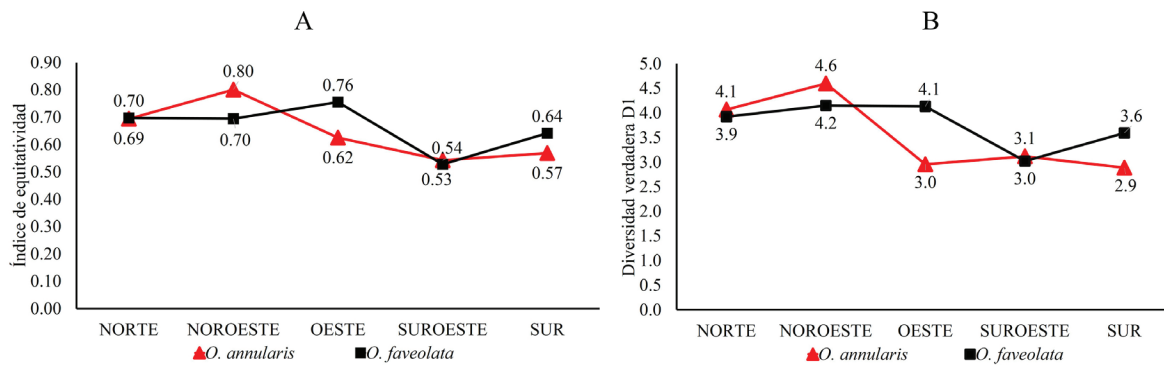


Figura 7. Valores de equidad (A) y diversidad verdadera (B) de la ictiofauna asociada a los corales *O. annularis* y *O. faveolata* por sitio de muestreo.

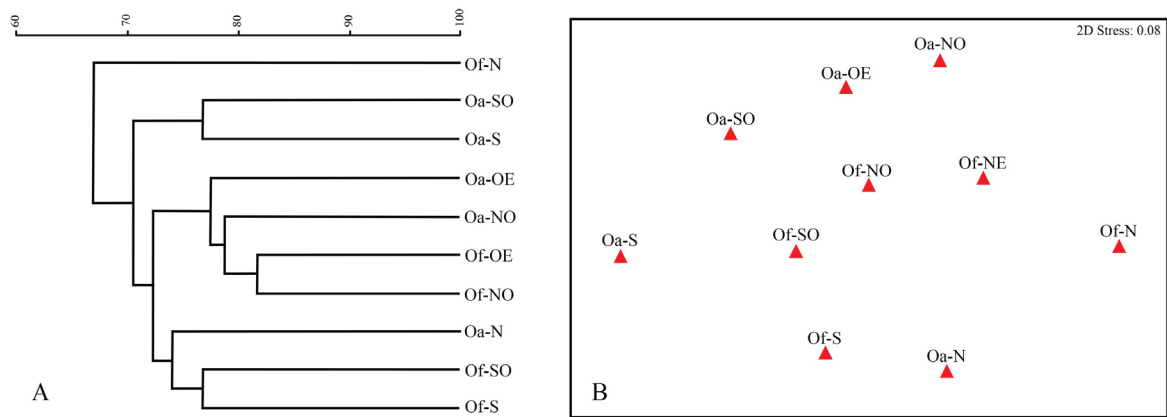


Figura 8. Dendrograma de similitud de Bray-Curtis (A) y análisis de escalamiento multidimensional (B) de los ensambles de peces en *O. annularis* y *O. faveolata* en sotavento, Arrecife Enmedio. Oa. *Orbicella annularis*, Of. *Orbicella faveolata*. N. Norte. NO. Noroeste. OE. Oeste. SO. Suroeste. S. Sur.

born *et al.* (2011; 2012) argumentan que los ensamblajes de peces en corales masivos utilizan como refugio las oquedades que presentan los corales para protegerse contra depredadores. La abundancia de peces fue mayor en colonias de *O. annularis* que en *O. faveolata*, contrastes que pueden ser atribuidos a que *O. annularis* presentan lóbulos separados, lo que aumenta el número refugios que son ocupados por peces de pequeña y mediana talla. Esta peculiaridad favorece una mayor abundancia de peces (Harbott *et al.*, 2011, 2012), a diferencia de *O. faveolata* que carece de columnas separadas. Tanto *H. burekai* y *C. multilineata* son también especies abundantes en los arrecifes del SAV después de *Coryphopterus personatus* (Pérez-España *et al.*, 2015).

