

Densidad poblacional, distribución espacial y mortalidad natural del erizo de mar *Toxopneustes roseus* (Camarodonta: Toxopneustidae) en tres sitios de Oaxaca, México

Francisco Benítez-Villalobos¹ & Quetzalli Yasú Abadia-Chanona²

1. Instituto de Recursos, Universidad del Mar (UMAR), Cd. Universitaria S/N, Campus Puerto Ángel, San Pedro Pochutla, Oaxaca, México, C.P. 70902; fbv@angel.umar.mx
2. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), Instituto Politécnico Nacional (IPN). Av. Instituto Politécnico Nacional, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, Baja California Sur, México, C.P. 23096; q_yach18@yahoo.com.mx

Recibido 27-V-2014 Corregido 3-X-2014 Aceptado 5-XII-2014

Abstract: Population density, spatial distribution and natural mortality of the sea urchin *Toxopneustes roseus* (Camarodonta: Toxopneustidae) at three sites in Oaxaca, Mexico. The sea urchin *Toxopneustes roseus* is widely distributed along the east coast of the tropical Pacific, from Mexico to northern Peru. In our study we evaluated population features of this species, such as population density, spatial distribution pattern and natural mortality, as well as the relationship between population density and several environmental variables. From October 2009 to September 2011 monthly sampling was carried out using belt transects in three localities of the coast of Oaxaca, Mexico: Estacahuite, Dos Hermanas and Isla Cacaluta. Additionally we recorded *in situ* temperature, salinity and pH in each locality. Records of irradiation and pluvial precipitation were obtained from databases. Distribution pattern of the urchins was characterized using the Morisita's Index and the models of Poisson's probability and Negative Binomial Distribution. Natural mortality was estimated using the modified method of Berry. A step by step analysis of Multiple Lineal Regression was applied to evaluate the relationship between population density and the recorded environmental variables. Mean (\pm SD) density was 0.12 ± 0.02 ind \cdot m⁻² (Estacahuite), 0.05 ± 0.01 ind \cdot m⁻² (Dos Hermanas) and 0.04 ± 0.01 ind \cdot m⁻² (Isla Cacaluta). The pattern of spatial distribution of *T. roseus* was aggregated in most of the sampled months in all the localities. In Estacahuite natural mortality was 0.45 and in Dos Hermanas it was 0.46, it was not possible to calculate mortality for Isla Cacaluta. Of the recorded environmental variables, pluvial precipitation showed a direct but not determinant relationship with population density of *T. roseus* only in Isla Cacaluta. As a result of the differences observed in the three localities we assume that the factors that could determine the population dynamics of *T. roseus* are: A larger extension of the area in general, and the contribution of sediments by the presence of rivers in the localities, since Isla Cacaluta was the only locality where there was evidence of an important relationship with pluvial precipitation, and this locality undergoes the influence of the rivers Copalita and Coyula, which produce an important increase in sedimentation rates at this community, affecting the entire benthic community during the rainy season. Rev. Biol. Trop. 63 (Suppl. 2): 121-133. Epub 2015 June 01.

Key words: Population parameters, south Pacific, Echinodermata, Echinoidea, pink flower urchin.

Toxopneustes roseus (A. Agassiz, 1863) es un erizo de mar que se distribuye ampliamente a lo largo de la costa oriental del Pacífico, desde Baja California, México, hasta el norte de Perú, incluyendo las Islas Galápagos, Ecuador (Solís-Marín, Reyes-Bonilla, Herrero-Perezrul, Arizpe-Covarrubias & Laguarda-Figueras,

1997; James, 2000; Lawrence & Sonnenholzner, 2004; Alvarado, Solís-Marín & Ahearn, 2010). Esta especie es un habitante común desde la zona intermareal hasta aproximadamente 60 m de profundidad sobre sustrato rocoso, asociado a estructuras de coral, algas coralinas no geniculadas (rodolitos) y/o



a parches de arena (James, 1988; Zamorano & Leyte-Morales, 2005). Los individuos de *T. roseus* suelen encontrarse solitarios, aunque también es común observar agregaciones de hasta varias decenas (James, 2000).

Una característica de esta especie es que tiene el comportamiento de cubrirse con fragmentos de rodolitos, coral, conchas y algas foliosas; lo cual aparentemente les proporciona camuflaje, aunque algunos autores proponen varias teorías al respecto, sugiriendo que esta conducta ocurre como respuesta a algún estrés ambiental (James, 1998, 2000; Richner & Milinski, 2000), protección contra factores físicos como la luz intensa (Verling, Crook & Barnes, 2002; Dumont, Drolet, Deschênes & Himmelman, 2007) y la temperatura (Verling et al., 2002), para aumentar la estabilidad durante movimiento intenso de agua, sirviendo como lastre (Dumont et al., 2007; Amato et al., 2008), o como almacenamiento de alimento (James, 2000; Tainá de Souza & De Medeiros, 2007).

Poco se sabe sobre los hábitos alimenticios de *T. roseus*, pero se ha reportado que se alimenta de la corteza de rodolitos y de coral muerto (James, 1998, 2000), esta actividad, a su vez beneficia a los rodolitos, transportándolos hacia otras zonas e influyendo en su distribución; aunque el pastoreo de *T. roseus* también puede reducir su biomasa y aumentar la producción de sedimentos de carbonato. El desplazamiento, comportamiento de cubrirse y la alimentación de *T. roseus* puede tener un efecto importante sobre la distribución y abundancia de las algas en mantos de rodolitos, lo cual puede constituir una de las causas de bioturbación sobre estas comunidades (James, 2000) afectando a la comunidad bentónica en general.

A pesar de su importancia ecológica, aun son escasos los estudios que describan la estructura y dinámica poblacional de esta especie (James, 2000; Edgar, Banks, Fariña & Martínez, 2004; González-Medina, Holguín-Quñones & De la Cruz-Agüero, 2006; Cohen-Rengifo, 2008; Zamorano & Leyte-Morales, 2009; Ramírez-Ortíz, 2010), además de los pocos estudios que se han enfocado al

conocimiento taxonómico y sistemático (Caso, 1961, 1976, 1978; Solís-Marín et al., 1997).

Con la finalidad de incrementar el conocimiento del erizo de mar *T. roseus*, el objetivo de este estudio fue estimar y comparar su densidad poblacional, patrón de distribución espacial y mortalidad natural en tres localidades de la costa de Oaxaca, México. Adicionalmente se evaluó la relación de la densidad poblacional con las variables ambientales temperatura, salinidad, pH, precipitación pluvial e irradianza para cada localidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de los sitios de muestreo:

Una vez por mes se realizaron muestreos entre octubre 2009 y septiembre 2011 en tres localidades de la costa de Oaxaca, México, utilizando buceo con equipo SCUBA. Las localidades estudiadas fueron: Estacahuite (15° 40' 14.88" N - 96° 28' 0.96" W), la cual es una bahía semi-prottegida con moderada energía de oleaje. La profundidad varía de 0.5 a 12 m y existe un área arrecifal de aproximadamente 7300 m² (López-López, 2011). El fondo es arenoso con crestas rocosas asociadas a parches de coral y rodolitos (Reyes-Bonilla & Leyte-Morales, 1998).

