

RESPUESTA DEL CARNÍVORO *PLICOPURPURA PANSA* (MOLLUSCA: GASTROPODA) Y EL HERBÍVORO *CHITON ARTICULATUS* (MOLLUSCA: POLYPLACOPHORA) A FACTORES AMBIENTALES EN ACAPULCO, MÉXICO

RESPONSE OF THE CARNIVOROUS *PLICOPURPURA PANSA* (MOLLUSCA: GASTROPODA) AND THE HERBIVOROUS *CHITON ARTICULATUS* (MOLLUSCA: POLYPLACOPHORA) TO ENVIRONMENTAL FACTORS IN ACAPULCO, MEXICO

Sergio García-Ibáñez^{1*},
Pedro Flores-Rodríguez²,
José Trinidad Nieto-Navarro³,
Rafael Flores-Garza² e
Iván Eduardo Bernabé-Moreno³

¹Laboratorio de Ecología Cuantitativa. ²Laboratorio de Ecología Costera y Sustentabilidad. Unidad Académica de Ecología Marina. Universidad Autónoma de Guerrero. Gran Vía Tropical No. 20, Fraccionamiento Las Playas, Acapulco, Guerrero, México, C.P. 39390. ³Posgrado en Ciencias Biológicas Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura "Amado Nervo", Tepic, Nayarit, México, C.P. 63155.

*Autor para correspondencia: sergariba@yahoo.com.mx

Fecha de recepción: 31 de octubre de 2013 / Fecha de aceptación: 30 de enero de 2014.

RESUMEN

El gasterópodo *Plicopurpura pansa* y el polioplacóforo *Chiton articulatus*, cohabitan en la zona intermareal rocosa del Pacífico tropical Mexicano. Se ha reportado que *P. pansa* es un depredador de *C. articulatus*, y que ambas son especies abundantes y dominantes en la costa rocosa de Acapulco, Guerrero, México. El presente estudio analizó los patrones de respuesta de la densidad relativa y longitudes de ambas especies a cinco factores

ambientales registrados en cuatro localidades rocosas de esta región. Durante octubre y diciembre de 2010, así como febrero y abril de 2011, se realizaron muestreos sistemáticos. Los sitios de estudio difirieron en la complejidad del sustrato y oleaje. Se registró el número de organismos por metro cuadrado y su longitud total, así como la temperatura del mar, salinidad y clorofila- α . Las densidades relativas de cada especie variaron entre los sitios de estudio y en todos los casos fueron

mayores a 1.0 org/m². Se observó una relación de la longitud del polioplacóforo con la temperatura del mar, salinidad y clorofila- α ; una relación de la abundancia y longitud del gasterópodo con la complejidad del sustrato; y por último, una mayor abundancia del polioplacóforo en zonas de alto oleaje. También, se observaron comportamientos diferenciados de las especies en función de las características de los sitios rocosos y de los factores ambientales. La abundancia y longitud del

carnívoro *P. pansa* estuvieron estrechamente relacionadas con el tipo de sustrato rocoso. En el caso del polioplacóforo *C. articulatus*, a través del tiempo, su longitud se asocia con parámetros físico-químicos del mar; mientras que a nivel espacial, sus abundancias se relacionan con el tipo de sustrato y la intensidad de oleaje.

PALABRAS CLAVE:

factores ambientales, moluscos, intermareal rocoso.

ABSTRACT

Gastropod *Plicopurpura pansa* and polyplacophoran *Chiton articulatus* are species that coexist in the rocky intertidal of the Mexican tropical Pacific. It has been reported that *P. pansa* is a predator of *C. articulatus*, and both are abundant and dominant species on the rocky coast of Acapulco, Guerrero, Mexico. This study analyzed the response patterns of relative density and lengths of both species to five specific environmental factors at four rocky shores of this region. During the periods October-December 2010, and February-April 2011, systematic samples of both species were collected. Study sites differed in the complexity of substratum and waves. The number of organisms per square meter and total lengths were recorded, as well as sea temperature, salinity and chlorophyll- α . Relative densities of each species varied in the study sites and in all cases they were greater than 1.0 org/m². We observed a relationship between polyplacophoran length, and sea temperature, salinity and chlorophyll- α ; a relationship between the length and abundance of the gastropod, and substratum complexity; and finally, we observed a greater abundance of polyplacophoran in the areas of high waves. Differentiated behaviors of both species were also observed, depending on the characteristics of the rocky shore and environmental factors. The abundance and length of the carnivorous *P. pansa* were closely related to the characteristics of the rocky shore surface. Over time, the length of herbivorous *C. articulatus* was associated with physical and chemical parameters of the sea; while spatially, abundances were

related to substratum type and wave intensity.

KEYWORDS: environmental factors, mollusks, rocky shore.

INTRODUCCIÓN

El gasterópodo carnívoro-carroñero *P. pansa* (Gould, 1853) y el poliplacóforo herbívoro *C. (Chiton) articulatus* Sowerby in Broderip and Sowerby, 1832, son especies que habitan en la zona intermareal rocosa e interactúan bajo una relación depredador-presa de dicho sistema. Diversos estudios han demostrado, que en la costa de Guerrero, ambas especies son abundantes, dominantes y que presentan altas densidades; en lo que respecta a las longitudes, se ha evidenciado que *C. articulatus* presenta mayores tallas con respecto a otras especies de moluscos poliplacóforos, mientras que *P. pansa* registra las menores

tallas en comparación a distintos trabajos de la misma especie efectuados en otras entidades federativas (Holguín y Michel-Morfín, 2002; Valdés-González y col., 2004; Flores-Campaña y col., 2007; Flores-Rodríguez y col., 2007; García-Ibáñez y col., 2007; Flores-Garza y col., 2012a; Flores-Garza y col., 2012b).

Por otra parte, se destaca el hecho de que ambas especies actualmente se utilizan para el consumo humano (Holguín-Quiñones, 2006; Flores-Garza y col., 2012c; García-Ibáñez y col., 2012; García-Ibáñez y col., 2013; Olea-de la Cruz y col., 2013). Sin embargo, en el caso de *P. pansa* dicha actividad puede considerarse como furtiva, dado que es una especie protegida por la norma NOM-059-ECOL-2010 (Anónimo, 2010), con un estatus de protección especial.