Neopomacentrus cyanomos forma parte de los ensamblajes de peces zooplantófagos, pero presenta pequeñas poblaciones menores a 15 individuos por colonia coralina. Similares cantidades se han reportado para los arrecifes del SAV (Robertson *et al.*, 2016) y en un rango de 5-35 individuos para el SAT (González-Gándara & De la Cruz-Francisco *et al.*, 2014), en comparación con su área de distribución original donde la reportan como una especie común y abundante (Malcolm *et al.*, 1999; Hutchins, 2001; Manthachitra & Sudara, 2002; Manthachitra

& Cheevaporn, 2007; Madduppa *et al.*, 2012). Basándose en el criterio de Blackburn *et al.* (2014) se puede clasificar a *N. cyanomos* como una especie exótica de mínima preocupación para el arrecife Enmedio dado que sus pequeñas poblaciones no la convierten en una especie competidora con los peces nativos, especialmente con los planctívoros dominantes *e.g.* *H. burekai* y *C. multilineata* (Robertson *et al.*, 2016b). No obstante, es necesario continuar evaluando la biología poblacional de *N. cyanomos* a fin de determinar si se mantienen estables, fluctuantes o si van en aumento (Robertson *et al.*, 2016b), ya que recientemente se ha notificado que manifiesta agregaciones de varias decenas de individuos en Cayo Arcas, Banco de Campeche (Robertson *et al.*, 2016a). De igual forma, se ha reportado como excesivamente abundante en la plataforma petrolera adyacente a Cayo Arcas, manifestando agregaciones de miles de individuos (filmación de Simoes & Robertson, 2016).

La abundancia de *N. cyanomos* fue uniforme en los corales masivos de *O. faveolata*; por el contrario, en *O. annularis* solo se observaron algunos individuos en la porción suroeste de sotavento. Es posible que estas diferencias en abundancia se atribuyan en respuesta a la depredación, debido a que la morfolo-

Tabla 2. Resultados del análisis de similitud porcentual (SIMPER). Indicando la similitud existente entre las muestras de acuerdo a cada especie.

Especies	Similitud promedio	% contribución	% acumulado
<i>H. burekai</i>	19.89±5.8	28.05	28.05
<i>C. multilineata</i>	11.98±3.18	16.9	44.95
<i>C. rostrata</i>	4.66±6.38	6.58	51.52
<i>S. adustus</i>	4.54±5.58	6.41	57.93
<i>S. planifrons</i>	4.05±6.52	5.71	63.64
<i>A. saxatilis</i>	4.03±1.73	5.68	69.32
<i>C. scotti</i>	3.46±2.27	4.88	74.2

gía que manifiesta *O. annularis* debe proveer mayor número de refugios para peces, lo que aumenta la posibilidad de depredación por carnívoros cuando *N. cyanomos* tiende a ocultarse o mantenerse cerca de los refugios; en cambio, *O. faveolata* presentan menos grietas y oquedades, por consiguiente existe menos riesgo por depredación, lo que posibilita mayor preferencia en habitar estos corales masivos. Para confirmar estas aseveraciones es necesario revisar contenidos estomacales de peces carnívoros como *Epinephelus adscensionis* (Osbeck, 1765), *Holocentrus adscensionis* (Osbeck, 1765), *Holocentrus rufus* (Walbaum, 1792) y *P. volitans*, los cuales fueron hallados siempre ocultos en las oquedades de los corales masivos.