Dos Hermanas (15° 42' 29" N - 96° 12' 610" W), es una de las localidades con un área arrecifal más extensa (~ 10 ha) de la costa de Oaxaca, con una profundidad promedio de 14 m (Leyte-Morales, 2001). A partir de los 4 m de profundidad inicia una zona de colonias de coral dispersas mezcladas con cantos rodados, restos de coral muerto desprendido y rodolitos. Esta localidad no se encuentra influenciada por escurrimientos importantes de agua dulce.

Isla Cacaluta (15° 43' 16.32" N - 96° 10' 0.48" W), es una isla en la Bahía de Cacaluta, con una zona arrecifal de aproximadamente 1 ha (López-López, 2011). La conformación de la costa es rocosa con abundantes cantos rodados y rodolitos, con una profundidad máxima de 8.3 m (Leyte-Morales, 2001). La presencia de lluvias tiene repercusiones importantes en la cantidad de sedimento que incide en la

comunidad coralina de la isla (Granja-Fernández & López-Pérez, 2008).

Densidad poblacional: La densidad de *T. roseus* se estimó por metro cuadrado (ind.m⁻²) en los tres sitios de estudio. En cada localidad durante cada muestreo, se colocaron diez transectos (t) de banda (10 m de largo x 2 m de ancho) perpendiculares a la línea de costa, divididos a cada metro de longitud y separados entre sí por al menos 10 m. Los transectos se colocaron sobre el arrecife entre 2 y 10 m de profundidad. El área muestreada por sitio fue de 200 m² mensuales (10 m x 2 m x 10 t) (CARI-COMP, 2001).

Distribución espacial: Para caracterizar la distribución espacial en los tres sitios de muestreo se utilizó el índice de Morisita (1959), el cual determina cual patrón de distribución se aplica para la población estudiada (agregado, uniforme o aleatoria tipo Poisson). El método se basa en el análisis de la relación de la varianza (δ^2) y la media (μ).

Adicionalmente se aplicaron los modelos de probabilidad de Poisson y el modelo de distribución Binomial Negativa, los cuales permiten corroborar los resultados obtenidos con el índice de Morisita. Para evaluar el ajuste de los datos a alguno de los modelos se aplicó una prueba de X^2 , bajo los supuestos según

Mendenhall y Reinmuth (1978). Para obtener el valor del parámetro K , el cual mide el grado de agregación de los individuos en una población (Ludwig & Reynolds, 1988; Krebs, 1999) se utilizaron dos métodos; si al calcular K con el primer método no se cumplía con los supuestos establecidos, se utilizaba el segundo método (Cuadro 1).

Mortalidad natural: Para estimar la mortalidad natural de *T. roseus* en los tres sitios de muestreo, se aplicó el método de Berry (1967), el cual ha sido empleado en el estudio de otros invertebrados marinos (Ramos-Cruz, Sánchez-Meraz, Carraco-Ayuso & Cervantes-Hernández, 2006) y modificado para su uso con equinodermos (Díaz-Martínez, 2010). El modelo utiliza la variación mensual de la abundancia de un organismo obtenida en campo (Ramos-Cruz et al., 2006).

El método de Berry supone que posterior al evento de reclutamiento ocurrido durante (n) intervalos de tiempo (considerados como independientes), la abundancia del organismo (en este caso mensual) disminuye debido a la acción de la mortalidad natural (M) (Ramos-Cruz et al., 2006), por lo tanto, los cambios en la abundancia registrados por intervalo, se relacionan con la tasa de mortalidad natural mensual. Así para *T. roseus* la tasa de mortalidad se estimó en aquellos intervalos que presentaron

CUADRO 1

Métodos para calcular el parámetro K que indica el grado de agregación de los organismos de una población

TABLE 1

Methods to calculate the K parameter, which indicates the degree of aggregation of the organisms of one population

Primer método	$K = \mu^2 / (\delta^2 - \mu)$	1	$K / \mu > 6$
		2	$K > 3$
		3	$((K + \mu) (K + 2) / \mu) \geq 15$
Segundo Método	$\text{Log } N / N_0 = K_1 * \log [1 + \mu / K_1]$		

$N = \sum f(x)$, N_0 = Es el primer dato de $f(x)$, K_1 = valor obtenido usando el primer método, 1, 2, 3 son los supuestos a cumplir para aceptar el valor de K calculado con el primer método.

tres o más valores continuos descendentes en la abundancia mensual registrada en campo. El algoritmo matemático para el cálculo de la mortalidad con este modelo es el siguiente:

$$\ln(Nt) = \alpha + \beta(t)$$

Dónde:

α : es la ordenada al origen de la pendiente de la regresión.

β : es la pendiente de la regresión o valor de la tasa de mortalidad total (Z parcial).

t : es el intervalo de tiempo en el cual existe disminución en la abundancia.

Variables ambientales: En cada sitio y mes de muestreo se registraron valores de temperatura, salinidad y pH del agua del mar con un medidor multiparámetros Hannah HI9828 (precisión ± 0.01). La transparencia de la columna de agua se midió con un disco de Secchi. Los datos de precipitación pluvial media mensual para la zona se obtuvieron de dos estaciones meteorológicas: Universidad del Mar, campus Puerto Ángel y del Servicio Meteorológico Nacional. Los datos de irradianza se obtuvieron mediante el cálculo del fotoperiodo según el modelo de duración del día de Jarmo Lammi (Lammi, 2012). Para el cálculo se tomó el dato de la energía solar en $W \cdot m^{-2}$ proporcionado por el programa Cálculo del fotoperiodo Online (Lammi, 2012). Se obtuvo un promedio mensual de la energía solar (irradianza en la superficie: I_s) para cada mes de muestreo, que fue utilizado para determinar la irradianza a una profundidad particular, mediante el modelo exponencial negativo de atenuación de la luz en el océano, basado en la ley de Lambert (Dietrich, Kalle, Krauss & Siedler, 1980).

El coeficiente de extinción vertical de la luz (K), se calculó de acuerdo a Poole y Atkins (1929), utilizando los datos de la profundidad (m) a la cual el observador deja de ver el disco de Secchi.

Relación densidad poblacional versus ambiente: Se utilizó un modelo de regresión lineal múltiple paso a paso (Hair, Anderson,

Tatham & Black, 1999), para evaluar el grado de relación existente entre la temperatura (T), salinidad (S), pH, Irradianza (IZ) y precipitación pluvial mensual (Pp), (variables independientes), con la densidad poblacional (Dn) de *T. roseus* (variable dependiente) en Estacahuite, Dos Hermanas e Isla Cacaluta.

Análisis de datos: Se aplicaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Levene para determinar si los datos cumplían con los supuestos de normalidad y homocedasticidad (Zar, 1999). Se aplicó un análisis de varianza de dos vías para identificar diferencias estadísticamente significativas entre las densidades mensuales para cada localidad (variación temporal) y entre localidades para cada mes de muestreo (variación espacial). Se aplicó una prueba a posteriori de comparaciones múltiples de Fisher LSD. Todos los resultados se analizaron con un nivel de significancia de 0.05 y todos los valores se reportaron como media \pm desviación estándar ($\pm DE$).