Diversos estudios enfatizan el hecho de que las características

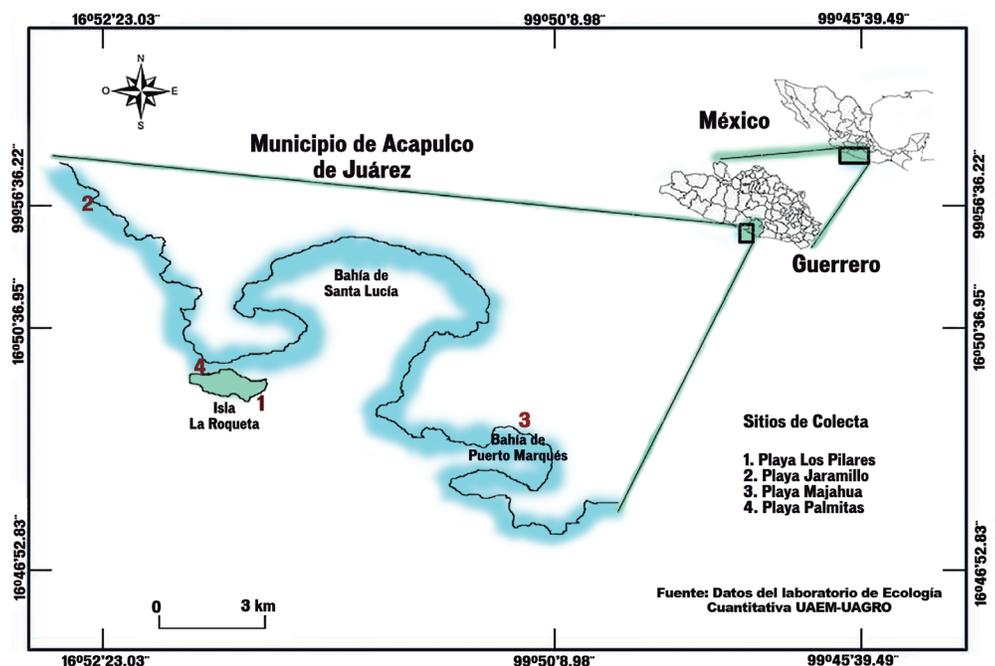
asociadas al sustrato y exposición al oleaje, entre otros factores ambientales, influyen en la diversidad funcional y dinámica de los sistemas ecológicos (Garrity y Leavings, 1981; Rojas, 1988; Barbosa y col., 2009; Aguilera y Navarrete, 2011; Aguilera y Navarrete, 2012; Flores-Campaña y col., 2012; Ávila-Poveda, 2013; Ávila-Poveda y Abadía-Chanona, 2013).

La presente investigación analizó los patrones de respuesta de las especies *P. pansa* y *C. articulatus* a los factores ambientales de cuatro localidades rocosas, tales como la complejidad y estructura del sustrato, intensidad de oleaje, temperatura promedio del mar, salinidad y clorofila- α , bajo el supuesto de que dada la relativa cercanía de los sitios, las densidades y longitudes totales de las especies son similares.

Figura 1.

Sitios de estudio en la costa rocosa de Acapulco, Guerrero, México.

Figure 1. Study sites on the rocky coast of Acapulco, Guerrero, Mexico.



MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Estado de Guerrero, se encuentra situado en el sur de la República Mexicana y se localiza entre los 16°18' y 18°48' de latitud norte y los 98°03' y 102°12' de longitud oeste. Carranza-Edwards y col. (1975), mencionan que la costa guerrerense tiene una longitud aproximada de 470 km y la clasifican como costa de colisión continental. El presente estudio se llevó a cabo en cuatro sitios rocosos costeros del municipio de Acapulco de Juárez, el cual se ubica entre los paralelos 16°41' y 17°13' de latitud norte y los 99°32' y 99°58' de longitud oeste (Figura 1).

La descripción de lugares es como se señala a continuación: 1) Los Pilares: extensión rocosa ubicada entre los 16°49'19.28''N y 99°54'05.01''O, de alta intensidad de oleaje y de alta complejidad (diaclasas, rugosidades y fracturas); 2) Jaramillo: sitio rocoso de acumulación ubica-

do entre los 16°52'24.14''N y 99°56'24.94''O, de alta intensidad de oleaje y presencia de bloques de tamaño variable con baja complejidad; 3) Majahua: sitio rocoso de acumulación que se ubica entre los 16°47'41.61''N y 99°50'32.0''O, con baja intensidad de oleaje y bloques de tamaño variable, con baja complejidad; 4) Palmitas: extensión rocosa ubicada entre los 16°49'25.58''N y 99°54'41.51''O, de baja intensidad de oleaje y de alta complejidad (Figura 2).

Materiales

Durante los meses de octubre y diciembre de 2010, así como de febrero y abril de 2011, se realizaron muestreos en la zona intermareal rocosa, en horas de marea baja y en fases de luna nueva. Para delimitar el área de trabajo, en cada sitio se colocó un transecto paralelo a la línea de costa, con anchura de un metro. Se utilizó un cuadrante de 1 m de lado como unidad de muestreo. Se aplicó un diseño sistemático,

seleccionando al azar el punto de inicio dentro de tres previamente definidos. Cada cuadrante fue examinado, y con ayuda de una espátula cuidadosamente se retiraron todos los ejemplares de *P. pansa* y *C. articulatus*, depositándolos en bolsas de plástico separadas y etiquetadas. Al concluir cada unidad muestral o réplica se dejaba un espacio de dos metros y se continuaba con el muestreo, hasta sumar un total de 20 m² por sitio y fecha. Se registró la longitud total (L_t) de ambas especies con un calibrador digital marca Surtek, (modelo 122204 con precisión 0.001 mm; Shanghai, China).

Para *P. pansa*, L_t se determinó partiendo desde la punta del ápice hasta la abertura del canal sifonal, y para *C. articulatus*, L_t se consideró como el punto más distante entre la valva anal y valva cefálica, tomando en cuenta el cinturón. La determinación de ambas especies se apoyó con literatura especializada (Keen, 1971; Reyes-

Gómez, 2004), y la sistemática de ambas especies se actualizó de acuerdo a Skoglund (2002) y Sirenko (2006).

Semanalmente, se hizo el registro de parámetros ambientales, para lo cual se utilizó una sonda multiparámetros YSI (modelo 6920V2; Yellow Springs, Ohio, Estados Unidos), anotando los valores de la temperatura promedio del mar (°C), salinidad (mg/L) y clorofila-*a* (µg/L).

Métodos estadísticos

Para ambas especies, por sitio de estudio se determinó la densidad relativa (org/m²) y su desviación estándar (DE); en el caso de la (L_t) se calcularon el promedio (\bar{x}) y DE. Para determinar diferencias significativas de las densidades relativas, así como de las longitudes totales de cada especie entre los sitios de estudio, se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (K-W), realizando comparaciones múltiples de medias para determinar grupos con el estadístico de Scheffe.

Figura 2.

Vista panorámica del sitio "Palmitas", Isla La Roqueta, Acapulco, Guerrero, México.

Figure 2. Panoramic view of the site "Palmitas", Isla La Roqueta, Acapulco, Guerrero, Mexico.



Tabla 1.

Clasificación de variables de estudio.

Table 1. Classification of study variables.