En este estudio también se registró a *E. jarocho*, la cual es endémica del suroeste del Golfo de México; de acuerdo a lo observado, es un habitante común de las oquedades de los corales masivos; tanto el comportamiento críptico como las pequeñas agregaciones observadas en el estudio concuerdan con lo que inicialmente describieron Taylor y Akins (2007).

Los ensamblajes de peces arrecifales resultaron ser más equitativos y con mayor diversidad verdadera en la porción norte, noroeste y oeste de sotavento, lugares donde ocurre el máximo de desarrollo de corales masivos (González-González *et al.*, 2016); por el contrario al suroeste y sur de sotavento la ictiofauna es menos equitativa y presenta menor número de especies efectivas; en estos sitios de muestreo se reporta la prevalencia de arena, pavimento coralino y menor cobertura coralina (González-González *et al.*, 2016). No obstante, los análisis multifactoriales evidencian que la ictiofauna asociada a los corales *O. annularis* y *O. faveolata* son similares en composición y abundancia de peces, lo que significa que no hay diferencias en la estructura comunitaria de la ictiofauna del arrecife Enmedio ante la presencia de *N. cyanomos*.

En síntesis, la ictiofauna que se asocia a los corales *O. annularis* y *O. faveolata* presentan una estructura comunitaria similar y lo caracterizan peces zooplantófagos nativos. *Neopomacentrus cyanomos* (especie exótica) se ha integrado a estos ensamblajes de peces pero presenta pequeñas poblaciones (< 15 individuos), por lo tanto se considera que su estatus de invasión no es competitiva para la ictiofauna nativa. No obstante, se sugiere continuar las inspecciones en este arrecife. Asimismo es pertinente indagar el estatus de invasión en los demás arrecifes de Veracruz.

AGRADECIMIENTOS

A Marlene González González por su ayuda en el trabajo de campo. A Rosa Estela Orduña Medrano por la revisión y corrección del resumen en inglés. A los revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias. Al personal que labora en el Club Náutico Tampamachoco y en el Club Náutico Aqua Sport por el apoyo que siempre mostraron al atendernos en todo momento.

REFERENCIAS

- Blackburn, T.M., F., Essl, T., Evans, P. E., Hulme, J. M. & Jeschke *et al.* 2014. A Unified Classification of Alien Species Based on the Magnitude of their Environmental Impacts. *PLoS Biol*, 12(5): e1001850.
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001850>
- Clarke, K. R. & R. N. Gorley. 2015. Getting started with PRIMER V7. PRIMER-E. Plymouth, Reino Unido. PRIMER-E Ltd.
- De la Cruz-Francisco, V., M. González-González & I. Morales-Quijano, I. 2015. Ampliación del ámbito de distribución geográfica de la especie exótica: *Neopomacentrus cyanomos* (Bleeker, 1856) (Perciformes-Pomacentridae) en el Sistema arrecifal Lobos-Tuxpan, Veracruz, México. *Revista Investigaciones Marinas*, 35: 101–108.
- De la Cruz-Francisco, V., M. González-González & L. Flores-Galicia. 2016. Distribución de los hábitats bentónicos de la laguna del arrecife Enmedio, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan, México. *Revista Investigaciones Marinas*, 36(1): 63–78.
<https://doi.org/10.37543/oceanides.v31i1.155>
- Del Moral-Flores, L. F., J. L. Tello-Musi, H. Reyes-Bonilla, H. Pérez-España, J. A. Martínez-Pérez, G. Horta-Puga, L. A. Velazco-Mendoza & P. A. Álvarez del Castillo-Cárdenas. 2013. Lista sistemática y afinidades zoogeográficas de la ictiofauna del Sistema Arrecifal Veracruzano, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84: 825–846.
<https://doi.org/10.7550/rmb.34912>
- 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 No. JF124. México D.F.
- González-Gándara, C. 2015. Peces del arrecife Blake, Veracruz, México: inventario, distribución y afinidades zoogeográficas. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(4): 87–97.