RESULTADOS

Densidad poblacional: En Estacahuite la densidad promedio ($\pm DE$) de *T. roseus* fue de $0.12 \pm 0.02 \text{ ind m}^{-2}$, con valores máximos en enero 2011 ($0.27 \pm 0.17 \text{ ind m}^{-2}$), abril 2011 ($0.21 \pm 0.13 \text{ ind m}^{-2}$) y diciembre 2010 ($0.20 \pm 0.13 \text{ ind m}^{-2}$) (Fig. 1A). En Dos Hermanas la densidad promedio fue $0.05 \pm 0.01 \text{ ind m}^{-2}$, con valores máximos en mayo del 2010 ($0.13 \pm 0.08 \text{ ind m}^{-2}$), febrero del 2011 ($0.20 \pm 0.13 \text{ ind m}^{-2}$) y marzo del 2011 ($0.14 \pm 0.09 \text{ ind m}^{-2}$) (Fig. 1B). En Isla Cacaluta la densidad promedio fue $0.04 \pm 0.01 \text{ ind m}^{-2}$, con valores máximos en noviembre 2009 ($0.13 \pm 0.08 \text{ ind m}^{-2}$), septiembre 2010 ($0.21 \pm 0.13 \text{ ind m}^{-2}$) y abril 2011 ($0.13 \pm 0.08 \text{ ind m}^{-2}$) (Fig. 1C).

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las localidades para cada mes de muestreo. De los trece meses en los que coincidió el muestreo en las tres localidades, solo noviembre y diciembre de 2009 y enero y septiembre de 2010 no mostraron diferencias significativas entre las localidades, mientras

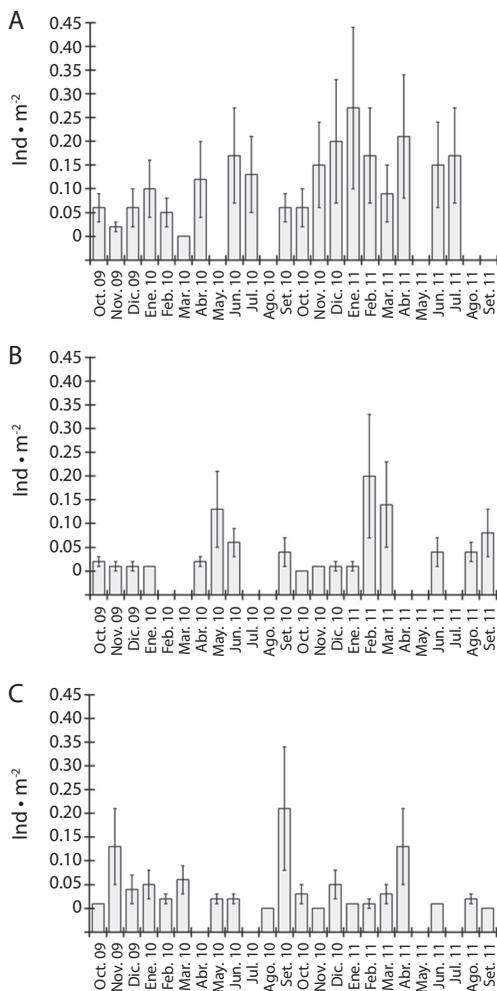


Fig. 1. Comparación de la densidad poblacional (promedio \pm DE) de *T. roseus* para cada sitio de muestreo: A) Estacahuite; B) Dos Hermanas; C) Isla Cacaluta. Los meses sin valores no fueron muestreados.

Fig. 1. Comparison of the population density (average \pm SD) of *T. roseus* for each sampling site: A) Estacahuite; B) Dos Hermanas; C) Isla Cacaluta. The months without values were not sampled.

que en los demás meses se observaron diferencias significativas (Cuadro 2).

Distribución espacial: En Estacahuite el tipo de distribución espacial de *T. roseus* en la mayoría de los meses fue agregada (Cuadro 3), observándose este comportamiento de octubre 2009 a febrero 2010 y de septiembre 2010 a julio 2011. Entre abril y julio 2010 los valores

CUADRO 2

Comparación de la densidad poblacional de *T. roseus* en los meses muestreados en las tres localidades

TABLE 2

Comparison of the population density of *T. roseus* on the sampling months on the three localities

Meses	F	P	Localidades	Tukey
oct-09	4.22	0.03	Estacahuite - Isla Cacaluta	0.03
			Estacahuite - Dos Hermanas	0.09
			Dos Hermanas - Isla Cacaluta	0.85
nov-09	1.38	0.27	Estacahuite - Isla Cacaluta	0.41
			Estacahuite - Dos Hermanas	0.96
			Dos Hermanas - Isla Cacaluta	0.28
dic-09	1.76	0.19	Estacahuite - Isla Cacaluta	0.74
			Estacahuite - Dos Hermanas	0.17
			Dos Hermanas - Isla Cacaluta	0.51
ene-10	3.13	0.06	Estacahuite - Isla Cacaluta	0.43
			Estacahuite - Dos Hermanas	0.05
			Dos Hermanas - Isla Cacaluta	0.43
jun-10	11.83	0.00	Estacahuite - Isla Cacaluta	0.00
			Estacahuite - Dos Hermanas	0.01
			Dos Hermanas - Isla Cacaluta	0.43
sep-10	1.15	0.33	Estacahuite - Isla Cacaluta	0.44
			Estacahuite - Dos Hermanas	0.99
			Dos Hermanas - Isla Cacaluta	0.37
oct-10	4.22	0.03	Estacahuite - Isla Cacaluta	0.27
			Estacahuite - Dos Hermanas	0.02
			Dos Hermanas - Isla Cacaluta	0.40
nov-10	9.40	0.00	Estacahuite - Isla Cacaluta	0.00
			Estacahuite - Dos Hermanas	0.00
			Dos Hermanas - Isla Cacaluta	0.99
dic-10	6.24	0.01	Estacahuite - Isla Cacaluta	0.03
			Estacahuite - Dos Hermanas	0.01
			Dos Hermanas - Isla Cacaluta	0.76
ene-11	5.25	0.01	Estacahuite - Isla Cacaluta	0.02
			Estacahuite - Dos Hermanas	0.03
			Dos Hermanas - Isla Cacaluta	1.00
feb-11	11.08	0.00	Estacahuite - Isla Cacaluta	0.00
			Estacahuite - Dos Hermanas	0.70
			Dos Hermanas - Isla Cacaluta	0.00
mar-11	3.92	0.03	Estacahuite - Isla Cacaluta	0.24
			Estacahuite - Dos Hermanas	0.50
			Dos Hermanas - Isla Cacaluta	0.03
jun-11	8.53	0.00	Estacahuite - Isla Cacaluta	0.00
			Estacahuite - Dos Hermanas	0.02
			Dos Hermanas - Isla Cacaluta	0.61

de *K* fueron altos, indicando que la agregación de los erizos fue baja (Fig. 2).