Por fecha de estudio se calcularon estadísticos descriptivos como el \bar{x} y DE de las variables o factores ambientales, además del coeficiente de variación (C.V.), el cual se obtuvo dividiendo la desviación estándar entre la media, y multiplicando el resultado por 100.

Para determinar la relación de las variables ambientales con la frecuencia de aparición y longitudes de ambas especies, se aplicó un análisis multivariado de datos con la técnica de análisis de componentes principales (ACP); dicho análisis se efectúa con una matriz de correlaciones con la finalidad de obtener n componentes ortogonales que permitan la mejor interpretación de la relación

	Variable	Abreviatura	Tipo	Unidad de medición o escala
Factores ambientales	Temperatura promedio del mar	TempProm	Numérica	°C
	Salinidad	Salini	Numérica	mg/L
	Clorofila- α	Cloro	Numérica	$\mu\text{g/L}$
	Exposición al oleaje	Exposi	Categórica	Baja intensidad Alta intensidad
Indicadores biológicos	Complejidad del sustrato	Compleji	Categórica	Baja complejidad Alta complejidad
	Frecuencia de <i>P. pansa</i>	FrecPp	Numérica	Número de organismos por unidad de muestreo (1 m ²)
	Frecuencia de <i>C. articulatus</i>	FrecCa	Numérica	Número de organismos por unidad de muestreo (1 m ²)
	Longitud de <i>P. pansa</i>	LongPp	Numérica	mm
	Longitud de <i>C. articulatus</i>	LongCa	Numérica	mm

entre variables (Tabla 1). Las rutinas estadísticas del ACP consistieron en: I) obtención de una matriz de correlaciones bivariadas y su determinante; II) revisión de la adecuación de

la muestra y comprobación de que la matriz de correlaciones no es una matriz identidad, aplicando los estadísticos Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de

Bartlett, respectivamente; III) determinación de la correlación parcial de variables, a través del cálculo de la matriz anti-imagen y verificación de los valores de la diagonal principal; IV) varianza total explicada (por el modelo), varianza explicada por variable (comunalidades), número de componentes extraídos, y saturación de las variables en los componentes; V) rotación por el método de máxima varianza.

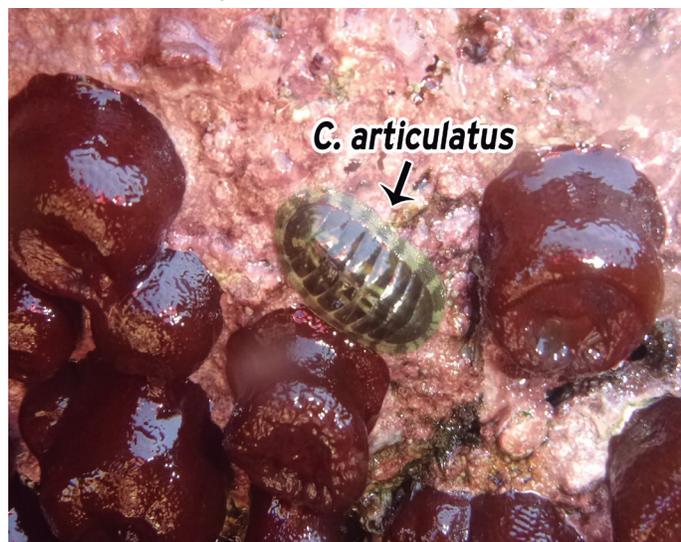
RESULTADOS

Se recolectaron 2 925 ejemplares de ambas especies, de los cuales, 745 correspondieron a la especie *P. pansa*, y 2 180 a *C. articulatus* (Figura 3a y 3b). Las densidades relativas de cada especie presentaron gran variación entre los sitios de estudio y en todos los casos siempre fueron mayores a 1.0 org/m². De esta manera, *P. pansa* registró sus mayores densidades en los sitios Los Pilares y Palmitas (K-W, $X^2 = 43.60$, $P = 0.0$), mientras que *C. articulatus* las presentó

Figura 3a.

Ejemplares de la especie *C. articulatus* cohabitando con otros invertebrados en la costa rocosa.

Figure 3a. Specimens of the species *C. articulatus* cohabiting with other invertebrates on the rocky shore.

**Figura 3b.**

Ejemplar de la especie *P. pansa*, en la costa rocosa.

Figure 3b. Specimen of the specie *P. pansa* on the rocky shore.

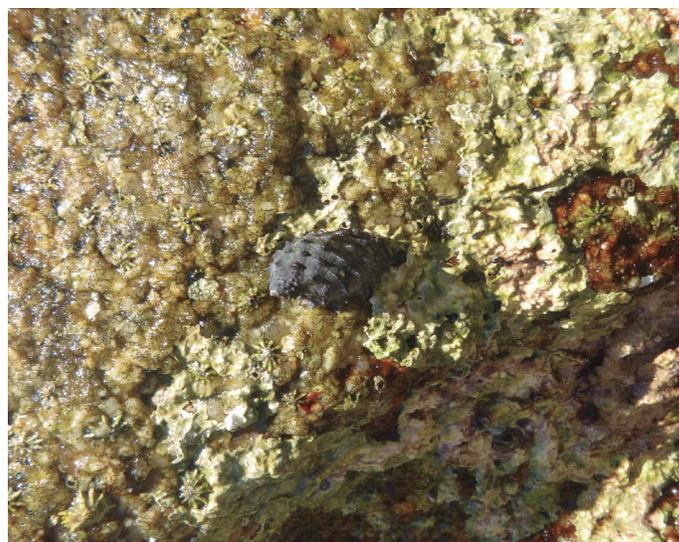


Tabla 2.

Estadísticos descriptivos de la densidad y longitud total de ambas especies.

Table 2. Descriptive statistics of the density and total length of both species.

en Jaramillo, Los Pilares y Majahua (K-W, $X^2 = 27.52$, $P = 0.0$). Con respecto a L_t , en el caso de *P. pansa* se observó que el mayor valor se presentó en el sitio Jaramillo y el menor en el sitio Palmitas (K-W, $X^2 = 100.30$, $P = 0.0$); para *C. articulatus*, las mayores longitudes se determinaron en Majahua, Jaramillo y Los Pilares (K-W, $X^2 = 60.80$, $P = 0.0$) (Tabla 2).

En cuanto a las variables ambientales, se observó que a través del tiempo, tanto la temperatura promedio del mar (TempProm) como salinidad (Salini), presentaron valores promedio mensuales muy cercanos, así como desviaciones estándar pequeñas; caso contrario fue la variable Clorofila- α (Cloro), cuyos valores promedio mensuales tuvieron mayor fluctuación y valores más grandes de la desviación estándar. Dicho comportamiento se corroboró con el coeficiente de variación, donde se observa que el mayor valor lo presentó Cloro, y en el caso de TempProm y Salini fueron pequeños (Tabla 3).