- González-Gándara, C. 2003. Ictiofauna de los arrecifes coralinos del norte de Veracruz. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, *Serie Zoología*, 74: 163-177.
- González-Gándara, C., De la Cruz Francisco, V., Salas Pérez, J. J., Domínguez Barradas, C. 2012. Lista de los peces de Tuxpan, Veracruz, México. *UDO Agrícola*, 12(3):675-689.
- 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. *BioInvasions Records*, 3(1): 49-52. <https://doi.org/10.3391/bir.2014.3.1.09>
- 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.
- 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 Ciencias Marinas y Costeras*, 8(2): 47-65. <https://doi.org/10.15359/revmar.8-2.3>
- 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. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Hutchins, J. B. 2001. Biodiversity of shallow reef fish assemblages in Western Australia using a rapid censusing technique. *Records of the Western Australian Museum*, 20: 247-270.
- IBM Corp. 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22.0. Armonk, New York, EE.UU. IBM Corp.
- Jiménez-Valverde, A. & J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8:151-161.
- Madduppa, H. H., A. A. Farhan & D. Suhendra. 2012. Fish biodiversity in coral reefs and lagoon at the Maratua Island, East Kalimantan. *Biodiversitas*, 13(3): 145-150. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d130308>
- Malcolm, H. A., A. J. Cheal & A. A. Thompson. 1999. Fishes of the Yongala historic shipwreck. CRC Reef Research Technical Report No. 26. CRC Reef Research Centre, Townsville.
- Manthachitra, V. & V. Cheevaporn. 2007. Reef fish and coral assemblages at Maptaput, Rayong Province. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, 29(4): 907-918.
- Manthachitra, V. & S. Sudara. 2002. Community Structure of Coral Reef Fishes at a Sink Reef in the Inner Gulf of Thailand. *Science Asia*, 28: 327-337. <https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2002.28.327>
- Moreno, C. & G. Halffter. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *J. Applied Ecol.*, 37: 149-158. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2000.00483.x>
- Randall, J.E. & B. P. Bishop. 1967. Food habits of reef fishes of the West Indies. *Stud. Trop. Oceanogr.*, 5: 665-847.
- Robertson, D. R., H. Pérez-España, E. Nuñez-Lara, F. Puc Itza & N. Simoes. 2016a. The fishes of Cayo Arcas (Campeche Bank, Gulf of Mexico): an updated checklist. *Zookeys*, 640: 139-155. <https://doi.org/10.3897/zookeys.640.10862>
- Robertson, D.R., N. Simoes, C. Gutiérrez Rodríguez, V. J. Piñeros & H. Pérez-España. 2016b. An Indo-Pacific damselfish well established in the southern Gulf of Mexico: prospects for a wider, adverse invasion. *Ocean Science Foundation*, 19: 1-17.
- SEMARNAT y CONANP. 2014. Programa de Manejo Área de protección de flora y fauna, Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan. Recuperado en marzo 07, 2016, disponible en http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/2014/Lobos_tuxpanfinal.pdf
- Simoes, N. & D. R. Robertson. 2016. An Indo-Pacific damselfish on an oil-platform in the southwest Gulf of Mexico. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5845>.
- StatSoft, 2005. Statistica (data analysis software system), version 7.1. www.statsoft.com.
- Taylor, M. S. & L. Akins. 2007. Two new species of *Elacatinus* (Teleostei: Gobiidae) from the Mexican coast of the Gulf of Mexico. *Zootaxa*, 1425(1): 45-51. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1425.1.6> <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3282.1.3>
- Tunnell Jr. J.W. 2010. Distribución de los arrecifes. 17-29. En: J.W. Tunnell Jr., E.A. Chávez & K. Withers (eds). Arrecifes Coralinos del Sur del Golfo de México. Versión en español. Instituto Politécnico Nacional, México.

Copyright (c) 2017 De la Cruz-Francisco, Vicencio & Julio Cesar Franco-Mejía



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 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.

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