En la localidad de Dos Hermanas en nueve de diecisiete meses muestreados la distribución de *T. roseus* fue agregada y el resto fue del tipo aleatoria. Los meses con mayor agregación de organismos fueron diciembre 2009, mayo 2010 y junio 2010, mientras que los meses con menor agregación de organismos fueron

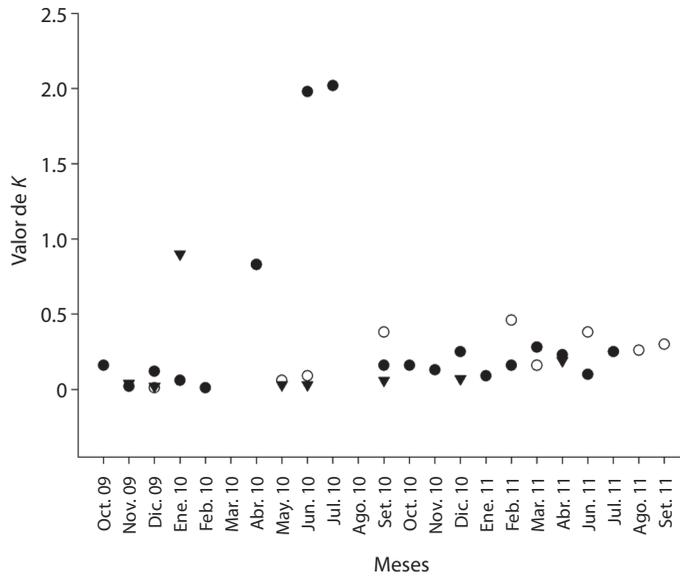


Fig. 2. Valor de agregación mensual (*K*) de la población de *T. roseus* en las tres localidades de octubre 2009 a septiembre 2011: Estacahuite (Círculo negro), Dos Hermanas (Círculo blanco) e Isla Cacaluta (Triángulo invertido).
Fig. 2. Monthly aggregation value (*K*) of the population of *T. roseus* on the three localities from October 2009 to September 2011. Estacahuite (black circle), Dos Hermanas (White circle) e Isla Cacaluta (inverted triangle).

septiembre 2010, febrero 2011 y junio 2011 (Fig. 2).

En Isla Cacaluta el tipo de distribución que presentó *T. roseus* en la mayoría de los meses fue del tipo aleatoria. La distribución fue del tipo agregada durante noviembre y diciembre 2009, enero, mayo, junio, septiembre, diciembre 2010 y abril 2011. La mayor agregación de organismos se observó en diciembre 2009, mientras que la menor agregación ocurrió en enero 2010 (Fig. 2).

Mortalidad: En Estacahuite el intervalo descendente de abundancia registrada de *T. roseus* se observó de enero a marzo 2011, dando como resultado una tasa de mortalidad natural (*M*) de 0,54, ($r = 0.997$, $r^2 = 0.995$, $p < 0.05$).

En Dos Hermanas se consideró el intervalo comprendido en los meses de febrero, marzo, junio y agosto 2011 con una tasa de mortalidad natural (*M*) de 0,460, ($r = 0.955$, $r^2 = 0.912$, $p < 0.05$). Para la localidad de Isla Cacaluta no fue posible calcular la mortalidad natural debido a

que no hubieron periodos con descensos continuos en la abundancia.

Variables ambientales: En Estacahuite la temperatura media durante el periodo de muestreo fue de 27.40 ± 2.40 °C. La salinidad media fue de 33.34 ± 3.09 , el valor promedio de pH fue de 8.45 ± 0.87 . La radiación solar media a una profundidad promedio de 12 m fue de 133.04 ± 63.74 W·m⁻² y la época de lluvias se presentó de junio a septiembre 2010 y de mayo a julio 2011, con precipitación pluvial media anual de 77.39 ± 23.44 mm. El valor máximo se registró en julio 2010 con 320 mm (Figs. 3A y 4A).

En Dos Hermanas la temperatura media fue de 27.91 ± 1.97 °C. La salinidad media fue de 33.48 ± 2.51 . El valor medio de pH fue de 8.69 ± 0.71 . La radiación solar media a una profundidad promedio de 10.29 m, fue de 179.69 ± 91.65 W·m⁻² (Fig. 3B y 4B).

En Isla Cacaluta la temperatura media fue de 27.98 ± 1.80 °C. La salinidad media fue de 34.47 ± 2.43 . El valor medio de pH fue de 8.31 ± 1.04 . La radiación solar media durante

CUADRO 3
Distribución espacial mensual de *T. roseus* estimada con dos modelos.

TABLE 3
Monthly spatial distribution of *T. roseus* estimated from the two models

Meses	Estacahuite			Dos Hermanas			Isla Cacaluta		
	$\sigma^2 > \mu$	λ	K	$\sigma^2 > \mu$	λ	K	$\sigma^2 > \mu$	λ	K
oct-09	1.45	15.77	0.16	0.98	0.36		1.00	0.04	
nov-09	1.62	21.09	0.02	0.99	0.16		4.56	20579583.00	0.04
dic-09	1.73	39.76	0.12	2.00	47.11	0.01	3.20	5521.00	0.02
ene-10	2.20	24.40	0.06	1.00	0.04		1.11	4.65	0.90
feb-10	2.71	3356.00	0.01	–	–	–	1.01	0.36	
mar-10	0.00	–	–	–	–	–	1.09	4.72	
abr-10	1.19	26.16	0.83	0.98	0.35		–		
may-10	–	–	–	4.80	134483.00	0.06	1.65	21.27	0.03
jun-10	1.17	47.76	1.98	2.00	165.00	0.09	1.65	21.27	0.03
jul-10	1.33	26.11	2.02	–	–	–	–		
ago-10	–	–	–	–	–	–	0.00		
sep-10	1.45	15.77	0.16	1.18	4.22	0.38	8.62	63692.00	0.06
oct-10	1.45	15.77	0.16	0.00			0.96	0.99	
nov-10	3.36	70.81	0.13	1.00			0.00		
dic-10	2.69	184.00	0.25	0.99	0.16		2.93	108584.00	0.07
ene-11	10.77	341.00	0.09	0.99	0.16		1.00	0.04	
feb-11	1.78	161.00	0.16	1.62	77.69	0.46	0.99	0.16	
mar-11	1.28	20.63	0.28	1.64	66.00	0.16	0.96	0.99	
abr-11	1.60	83.69	0.23	–	–	–	1.99	80.48	0.19
jun-11	2.79	39.03	0.10	1.18	4.22	0.38	1.00	0.04	
jul-11	1.41	45.51	0.25	–	–	–	–		
ago-11	–	–	–	1.23	4.54	0.26	0.96	34235.00	
sep-11	–	–	–	1.52	17.68	0.30	0.00		

Modelo de Distribución Binomial Negativa = $\sigma^2 > \mu$, modelo de Distribución Poisson = λ , valor de agregación (K). El guión bajo indica el mes en que no realizó muestreo.

el periodo de muestreo a una profundidad promedio de 10.29 m fue de $179.69 \pm 91.65 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (Figs. 3C y 4C).

La época de lluvias en Dos Hermanas e Isla Cacaluta se presentó de mayo a septiembre 2010 y junio a septiembre 2011, con precipitación pluvial media anual de $188.66 \pm 306.40 \text{ mm}$. El valor máximo se registró en septiembre 2010 con 1 150 mm (Fig. 4 B, C).