A partir del ACP realizado con nueve variables (Cloro, TempProm, Salini, Exposi, Compleji, FrecPp, FrecCa, LongPp y LongCa), se observó que de 36 valores de correlación bivariada calculados, un total de 19 fueron significativos ($P \leq 0.05$), presentándose en una escala de -0.90 a 0.52, donde la relación TempProm-Salini presentó la mayor asociación negativa y LongPp-FrecPp la mayor asociación positiva. El valor del determinante fue de

Especie	Sitios	n	Densidad		L_t	
			\bar{X}	DE	\bar{X}	DE
<i>P. pansa</i>	Los Pilares	279	4.65	5.01	22.64	5.49
	Jaramillo	54	1.23	2.82	25.86	4.02
	Majahua	142	1.78	2.69	21.52	4.13
	Palmitas	270	3.38	2.93	19.84	4.83
<i>C. articulatus</i>	Los Pilares	583	9.72	11.37	22.69	12.64
	Jaramillo	640	14.55	19.54	24.44	14.11
	Majahua	594	7.43	9.89	24.91	12.82
	Palmitas	363	4.54	8.12	18.78	11.81

0.049, sugiriendo linealidad entre variables. El estadístico KMO presentó un valor de 0.54, por lo que el tamaño de muestra se consideró aceptable. La prueba de Esfericidad de Bartlett resultó significativa ($X^2 = 779.700$, g.l.=36; $P = 0.0$), confirmando la relación lineal entre variables. Los valores de la diagonal principal de la matriz antiimagen fluctuaron entre 0.256 (Cloro) y 0.853 (LongCa), lo que evidenció correlación parcial de variables. En función de los autovalores (eigen valores) y la saturación de las variables, se extrajeron tres componentes con una varianza total explicada de 60.55 %, donde el primer componente aportó un 27.92 %, el segundo 18.94 % y el tercero 13.69 %. En lo que respecta a las comunalidades, el menor valor lo presentó Cloro (0.146), y el mayor TempProm (0.917).

El primer componente recibió el nombre de "Ambiente y longitud del herbívoro", en el cual saturaron las variables TempProm, Salini, Cloro y LongCa; al segundo componente se le denominó "Microhábitat, longitud y abundancia del carnívoro" y saturaron Compleji, FrecPp y LongPp; el tercer componente se denominó "Intensidad de oleaje y abundancia del herbívoro" y saturaron Exposi y FrecCa (Tabla 4, Figura 4).

Tabla 3.

Estadísticos descriptivos de los factores ambientales.

Table 3. Descriptive statistics of environmental factors variables.

Mes	Factores ambientales					
	TempProm (°C)		Salini (mg/L)		Cloro ($\mu\text{g/L}$)	
	\bar{X}	DE	\bar{X}	DE	\bar{X}	DE
Octubre 2010	26.32	1.39	34.02	0.40	3.26	1.61
Diciembre 2010	26.25	0.69	34.96	0.17	2.40	1.39
Febrero 2011	25.35	0.86	35.76	0.12	1.44	0.94
Abril 2011	26.13	0.92	36.06	0.09	3.80	2.31
C.V.	4.35 %		2.57 %		70.40 %	

DISCUSIÓN

Tanto el caracol *P. pansa* como el poliplacóforo *C. articulatus* presentaron altas densidades en todos los sitios y fechas de estudio, lo que por una parte permitió constatar la dominancia de las especies, así como también observar y comparar los cambios en sus abundancias (temporo-espaciales) como respuesta entre otros aspectos, a las variaciones locales del hábitat en conjunción con el efecto de condiciones del ambiente. A pesar de la relativa corta distancia entre los sitios de estudio, y del aparente efecto similar de las mismas condiciones

ambientales, se determinaron diferencias sustanciales en los indicadores biológicos.

En el estado de Guerrero, diversos trabajos han manifestado que tanto el carnívoro-carroñero como el herbívoro, son especies dominantes y abundantes (Tabla 5). Es posible manifestar que los resultados de la presente investigación, coinciden en el hecho de que ambas especies son abundantes y tienen densidades relativas altas. Lo anterior se puede considerar una fortaleza para estudios futuros, ya que la importancia de trabajar con especies domi-

Tabla 4.

Matriz de Componentes.
Table 4. Component matrix.

Variables	Componentes		
	1. Ambiente y longitud del herbívoro	2. Microhábitat, longitud y abundancia del carnívoro	3. intensidad del oleaje y abundancia del herbívoro
LongCa	0.583	0.134	0.374
Cloro	-0.376	0.070	0.010
TempProm	-0.952	-0.085	-0.064
Salini	0.926	0.065	-0.044
FrecPp	0.045	0.808	0.041
Compleji	-0.134	0.694	-0.106
LongPp	0.170	0.782	0.110
FrecCa	0.010	-0.155	0.775
Exposi	0.054	0.153	0.745

nantes y frecuentes es que se puede observar de manera más detallada su respuesta a las condiciones del hábitat y las variaciones ambientales, de tal forma que cambios en dichos parámetros pueden verse reflejados en variaciones de sus abundancias en una escala temporal y espacial.

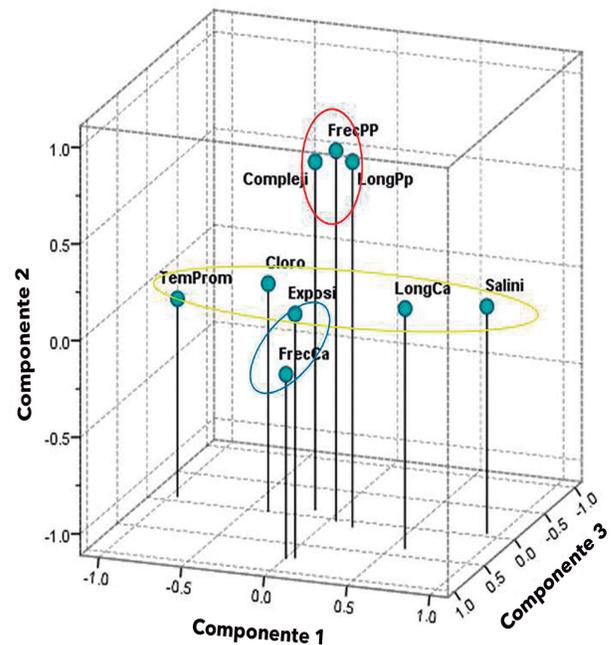
Por otra parte, distintas investigaciones han planteado el hecho de que en la costa rocosa del estado de Guerrero, se han registrado las longitudes promedio más pequeñas de *P. pansa* (Tabla 5), situación que actualmente se observa, ya que el promedio determinado en el presente trabajo es similar a los valores reportados. En el caso de la especie *C. articulatus*, estudios realizados en la costa del estado de Guerrero, mencionan que sus ejemplares alcanzan las mayores tallas en comparación con otros moluscos poliplacóforos,

reportando longitudes promedio que pueden ser consideradas como similares a las obtenidas por la presente investigación; sin embargo, también se destaca que las longitudes obtenidas resultaron ser más pequeñas al compararlas con otras registradas a lo largo del Pacífico Mexicano (Tabla 6). De esta manera, puede decirse que la costa del Estado de Guerrero, se caracteriza por presentar altas densidades y longitudes promedio pequeñas de ambas especies.