Relación densidad versus ambiente: El análisis de regresión lineal múltiple paso a paso para la localidad de Estacahuite y Dos Hermanas indicó que la relación de la variable dependiente densidad poblacional de *T. roseus* en términos de las variables independientes temperatura, salinidad, pH, precipitación pluvial e irradiación no presentó un efecto significativo ($p > 0.05$). Sin embargo, para la localidad de

Isla Cacaluta el análisis de regresión lineal múltiple se resolvió a un paso (Dn IC: $0.0221 + 0.0000913$ precipitación pluvial) indicando que la precipitación pluvial estuvo relacionada de manera significativa, aunque con un valor bajo, con la densidad poblacional de *T. roseus* ($r = 0.537$, $r^2 = 28.9$, $p = 0.032$).

DISCUSIÓN

Son pocos los estudios que han reportado densidades poblacionales para *T. roseus* (James, 1998, 2000; Edgar et al., 2004; Zamorano & Leyte-Morales, 2005; González-Medina et al., 2006; Cohen-Rengifo, 2008; Zamorano & Leyte-Morales, 2009; Ramírez-Ortíz, 2010; Alvarado et al., 2011; Alvarado, Guzman & Bredy, 2012). De acuerdo a los resultados obtenidos y al comparar con las densidades

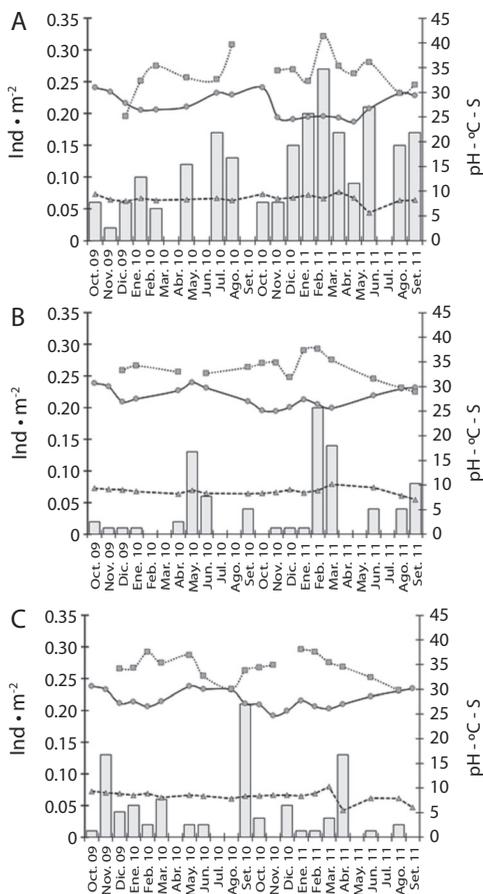


Fig. 3. Variación mensual de la temperatura (línea sólida con círculos), salinidad (línea discontinua con cuadrados) y pH (línea discontinua con triángulos), en relación con la densidad poblacional (barras) de *T. roseus* de octubre 2009 a septiembre 2011: A) Estacahuite, B) Dos Hermanas, C) Isla Cacaluta.

Fig. 3. Monthly variation of the temperature (solid line with circles), salinity (discontinuous line with squares) and pH (discontinuous line with triangles), in relation with the population density (bars) of *T. roseus* from October 2009 to September 2011: A) Estacahuite, B) Dos Hermanas, C) Isla Cacaluta.

reportadas para *T. roseus* en distintas localidades del área de distribución de la especie, se encontró que la densidad poblacional más alta ha sido la obtenida en este estudio en Estacahuite, seguida de Dos hermanas e Isla Cacaluta (Cuadro 4). Esta variación en la densidad de *T. roseus* puede deberse a las distintas características oceanográficas y atmosféricas

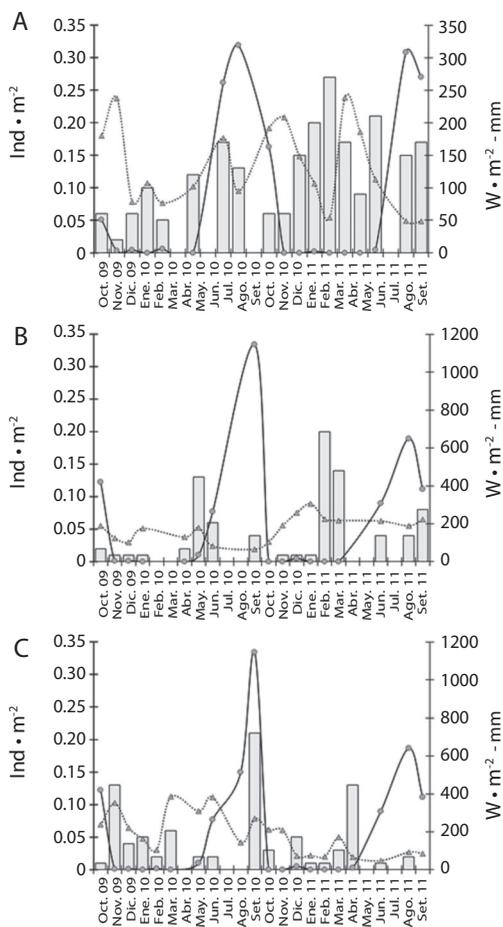


Fig. 4. Variación mensual de la precipitación pluvial (línea sólida con círculos) y la irradiación (línea discontinua con triángulos), en relación con la densidad poblacional (barras) de *T. roseus* de octubre 2009 a septiembre 2011: A) Estacahuite, B) Dos Hermanas, C) Isla Cacaluta.

Fig. 4. Monthly variation of pluvial precipitation (solid line with circles) and irradiance (discontinuous line with triangles), in relation with the population density (bars) of *T. roseus* from October 2009 to September 2011: A) Estacahuite, B) Dos Hermanas, C) Isla Cacaluta.

de cada zona, a la variabilidad ambiental y/o la preferencia de las especies hacia un tipo particular de sustrato (Hereu et al., 2012). Varios autores coinciden que los cambios en diversos factores físicos como la temperatura del agua (Wing, Botsford, Morgan, Diehl & Lundquist, 2003), profundidad (González-Irusta, Punzón & Serrano, 2012), surgencias (Wing et al., 2003),

Densidades poblacionales (promedio \pm EE) reportadas para género *Toxopneustes*. Las referencias están organizadas de acuerdo a las coordenadas latitudinales.

TABLE 4
Population density (average \pm SE) reported for the genus *Toxopneustes*. The differences are organized according to the latitudinal coordinates.

No.	Área geográfica (País, Región, Localidad)	Coordenadas	Densidad promedio ‡ ind m ⁻² ±EE	Esfuerzo de muestreo§	Meses muestreados y periodo de muestreo	Referencia
1	México, BCS *, Dignet	24°52'N - 110°35'O	0.025 \pm 0.010	4: 1 m X 200 m	1 (Nov 1996)	James 1998, 2000
2	México, BCS *, La Gallina	24°27'N - 110°22'O	0.036	2: 5 m X 50 m	4 (Oct 2001, Ene-Abr-Jun 2002)	González-Medina et al., 2006
3	México, Nayarit, Isla Isabel	21°31'N - 105°17'O	0.026 \pm 0.007	31 [¶] : 2 m X 25 m	8 (Ene a Ago 2009)	Ramírez-Ortiz, 2010
4	México, Nayarit, Isla Marias	21°26'N - 106°10'O	0.003 \pm 0.001	31 [¶] : 2 m X 25 m	8 (Ene a Ago 2009)	Ramírez-Ortiz, 2010
5	México, Jalisco, Tenacatita	19°16'N - 104°52'O	0.003 \pm 0.001	25 [¶] : 2 m X 25 m	8 (Ene a Ago 2009)	Ramírez-Ortiz, 2010
6	México, Colima, Manzanillo	19°03'N - 104°20'O	0.010 \pm 0.003	40 [¶] : 2 m X 25 m	8 (Ene a Ago 2009)	Ramírez-Ortiz, 2010
7	México, Michoacán, Caleta de Campos	18°03'N - 102°45'O	0.004 \pm 0.002	33 [¶] : 2 m X 25 m	8 (Ene a Ago 2009)	Ramírez-Ortiz, 2010
8	México, Guerrero, Acapulco	17°49'N - 101°29'O	0.018 \pm 0.006	32 [¶] : 2 m X 25 m	8 (Ene a Ago 2009)	Ramírez-Ortiz, 2010
9	México, Guerrero, Acapulco	17°49'N - 101°29'O	0.030	2: 1 m X 50 m	2 (Feb-Ago 2004)	Zamorano & Leyte-Morales, 2009
10	México, Guerrero, Ixtapa-Zihuatanejo	16°51'N - 99°56'O	0.054 \pm 0.011	48 [¶] : 2 m X 25 m	8 (Ene a Ago 2009)	Ramírez-Ortiz, 2010
11	México, Oaxaca, Bahías Huatulco	15°40'N - 96°13'O	0.024 \pm 0.008	32 [¶] : 2 m X 25 m	2 (May 2008- Abr 2009)	Ramírez-Ortiz, 2010
12	México, Oaxaca, La Entrega	15°45'N - 96°07'O	0.020 \pm 0.010	12: 1 m X 50 m	7 (Oct 2002 a Ago 2003)	Zamorano & Leyte-Morales, 2005
13	México, Oaxaca, Isla Cacaluita	15°43'N - 96°10'O	0.040 \pm 0.010	10: 2 m X 10 m	23 (Oct 2009 a Sep 2011)	Este estudio
14	México, Oaxaca, Dos Hermanas	15°42'N - 96°12'O	0.050 \pm 0.010	10: 2 m X 10 m	23 (Oct 2009 a Sep 2011)	Este estudio
15	México, Oaxaca, Estacaluite	15°40'N - 96°28'O	0.120 \pm 0.020	10: 2 m X 10 m	23 (Oct 2009 a Sep 2011)	Este estudio
17	Nicaragua, SIdS **, Punta Gigante	11°23'N - 86°02'O	0.020 \pm 0.020	4: 2 m X 25 m	1 (Jul-2009)	Alvarado et al., 2011
18	Nicaragua, SIdS **, La Anciana	11°20'N - 86°00'O	0.010 \pm 0.010	4: 2 m X 25 m	1 (Jul-2009)	Alvarado et al., 2011
19	Nicaragua, SIdS **, Peña Rota	11°14'N - 85°52'O	0.010 \pm 0.010	4: 2 m X 25 m	1 (Jul-2009)	Alvarado et al., 2011
20	Panamá, Golfo de Chiriquí	7°40'N - 82°00'O	0.010 \pm 0.000	5: 2 m X 10 m	1 (Mar 2007)	Alvarado et al., 2012
21	Colombia, Isla Malpelo	3°58'N - 81°35'O	0.001 \pm 0.005	18: 2 m X 50 m	1 (Dic 2006)	Cohen-Rengifo, 2008
22	Colombia, Isla Malpelo	3°58'N - 81°35'O	0.022 \pm 0.042	18: 2 m X 50 m	1 (Mar 2007)	Cohen-Rengifo, 2008
23	Ecuador, Archipiélago de Galápagos	0°33'S - 91°16'O	0.002	1: 2 m X 50 m	8 (May 2000 a Dic 2001)	Edgar et al., 2004

‡ Densidades de cada referencia homogenizadas y obtenidas a partir de la suma de todas las densidades dividida entre el número total de meses muestreados respectivamente en cada estudio (ind m⁻² por mes).

* BCS, Baja California Sur.

** SIdS, San Juan del Sur

§ Esfuerzo de muestreo expresado como "No. de Transectos (ancho x largo)- Mes-Localidad"

¶ Número de transectos totales.

sedimentación (Walker, 2007; González-Irusta et al., 2012), oleaje (Walker, 2007) y el incremento en el aporte de agua dulce (Andrew, 1991), pueden influir directamente en las poblaciones de erizos de mar, y en consecuencia su densidad poblacional (Hereu et al., 2012).

En el presente estudio, se observa que cada una de las localidades presenta características propias que las diferencian, creando las variaciones observadas en la densidad poblacional de *T. roseus*. De acuerdo con los datos poblacionales obtenidos se encontraron diferencias significativas entre la densidad registrada en la localidad de Estacahuite con Dos Hermanas e Isla Cacaluta; sin embargo, Dos Hermanas e Isla Cacaluta no presentaron diferencias significativas. Posiblemente esta similitud se deba a la cercanía de estas dos localidades (~ 3 km de separación), lo cual indica que no existe tanta variabilidad en cuanto a los parámetros oceanográficos y atmosféricos a diferencia de Estacahuite (~ 40 km de distancia), donde se registró la mayor densidad poblacional de *T. roseus*.

Un factor determinante que puede intervenir en los cambios de la densidad poblacional de *T. roseus* en las localidades de estudio es el aporte de agua dulce a la comunidad por la precipitación pluvial y particularmente la escorrentía asociada a la cantidad de lluvia. Se ha comprobado que la presencia de lluvias tiene repercusiones en la cantidad de sedimento que alcanza la comunidad arrecifal principalmente en la Isla Cacaluta, debido al aporte de grandes cantidades de material terrígeno por escurrimientos de los ríos Copalita y Coyula, que causan una disminución en la penetración de la luz en la columna de agua y también provocan el aumento de la tasa de sedimentación de materia orgánica, que se deposita sobre las poblaciones de organismos bentónicos en época de lluvias (Granja-Fernández & López-Pérez, 2008).