Para coadyuvar en la explicación del hecho anterior, García-Ibáñez y col. (2004), mencionan que en el caso de *P. pansa* existe un fenómeno de denso-dependencia ligado al hábitat disponible y densidad relativa de la especie, de tal manera que a mayor densidad se observan menores tallas. Por otra parte, algunas investigaciones

Figura 4.

Componentes principales en el espacio.
Figure 4. Principal components in space.



han manifestado que ambas especies son capturadas para el consumo humano (Flores-Garza y col., 2012c; García-Ibáñez y col., 2012), y que en el caso de *C. articulatus* existe un efecto de la pesca que se expresa en cambios en la distribución de frecuencias de tallas (Holguín y Michel-Morfín, 2002; Flores-Campaña y col., 2007), lo que también se refleja en la reducción progresiva de las longitudes de captura (García-Ibáñez y col., 2013), situación que incluso se ha reportado en otras entidades federativas (Holguín-Quiñones, 2006). En el caso de las regiones costeras de Acapulco y Costa Grande del Estado de Guerrero, Olea-de-la-Cruz y col. (2013), manifiestan que la especie *C. articulatus* es ampliamente demandada, ya que su oferta en distintos puntos de venta es considerada

como frecuente; y en lo que corresponde a *P. pansa*, se destaca que la especie se encuentra en protección especial bajo la norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-2010 (Anónimo, 2010), sin embargo, los autores de este trabajo han observado su consumo tanto en restaurantes como en expendios de Acapulco.

En el presente estudio fue posible establecer que los factores fijos, como la complejidad del sustrato rocoso, así como la intensidad de oleaje, influyen en la densidad relativa y longitudes de ambas especies, no obstante, a simple vista no resulta fácil reconocer el gradiente o jerarquía de participación de los factores. De esta manera, en el caso del gasterópodo se observó que sus mayores densidades se presentaron en dos sitios que difieren en cuanto a la

Tabla 5.

Densidades relativas y longitudes promedio de *P. pansa* observadas en la costa rocosa de Guerrero, México.
Table 5. Relative densities and average lengths of *P. pansa* observed on the rocky coast of Guerrero, Mexico.

Autores	Sitio	Densidad (org/m ²) y/o Frecuencia (%)	Longitud promedio (mm)	Observaciones
Flores-Rodríguez y col. 2003	Isla La Roqueta	100	No reporta	Especie dominante.
García-Ibañez y col. 2004	Punta Maldonado	1.88	28.3	Consideran que la especie presenta la mayor densidad y menor longitud promedio del Pacífico Mexicano.
	Las Peñitas	6.94	20.1	
	Playa Ventura	3.42	19.6	
	Zoológico	7.56	20.1	
	Palmitas	9.0	17.9	
	Tlacoynque	5.0	26.7	
	B. de Potosí Expuesto	3.13	26.4	
	B. de Potosí Protegido	1.63	28.0	
	Troncones	3.75	22.2	
	Total	4.70	21.7	
Valdés-González y col. 2004	Sitio Expuesto	9.3 - 12.85	No reporta	100 % frecuente en ambos sitios.
	Sitio Protegido	6.60 - 9.55		
Flores-Rodríguez y col. 2007	Playa Troncones	100	No reporta	Especie representativa de la comunidad por su abundancia y frecuencia de aparición.
Flores-Garza y col. 2007	Playa Ventura	5.19 ± 4.63	20.10 ± 6.01	La población de caracoles del sitio se caracterizó por presentar tallas pequeñas y densidades altas.
García-Ibañez y col. 2007	Punta Maldonado	3.59	No reporta	No hay comentarios al respecto.
	Las Peñitas	5.71		
	Playa Ventura	5.19		
	Zoológico	10.26		
	Palmitas	8.34		
	Tlacoynque	5.59		
	B. de Potosí Expuesto	4.14		
	B. de Potosí Protegido	0.89		
	Troncones	7.93		
Torreblanca-Ramírez y col. 2012	Parque de la Reina	0.10	17.80	Especie común.
Flores-Garza y col. 2012a	Costa Chica	4.83	20.90	Indican que la población de caracoles se caracteriza por presentar tallas pequeñas y altas densidades.
Presente Estudio		1.23 - 4.65	19.84 - 25.86	

intensidad de oleaje, pero que se caracterizan por tener un sustrato rocoso de alta complejidad; aunque en lo que respecta a sus tallas la situación no fue tan precisa.

En cuanto a *C. articulatus*, los mayores valores tanto de densidad relativa como de la longitud total se presentaron en tres sitios; sin embargo, no existió una correspondencia directa entre las características del sitio con ambas variables, es decir, que las mayores tallas del molusco poliplacóforo no necesariamente se relacionaron con la mayor densidad relativa. Por lo tanto, la comparación exclusiva de promedios de la densidad y tallas de ambas especies en función de características del sustrato y de oleaje, no permitieron una definición de grupos precisa.

Sin embargo, al incorporar otras variables como las ambientales y realizar un análisis multivariado, se observó con mayor precisión su efecto sobre los parámetros biológicos de las especies, lo cual se considera que fue debido a que pudo ser incorporada no sólo la correlación lineal entre variables, sino también su correlación parcial.

De esta manera, en lo que respecta al componente "Ambiente y longitud del herbívoro", se destaca que a un decremento de la temperatura superficial del mar y del estimador de la productividad primaria (clorofila-*a*), se observó un incremento en la salinidad, así como en la longitud del *C. articulatus*. Lo anterior exhibe dos

Tabla 6.

Densidades relativas y longitudes promedio de *C. articulatus* observadas en la costa rocosa del Pacífico Mexicano.
Table 6. Relative densities and average lengths of *C. articulatus* observed on the rocky coast of the Mexican Pacific.