Varios autores coinciden que las densidades altas de *T. roseus* y *T. pileolus* en ciertos periodos pueden deberse a factores tales como la abundancia de alimento (James, 1998, 2000; Fjukmoen, 2006; Eklöf et al., 2009), comportamiento de agregación para el desove y protección contra la depredación (James, 2000;

Foster, 2001; Verling et al., 2002; Fjukmoen, 2006; Eklöf et al., 2009), particularmente para Estacahuite las densidades de *T. roseus* fueron las más altas y más fluctuantes que en las otras dos localidades. Existe una relación estrecha de la densidad poblacional con el tipo de distribución espacial observada en el estudio, indicando que el hecho de que se encuentren altas densidades en una zona, probablemente se deba a que existe un mayor número de organismos agregados y esta relación se ha comprobado en distintas especies que tienen una conducta de agregación (Vadas, Elner, Garwood & Babb, 1986; James, 2000). De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede inferir que la localidad de Estacahuite muestra esta relación, ya que fue donde se registró la densidad poblacional más alta y fue donde en la mayoría de los meses los organismos se encontraron más agregados, además de que la tasa de mortalidad fue más alta con respecto a las otras localidades estudiadas.

Los resultados obtenidos de la mortalidad para Estacahuite y Dos Hermanas resultan coherentes, ya que al encontrarse un mayor número de individuos en Estacahuite y siendo ésta una de las localidades más pequeña comparada con las otras zonas estudiadas; posiblemente se esté excediendo la cantidad de recursos disponibles, ocasionando competencia intra-específica alta, lo cual puede incrementar la susceptibilidad a la depredación debido a la disminución en la disponibilidad de refugio o protección. Por otra parte, en la localidad de Dos Hermanas, la cual posee el arrecife más grande (alrededor de 10 ha) y no se encuentra influenciada por escorrentías importantes de agua dulce, favorece a *T. roseus* en su desarrollo, sobrevivencia y dinámica poblacional, siendo la localidad con baja mortalidad comparada con Estacahuite.

Debido a las diferencias encontradas en las tres localidades de estudio se puede inferir que los factores que podrían determinar la dinámica poblacional de *T. roseus* en Oaxaca son: (1) áreas con mayor extensión en general y (2) el aporte de sedimento por la presencia de ríos en las localidades, ya que Isla Cacaluta

fue la única localidad en la que se evidenció una relación importante con la precipitación pluvial y esta localidad se ve influenciada por los ríos Copalita y Coyula, los cuales producen un importante incremento en la tasa de sedimentación en esta localidad, afectando a la comunidad bentónica en general durante la temporada de lluvias.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio forma parte de la tesis de licenciatura de Q. Y. Abadia-Chanona. El trabajo de campo fue desarrollado por el proyecto “Monitoreo de las poblaciones de *Diadema mexicanum* en las Bahías de Huatulco y comunidades coralinas aledañas a Puerto Ángel” (CUP 21R1001) financiado por la Universidad del Mar.

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó la densidad poblacional, patrón de distribución espacial y mortalidad natural del erizo de mar *Toxopneustes roseus*, así como la relación entre la densidad poblacional y algunas variables ambientales. De octubre 2009 a septiembre 2011 se realizaron muestreos mensuales utilizando transectos de banda en tres localidades de la costa de Oaxaca, México: Estacahuite, Dos Hermanas e Isla Cacaluta. Adicionalmente se registró *in situ* la temperatura, salinidad y pH en cada localidad. Los registros de irradiación y precipitación pluvial se obtuvieron de bases de datos. El patrón de distribución se caracterizó mediante el Índice de Morisita, los modelos de probabilidad de Poisson y Distribución Binomial Negativa. La mortalidad natural se estimó utilizando el método modificado de Berry. Se aplicó un análisis de regresión lineal múltiple paso a paso para evaluar la relación entre la densidad poblacional y las variables ambientales. La densidad promedio (\pm DE) fue 0.12 ± 0.02 ind m^{-2} (Estacahuite), 0.05 ± 0.01 ind m^{-2} (Dos Hermanas) y 0.04 ± 0.01 ind m^{-2} (Isla Cacaluta). El patrón de distribución espacial fue agregado en la mayoría de los meses muestreados en las tres localidades. En Estacahuite la mortalidad natural fue 0.54 y en Dos Hermanas 0.46, para Isla Cacaluta no fue posible calcular la mortalidad natural. De las variables ambientales registradas, la precipitación pluvial mostró una relación directa pero no determinante con la densidad poblacional de *T. roseus* en Isla Cacaluta. Se concluye que los factores que podrían determinar la dinámica poblacional de *T. roseus* son: áreas con mayor extensión en general y el aporte de sedimentos por la presencia de ríos en las localidades, ya que Isla Cacaluta fue la única localidad en

la que se evidenció una relación importante con la precipitación pluvial y esta localidad se ve influenciada por los ríos Copalita y Coyula, los cuales producen un importante incremento en la tasa de sedimentación en esta localidad, afectando a la comunidad bentónica en general durante la temporada de lluvias.

Palabras clave: Parámetros poblacionales, Pacífico sur, Echinodermata, Echinoidea, erizo rosa.

REFERENCIAS

- Alvarado, J. J., Solís-Marín, F. A., & Ahearn, C. G. (2010). Echinoderm (Echinodermata) diversity in the Pacific coast of Central America. *Marine Biodiversity*, 40, 45-56.
- Alvarado, J. J., Ayala, A., Álvarez del Castillo-Cárdenas, P. A., Fernández, C., Aguirre-Rubí, J., Buitrago, F., Reyes-Bonilla, H. (2011). Coral communities of San Juan del Sur, Pacific Nicaragua. *Bulletin of Marine Science*, 87, 129-146.
- Alvarado, J. J., Guzman, H. M., & Breedy, O. (2012). Distribution and diversity of echinoderms (Asteroidea, Echinoidea, Holothuroidea) in the islands of the Gulf of Chiriqui, Panama. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 47, 13-22.
- Amato, K. R., Emel, S. L., Lindgren, C. A., Sullan, K. M., Wright, P. R., & John, J. G. (2008). Covering behavior of two co-occurring Jamaican sea urchins: differences in the amount of covering and selection of covering material. *Bulletin of Marine Science*, 82(2), 255-261.
- Andrew, N. L. (1991). Changes in habitat structure following mass mortality of sea urchins in Botany Bay, New South Wales. *Australian Journal of Ecology*, 16(3), 353-362.
- Berry, R. J. (1967). *Dynamics of the Tortugas (Florida) pink shrimp population*. (Doctoral dissertation). University Microfilms, Michigan, EUA.
- CARICOMP. (2001). *CARICOMP Methods manual, levels 1 and 2: Manual of methods for mapping and monitoring of physical and biological parameters in the coastal zone of the Caribbean*. Kingston, Jamaica: University of the West Indies Mona.
- Caso, M. E. (1961). *Los Equinodermos de México*. (Tesis de doctorado). Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de México, Ciudad de México, MX.
- Caso, M. E. (1976). El estado actual del estudio de los equinodermos de México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM*, 3, 1-56.
- Caso, M. E. (1978). Los equinoideos del Pacífico Mexicano; 2da. Parte. Ordenes Stiriodonta y Camarodonta. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología UNAM*, 1, 1-224.

- Cohen-Rengifo, M. (2008). *Equinodermos del Santuario de fauna y flora Malpelo, Pacífico Colombiano* (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, COL.
- Díaz-Martínez, J. P. (2010). *Ecología poblacional del erizo de mar Diadema mexicanum A. Agassiz, 1863 (Echinodermata: Echinoidea) en dos comunidades arrecifales de las Bahías de Huatulco, Oaxaca* (Tesis de maestría), Universidad del Mar, Puerto Ángel, MX.
- Dietrich, G., Kalle, K., Krauss, W., & Siedler, G. (1980). *General Oceanography* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Dumont, C. P., Drolet, D., Deschênes, I., & Himmelman, J. H. (2007). Multiple factors explain the covering behavior in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Animal Behaviour*, 73, 979-986.
- Edgar, G. J., Banks, S. J., Fariña, M., & Martínez, C. (2004). Regional biogeography of shallow reef fish and macro-invertebrate communities in Galapagos Archipelago. *Journal of Biology*, 31, 1107-1124.
- Eklöf, J. S., Fröcklin, S., Lindvall, A., Stadlinger, N., Kimathi, A., Uku, J. N., McClanahan, T. R. (2009). How effective are MPAs? Predation control and 'spill-in effects' in seagrass-coral reef lagoons under contrast fishery management. *Marine Ecology Progress Series*, 384, 83-96.
- Fjukmoen, O. (2006). *The shallow-water macro echinoderm fauna of Nha trang Bay (Vietnam): status at the onset of protection of habitats* (Tesis de maestría) Instituto de Biología de Bergen, Bergen, NO.
- Foster, M. S. (2001). Rhodoliths: Between rocks and soft places. *Journal Phycology*, 37, 659-667.
- González-Irusta, J. M., Punzón, A., & Serrano, A. (2012). Environmental and fisheries effects on *Gracilechinus acutus* (Echinodermata: Echinoidea) distribution: is it a suitable bioindicator of trawling disturbance? *ICES Journal of Marine Science*, 69, 1457-1465.
- González-Medina, F. J., Holguín-Quiñones, O. E., & De la Cruz-Agüero, G. (2006). Variación espaciotemporal de algunos macroinvertebrados (Gastropoda, Bivalvia y Echinodermata) de fondos someros del Archipiélago Espíritu Santo, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 32, 33-44.
- Granja-Fernández, M. R. & López-Pérez, R. A. (2008). Sedimentación en comunidades arrecifales de las Bahías de Huatulco, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 56, 1179-1187.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1999). *Análisis Multivariante* (5a ed.). Madrid, España: Prentice Hall.
- Hereu, B., Linares, C., Sala, E., Garrabou, J., Garcia-Rubies, A., Diaz, D., Zabala, H. (2012). Multiple processes regulate long-term population dynamics of sea urchins on Mediterranean rocky reefs. *Plos One*, 7, e36091.
- James, D. W. (1998). *The biology of *Toxopneustes roseus* in rhodolith beds in Baja California Sur, Mexico*. (Master's Theses). San Jose State University, San Jose, California.
- James, D. W. (2000). Diet, movement, and covering behavior of the sea urchin *Toxopneustes roseus* in rhodolith beds in the Gulf of California, México. *Marine Biology*, 137, 913-923.
- Krebs, J. C. (1999). *Ecological Methodology* (2 ed.). Vancouver, U.S.A.: Addison-Wesley Educational Publishers, Inc.
- Lammi, J. (2012). Cálculo de fotoperíodo. Recuperado de http://www.tutiempo.net/silva_larocca/Temas/fotoperiodo.htm
- Lawrence, J. M., & Sonnenholzner, J. I. (2004). Distribution and abundance of asteroids, echinoids and holothuroids in Galápagos. In T. München-Heinzeller & J. Nebelsick (Ed.), *The 11th International Echinoderm Conference held at the University of Munich, Germany* (pp. 239-244). London: Taylor & Francis.
- Leyte-Morales, G. E. (2001). *Estructura de la comunidad de corales y características geomorfológicas de los arrecifes coralinos de las Bahías de Huatulco, Oaxaca, México* (Tesis de maestría). Universidad del Mar, Puerto Ángel, MX.
- López-López, D. A. (2011). *Bioerosión provocada por el erizo *Diadema mexicanum* A. Agassiz, 1863 en localidades de Oaxaca y Guerrero, México* (Tesis de licenciatura) Universidad del Mar, Puerto Ángel, MX.
- Ludwig, J. A., & Reynolds, J. F. (1988). *A primer on methods and computing*. New York: John Wiley.
- Mendenhall, W. & Reinmuth, J. E. (1978). *Estadística para administración y economía*. Wadsworth International Iberoamericana.
- Poole, H. H., & Atkins, W. R. (1929). Photo-electric measurements of submarine illumination throughout the year. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 16, 297-324.
- Ramírez-Ortíz, G. (2010). *Estructura comunitaria comparativa de los erizos de mar (Echinoidea: Regularia) en arrecifes del Pacífico Mexicano* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, MX.
- Ramos-Cruz, S., Sánchez-Meraz, B., Carraco-Ayuso, F., & Cervantes-Hernández, P. (2006). Estimación de la tasa de mortalidad natural de *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes 1900) y *Litopenaeus vanna-mei* (Boone 1931) en la zona costera del Golfo de Tehuantepec, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 41, 221-229.

- Reyes-Bonilla, H., & Leyte-Morales, G. E. (1998). Corals and coral reefs of the Puerto Ángel region, west coast of México. *Revista de Biología Tropical*, 46, 679-681.
- Richner, H., & Milinski, M. (2000). On the functional significance of masking behavior in sea urchin: an experiment with *Paracentrotus lividus*. *Marine Ecology Progress Series*, 205, 307-308.
- Solís-Marín, F. A., Reyes-Bonilla, H., Herrero-Perezrul, M. D., Arizpe-Covarrubias, O., & Laguarda-Figueras, A. (1997). Sistemática y distribución de los equinodermos de la bahía de La Paz. *Ciencias Marinas*, 23, 249-263.
- Tainá de Souza, A., & De Medeiros, P. R. (2007). *Lytechinus variegatus* (Lamarck) (Echinodermata, Toxopneustidae), covering behavior. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 2, 1.
- Vadas, R. L., Elnor, R. W., Garwood, P. E., & Babb, I. G. (1986). Experimental evaluation of aggregation behavior in the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. A reinterpretation. *Marine Biology*, 90, 433-448.
- Verling, E., Crook, A. C., & Barnes, D. K. (2002). Covering behavior in *Paracentrotus lividus*: is light important? *Marine Ecology*, 140, 391-396.
- Walker, J. W. (2007). Effects of fine sediments on settlement and survival of the sea urchin *Evechinus chloroticus* in northeastern New Zealand. *Marine Ecology Progress Series*, 331, 109-118.
- Wing, S. R., Botsford, L. W., Morgan, L. E., Diehl, J. M., & Lundquist, C. J. (2003). Inter-annual variability in larval supply to populations of three invertebrate taxa in the northern California Current. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57, 859-872.
- Zamorano, P., & Leyte-Morales, G. E. (2005). Densidad poblacional de cuatro especies de erizo (Echinodermata: Echinoidea) en el arrecife La Entrega, Oaxaca. *Océánides*, 20, 65-72.
- Zamorano, P., & Leyte-Morales, G. E. (2009). Equinodermos asociados a formaciones arrecifales en Zihuatanejo y Acapulco, Guerrero, México. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 38, 7-28.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall.