Autores y entidad federativa	Sitio	Densidad (org/m ²) y/o Frecuencia (%)	Longitud promedio (mm)	Observaciones
Holguín y Michel-Morfin 2002 (Colima)	Bahía Binners	3.72	67.9	Molusco abundante con tallas más grandes que en Acapulco.
	Bahía Braithwaite	8.48	66.5	
	Bahía Grayson	3.86	75.6	
	Bahía Academia	4.38	71.9	
	Total	5.3	69.6	
Valdés-González y col., 2004 (Guerrero)	Isla La Roqueta	0.50 - 1.85	No reporta	Especie común y dominante en el sitio expuesto.
Flores-Campaña y col., 2007 (Sinaloa)	Isla Venados ZP	No reporta	39.4	Tendencia de mayores tallas en zonas expuestas.
	Isla Venados ZE		42.9	
	Isla Pájaros ZP		42.6	
	Isla Pájaros ZE		51.7	
	Total		44.1	
Flores-Rodríguez y col., 2007 (Guerrero)	Playa Troncones	80	No reporta	Especie dominante.
Flores-Garza y col., 2007 (Guerrero)	Playa Ventura	1.71	No reporta	Especie dominante.
Flores-Garza y col., 2011 (Guerrero)	Playa Majahua	0.95	25.19	Especie dominante y poliplacóforo con la mayor talla.
Flores-Rodríguez y col., 2012 (Guerrero)	Playa Carrizalillo	2.38	No reporta	Poliplacóforo de mayor densidad.
	Playa Coral			
	Playa Cometa			
Galeana-Rebolledo y col., 2012 (Guerrero)	Playa Tlacopanocha	0.05	25.34	Especie de poliplacóforo ocasional y de mayor talla.
Torreblanca-Ramírez y col., 2012 (Guerrero)	Parque de la Reina	1.00	21.66 ± 1.07	Especie dominante y poliplacóforo de mayor longitud.
Flores-Garza y col., 2012b (Guerrero)	MPR No. 32	1.89	22.83	Especie dominante de mayor longitud y amplia distribución.
Presente Estudio		4.54 - 14.55	18.78 - 24.91	

situaciones: 1) por las fechas de realización del estudio, la conclusión del período de lluvias y huracanes y el inicio del período de sequía o estiaje, y 2) bajo la óptica de valores máximos y mínimos, un evento

previo de altos niveles de productividad primaria, fue base para la alimentación de *C. articulatus* en dicha temporada, lo que repercutió en el paulatino incremento en longitud del herbívoro.

En términos reproductivos, Rojas (1988), mencionó que a partir de una longitud total de 40 mm, es muy frecuente encontrar ejemplares sexualmente maduros; Ávila-Poveda y Abadía-Chanona

(2013), comentan que los machos alcanzan su madurez sexual en tallas más pequeñas con respecto a las hembras, y para propósitos prácticos, proponen una clasificación donde puede considerarse que en ambos sexos los estadios subjuveniles, juveniles y subadultos se observan en tallas menores a 40 mm, y los adultos se registran en tallas iguales o mayores a 40 mm. Por lo anterior, es posible no sólo relacionar los cambios de las variables ambientales con el crecimiento del molusco, sino además, se podrían predecir los cambios en las fases de maduración sexual. Por lo tanto, el presente estudio coincide con trabajos como los de Ishiyama (1995), Barbosa y col. (2009) y Ávila-Poveda (2013), los cuales resaltan el efecto de la temperatura del mar en especies de moluscos poliplacóforos, particularmente en sus épocas reproductivas.

En el componente "Microhábitat, longitud y abundancia del carnívoro", se observó la relevancia de la estructura y complejidad de los sitios rocosos, ya que a mayor discontinuidad del sustrato se encontró una mayor cantidad de ejemplares del carnívoro y donde a su vez, se registraron las mayores longitudes. A este respecto, Garrity y Levings (1981), remarcaron la importancia de grietas húmedas y microhábitats sombreados en la abundancia de *P. pansa*. Valdés-González y col. (2004), registraron altas densidades del gasterópodo en dos sitios

de alta y baja intensidad de oleaje, respectivamente, pero que tienen en común sustratos complejos. Otros trabajos también han destacado la influencia de la complejidad topográfica del hábitat en las abundancias de especies de moluscos intermareales y su distribución, depredación y diversidad biológica, como los de Beck (2000), Chapman (2000), Giraldo y col. (2002) y Fernández y Jiménez (2006). De esta manera, el presente trabajo coincide con los estudios anteriormente citados y sugiere que una característica estrechamente relacionada con la abundancia de *P. pansa*, corresponde a la estructura y complejidad del hábitat de cada sitio rocoso, lo cual en el caso de los sitios estudiados en Acapulco, Guerrero, presenta una jerarquía mayor a la intensidad de oleaje.

En lo que respecta al componente "Intensidad de oleaje y abundancia del herbívoro", se destaca que una mayor energía del oleaje de cada sitio rocoso se correspondió con una mayor abundancia del *C. articulatus*. Dos explicaciones pueden sugerirse al respecto: 1) en la zona de estudio, un sitio expuesto al oleaje intenso puede presentar (en función de su pendiente o inclinación), una mayor área húmeda debido al proceso constante de inmersión y emersión de la superficie, así como del rocío que baña la zona supralitoral, de esta manera, y aunado a la cantidad de luz solar, será posible un área mayor de forrajeo, descanso y protección, que repercutirá

en una mayor colonización y abundancia de organismos, entre ellos los productores; 2) otra suposición no necesariamente excluyente de la anterior, es el hecho de la dificultad de la pesca del molusco polioplacóforo en zonas de alta energía de oleaje. En este sentido (Holguín y Michel-Morfín, 2002; Flores-Campaña y col., 2007; Olea-de-la-Cruz y col., 2013), han señalado el efecto que generan en la pesca del polioplacóforo, el oleaje y topografía de la zona intermareal rocosa, así como factores climáticos como viento y lluvia. Estudios como el de Fernández y Jiménez (2006), Nishida y col. (2006) y Aguilera y Navarrete (2011), también remarcan el efecto de la intensidad de oleaje con la obtención de alimento por parte de invertebrados herbívoros. De esta manera, el caso de la especie *C. articulatus* puede abordarse a partir de dos situaciones: I) A nivel temporal, las longitudes del molusco polioplacóforo dependen de la productividad primaria y condiciones físico-químicas (temperatura y salinidad) del mar; II) A nivel espacial, las abundancias dependen en mayor grado de las condiciones del sitio rocoso asociadas con una alta energía de oleaje.

Flores-Campaña y col. (2012), manifiestan que es necesaria más información sobre la influencia de factores ambientales para generalizar patrones sobre la forma y tamaño del molusco polioplacóforo *C. (Chiton) albolineatus* Broderip and G. B. Sowerby I, 1829, así como en su distribución y abundancia. Olabarria y col. (2001), comentan

que la estructura de la comunidad de moluscos en sustratos rocosos se determina por interacciones complejas entre factores bióticos y abióticos.

En términos de biología evolutiva, tanto *P. pansa* como *C. articulatus* presentan adaptaciones morfológicas y fisiológicas (tamaño del pie, poca o nula presencia de nódulos o espinas, forma ovalada y dorsoventralmente aplanada, entre otras) para coexistir en las zonas intermareales rocosas, siendo por lo tanto organismos que pueden demarcar de manera efectiva la zona mesolitoral, debido a la dominancia, abundancia y densidad relativa que presentan.

La importancia del estudio de las relaciones funcionales en el espacio y tiempo, es debido a que dichas relaciones se modifican en función de cambios en la sucesión de la comunidad (Aguilera y Navarrete, 2012).

En base a lo anterior, es posible comentar que tanto el gasterópodo como el polioplacóforo objeto de estudio, son especies que pueden coadyuvar en el entendimiento de la estructura funcional del sistema intermareal rocoso en Acapulco, Guerrero, y por ende pueden ser especies indicadoras de cambios en el ambiente.

CONCLUSIONES

El caracol *P. pansa*, así como el polioplacóforo *C. articulatus*, son moluscos que en la zona intermareal rocosa de Acapulco, Guerrero, presentan densidades y longitudes que varían en función de características ligadas a la complejidad del sustrato y exposición de la

costa rocosa. Al relacionar los indicadores biológicos de las especies con características locales del sitio, así como con parámetros ambientales del área de estudio, se observó una mejor definición de la relación funcional de las especies con su medio, donde se resalta que la longitud del polioplacóforo se encuentra estrechamente relacionada con la temperatura del mar, salinidad y productividad primaria (expresada en términos de la clorofila- α), así también que tanto la abundancia y longitud del gasterópodo se relacionan con una mayor complejidad del sustrato rocoso; y por último, que las abundancias del polioplacóforo están mayormente ligadas con las condiciones del sustrato rocoso asociadas con una alta intensidad de oleaje. ||

AGRADECIMIENTOS

A los Fondos Mixtos CONACyT-Gobierno del Estado de Guerrero, por el financiamiento otorgado al proyecto "Diversidad y abundancia de la cucaracha de mar (Clase: Polyplacophora) en las costas de Guerrero, y elaboración de una propuesta de conservación y aprovechamiento", clave GUE-2008-C01-91724. Al proyecto "Posibles factores fisicoquímicos que influyen en el crecimiento y supervivencia de la ostra perlera *Pteria sterna* mantenida en cultivo extensivo en la Bahía de Acapulco" financiado por los Fondos Mixtos CONACyT-Gobierno del Estado de Guerrero clave: GUE-2008-91090, por el registro de los parámetros ambientales. A las personas que revisaron el presente escrito, y cuyas observaciones contribuyeron notablemente a mejorarlo.

REFERENCIAS

- Aguilera, M. A. and Navarrete, S. A. (2011). Distribution and activity patterns in an intertidal grazer assemblage: influence of temporal and spatial organization on interspecific associations. *Marine Ecology Progress Series*. 431: 119-136.
- Aguilera, S. A. and Navarrete, S. A. (2012). Functional identity and functional structure change through succession in a rocky intertidal marine herbivore assemblage. *Ecology*. 93(1): 75-89.
- Anónimo (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental especies nativas de México de flora y fauna silvestre, categorías de riesgo y especificaciones para inclusión, exclusión o cambio. lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010, México, D.F. [En línea]. Disponible en: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf. Fecha de consulta: 12 de febrero de 2011.
- Ávila-Poveda, O. H. (2013). Annual change in morphometry and in somatic and reproductive indices of *Chiton articulatus* adults (Polyplacophora: Chitonidae) from Oaxaca, Mexican Pacific. *American Malacological Bulletin*. 31(1): 65-74.
- Ávila-Poveda, O. H. and Abadía-Chanona, Q. Y. (2013). Emergence, development, and maturity of the gonad of two species of chitons “sea cockroach” (*Mollusca: Polyplacophora*) through the early life stages, en PLoS ONE. 8(8): e69785. [En línea]. Disponible en: <http://www.plosone.org/article/info:doi/10.1371/journal.pone.0069785>. Fecha de consulta: 12 de septiembre de 2013.
- Barbosa, S. S., Byrne, M., and Kelaher, B. P. (2009). Reproductive periodicity of the tropical intertidal chiton *Acanthopleura gemmata* at One Tree Island, Great Barrier Reef, near its southern latitudinal limit. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 89(2): 405-411.
- Beck, M. W. (2000). Separating the elements of habitat structure: independent effects of habitat complexity and structural components on rocky intertidal gastropods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 244: 29-49.
- Carranza-Edwards, A., Gutiérrez-Estrada, M. y Rodríguez-T, R. (1975). Unidades Morfo-tectónicas Continentales de las Costas Mexicanas. *Anales del Instituto de Ciencias Del Mar y Limnología*. 2(1): 81-88.
- Chapman, M. G. (2000). A comparative study of differences among species and patches of habitat on movement of three species of intertidal gastropods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 244: 181-201.
- Fernández, J. y Jiménez, M. (2006). Estructura de la comunidad de moluscos y relaciones tróficas en el litoral rocoso del estado Sucre, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*. 54(3): 121-130.
- Flores-Campaña, L. M., González-Montoya, M. A., Ortiz-Arellano, M. A. y Arzola-González, J. F. (2007). Estructura poblacional del *Chiton articulatus* en las islas Pájaros y Venados de la Bahía de Mazatlán, Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 78: 23S-31S.
- Flores-Campaña, L. M., Arzola-González, J. F., and de León-Herrera, R. (2012). Body size structure, biometric relationships and density of *Chiton albolineatus* (Mollusca: Polyplacophora) on the intertidal rocky zone of three islands of Mazatlan Bay, SE of the Gulf of California. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 47(2): 203-211.
- Flores-Garza, R., Flores-Rodríguez, P., García-Ibáñez, S. y Valdés-González, A. (2007). Demografía del caracol *Plicopurpura pansa* (Neotaenioglossa: Muricidae) y constitución de la comunidad malacológica asociada en Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical*. 55(3-4): 867-878.
- Flores-Garza, R., Torreblanca-Ramírez, C., Flores-Rodríguez, P., García-Ibáñez, S., Galeana-Rebolledo, L., Valdés-González, A., and Rojas-Herrera, A. A. (2011). Mollusc community from a rocky intertidal zone in Acapulco, México. *Biodiversity*. 12(3):144-153.
- Flores-Garza, R., Valdés-González, A., Flores-Rodríguez, P., García-Ibáñez, S. y Cruz-Ramírez, N. L. (2012a). Density, Sex Ratio, Size, Weight, and Recruitment of *Plicopurpura pansa* (Gastropoda: Muricidae) in Costa Chica, Guerrero, México. *Open Journal of Marine Science*. 2:157-166.
- Flores-Garza, R., Galeana-Rebolledo, L., Reyes-Gómez, A., García Ibáñez, S., Torreblanca-Ramírez, C., Flores-Rodríguez, P., and Valdés-González, A. (2012b). *Polyplacophora* species richness, composition and distribution of its community associated with the intertidal rocky substrate in the marine priority region No. 32 in Guerrero, Mexico. *Open Journal of Ecology*. 2(4):192-201.
- Flores-Garza, R., García-Ibáñez, S., Flores-Rodríguez, P., Torreblanca-Ramírez, C., Galeana-Rebolledo, L., Valdés-González, A., Suástegui-Zárate, A., and Violante-González, J. (2012c). Commercially important marine mollusks for human consumption in Acapulco, México. *Natural Resources*. 3: 11-17.
- Flores-Rodríguez, P., Flores-Garza, R., García-Ibáñez, S. y Valdés-González, A. (2003). Riqueza y diversidad de la malacofauna del mesolitoral rocoso de la Isla La Roqueta, Acapulco, Guerrero, México. *Ciencia, Universidad Autónoma de Guerrero*. 2(11): 5-14.
- Flores-Rodríguez, P., Flores-Garza, R., García-Ibáñez, S. y Valdés-González, A. (2007). Variación en la diversidad malacológica del mesolitoral rocoso en Playa Troncones

- La Unión, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 78: 33S-40S.
- Flores-Rodríguez, P., Santiago-Cortez, E., Flores-Garza, R., García-Ibañez, S., Torreblanca-Ramírez, C., Galeana-Rebolledo, L. y Rojas-Herrera A. A. (2012). Malacofauna de la zona intermareal rocosa de San Pedro Mixtepec y de Santa María Tonameca, Oaxaca, México. *Tlamati Sabiduría*. 4(1): 28-34.
- Galeana-Rebolledo, L., Flores-Garza, R., Torreblanca-Ramírez, C., García-Ibañez, S., Flores-Rodríguez, P., and López-Rojas, V. I. (2012). Biocenosis de Bivalvia y Polyplacophora del intermareal rocoso en playa Tlacopanocha, Acapulco, Guerrero, México. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 40(4): 943-954.
- García-Ibañez, S., Flores-Garza, R., Flores-Rodríguez P. y Valdés-González, A. (2004). Densidad y tallas del *Plicopurpura patula pansa* relacionadas con el sustrato y oleaje en las costas rocosas de Guerrero, México. *Hidrobiología*. 14(2): 127-136.
- García-Ibañez, S., Flores-Rodríguez, P., Flores-Garza, R. y Valdés-González, A. (2007). Dispersión espacial de *Plicopurpura patula pansa* en playas rocosas del estado de Guerrero, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 78: 15S-21S.
- García-Ibañez, S., Flores-Garza, R., Flores-Rodríguez, P. y Arana-Salvador, D. G. (2012). Los quitones o cucarachas de mar (Mollusca: Polyplacophora): Una perspectiva de su diversidad biológica y manejo sostenible. *Fomix Guerrero*. 1:17-22.
- García-Ibañez, S., Flores-Garza, R., Flores-Rodríguez, P., Violante-González, J., Valdés-González, A. y Olea-de la Cruz, F. G. (2013). Diagnóstico pesquero de *Chiton articulatus* (Mollusca: Polyplacophora) en Acapulco, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 48(2): 293-302.
- Garrity, S. D. and Levings, S. C. (1981). A predator-prey interaction between two physically and biologically constrained tropical rocky shore gastropods: direct, indirect and community effects. *Ecological Monographs*. 51(3): 267-286.
- Giraldo, A., Gómez, C. y Rodríguez, E. (2002). Tamaño de la concha de *Notoacmea biradiata* (Archaegastropoda: Acmaeidae) como respuesta a la densidad de gasterópodos y altura intermareal en la costa pacífica de Colombia. *Ciencias Marinas*. 28(3): 237-246.
- Holguín, Q. O. E. and Michel-Morfin, J. E. (2002). Distribution, density and Length-Weight Relationship of *Chiton articulatus* Sowerby, 1832 (Mollusca: Polyplacophora) on Isla Socorro, Revillagigedo Archipelago, Mexico. *Journal of Shellfish Research*. 21(1):239-241.
- Holguín-Quiñones, O. E. (2006). *Moluscos bentónicos de interés económico y potencial de las costas de Michoacán, Colima y Jalisco, México*. En: M. C. Jiménez-Quiroz y E. Espino-Barr (Ed.), Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán (pp. 121-131). Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) de Manzanillo, Colima, Instituto Nacional de la Pesca.
- Ishiyama, C. V. (1995). Reproducción del *Chiton cumingsii* (Polyplacophora, Chitonidae) de la Bahía de Ancon, Lima. *Boletín de Lima*. 100:203-210.
- Keen, A. M. (1971). *Sea shells of tropical West America*. Stanford University Press, California. 1064 Pp.
- Nishida, A. K., Nordi, N., and Alves R. R. N. (2006). Molluscs production associated to lunar-tide cycle: a case study in Paraíba State under ethnecology viewpoint. *Journal Ethnobiology and Ethnomedicine*. 2(28): 1-6.
- Olabarria, C., Carballo, J. L., and Vega, C. (2001). Spatio-temporal changes in the tropic structure of rocky intertidal mollusc assemblages on a tropical shore. *Ciencias Marinas*. 27(2): 235-254.
- Olea-de la Cruz, F. G., García-Ibañez, S., Flores-Garza, R., Flores-Rodríguez, P. y Rojas-Herrera, A. A. (2013). Pesca, oferta y demanda de la cucaracha de mar *Chiton articulatus* (Mollusca: Polyplacophora) en aguas de la zona costera del estado de Guerrero, México. *Ciencia Pesquera*. 21(1): 69-81.
- Reyes-Gómez, A. (2004). Chitons in Mexican waters. *Bolletino Malacologico*. 5: 69-82.
- Rojas, H. A. A. (1988). *Análisis biológico-pesquero de la cucaracha de mar (Chiton articulatus Sowerby, 1832) de Acapulco, Gro., México*. En Memorias del IX Congreso Nacional de Zoología (pp. 115-156). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y Sociedad Mexicana de Zoología, A. C.
- Sirenko, B. (2006). New outlook on the system of chitons (Mollusca: Polyplacophora). *Venus*. 65(1-2): 27-49.
- Skoglund, C. (2002). *Panamic province molluscan literature*. Additions and changes from 1971 through 2001. III Gastropoda. The Festivus Supplement (XXXIII). 286 Pp.
- Torreblanca-Ramírez, C., Flores-Garza, R., Flores-Rodríguez, P., García-Ibañez S. y Galeana-Rebolledo, L. (2012). Riqueza, composición y diversidad de la comunidad de moluscos asociada al sustrato rocoso intermareal de playa Parque de la Reina, Acapulco, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 47(2):283-294.
- Valdés-González, A., Flores-Rodríguez, P., Flores-Garza, R., and García-Ibañez, S. (2004). Molluscan communities of rocky intertidal zone at two sites with different wave action on Isla la Roqueta, Acapulco, Guerrero, México. *Journal of Shellfish Research*. 23: 875-880.