

Distribución y abundancia de *Parastichopus parvimensis* (Holothuroidea) en islas de la costa occidental de Baja California Sur, México, durante el periodo reproductivo

Distribution and abundance of *Parastichopus parvimensis* (Holothuroidea) in islands of the western coast of Baja California South, Mexico, during the reproductive period

María Georgina Gluyas-Millán,¹ Casimiro Quiñónez-Velázquez,²
Luis Vicente González-Ania³ y José R. Turrubiates-Morales¹

¹Centro Regional de Investigación Pesquera-La Paz, INAPESCA-SAGARPA Carretera a Pichilingue km 1 s/n, La Paz, BCS, 23020, México

²Instituto Politécnico Nacional-CICIMAR, Avenida Instituto Politécnico Nacional s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, BCS, 23096. México

³Dirección General de Investigación Pesquera del Pacífico Norte, INAPESCA-SAGARPA, Pitágoras 1320, Col. Santa Cruz Atoyac, México, D.F. 03310. México
e-mail: cquinone@ipn.mx

Gluyas-Millán M. G., C. Quiñónez-Velázquez, L. V. González-Ania y J. R. Turrubiates-Morales. 2013. Distribución y abundancia del pepino de mar *Parastichopus parvimensis* (Holothuroidea) en islas de la costa occidental de Baja California Sur, México, durante el periodo reproductivo. *Hidrobiológica* 23 (1): 9-16.

RESUMEN

Se estudió la distribución y abundancia del pepino de mar *Parastichopus parvimensis*, utilizando datos independientes de la pesca comercial en las islas Natividad (IN), Asunción (IA) y San Roque (ISR) de la costa occidental de Baja California Sur (BCS), México, en marzo y abril de 2009. La densidad se estimó a partir de 345 unidades de muestra de 10 m² (UM) distribuidas al azar entre 2 y 30 m de profundidad. En IN, IA e ISR se encontró una densidad promedio y desviación estándar (*S*) de 1.1 (1.02), 0.82 (1.06) y 0.83 (0.9) org/m², y un peso eviscerado promedio de 158, 176, y 149 g respectivamente. Los cambios en densidad se analizaron con un Modelo Lineal Generalizado (MLG) con estructura de error Gamma, en función de las variables de profundidad y zona, así como del efecto de interacción entre ambas, el cual resultó significativo ($p < 0.01$). El análisis reveló un patrón de densidad creciente con la profundidad en ISR ($p < 0.01$) y no significativo en IN e IA. La variabilidad de la densidad fue alta en todas las profundidades en IN ($S = 10.2$) e IA ($S = 10.6$), mientras que en ISR solamente fue en más de 10 m de profundidad ($S = 9.0$), y mucho menor en aguas someras ($S = 2.7$). La forma en que varió la densidad en cada isla, parece estar modulada por características físicas y biológicas relacionadas al sustrato, ya que el 85% de las unidades de muestreo estuvieron asociadas a sustrato rocoso. Se discuten posibles factores que pueden influir en los cambios de la densidad con la profundidad.

Palabras clave: Costa occidental de Baja California Sur, densidad, distribución, *Parastichopus parvimensis*, pepino de mar.

ABSTRACT

The distribution and abundance of the warty sea cucumber *Parastichopus parvimensis* in the islands Natividad (NI), Asunción (AI) and San Roque (SRI) on the western coast of Baja California Sur (BCS), Mexico, were examined based in independent data from commercial fishing in March and April 2009. The density was estimated from 345 sample units (SU = 10 m²) random selected between 2 and 30 m of depth. In NI, AI and SRI was found an average density and standard deviation (*S*) of 1.1 (1.02), 0.82 (1.06) and 0.83 (0.9) org/m², and an average gutted weight of 158, 176, and 149

g respectively. Changes in density were analyzed using a generalized linear model (GLM) with Gamma error structure, using the variables of depth and zone (islands) as well as the interaction effect, which was significant ($p < 0.01$). The analysis revealed a pattern of increasing density with the depth in SRI ($p < 0.01$) and non-significant in NI and AI. The variability of the density was high at all depths in NI ($S = 10.2$) and AI ($S = 10.6$), while SRI was only in >10 m depth ($S = 9.0$), but much less in water shallow ($S = 2.7$). The way in which the density varies on each island seems to be modulated by physical and biological characteristics related to the substrate, since 85% of the sampling units were associated with rocky substrate. We discuss possible factors that could influence the density changes with depth.

Key words: Distribution, density, *Parastichopus parvimensis*, warty sea cucumber, western coast of Baja California Sur.

INTRODUCCIÓN

El pepino de mar *Parastichopus parvimensis* (Clark, 1913) es un holotúrido detritívoro epibentónico, se alimenta de depósitos, habita zonas subtropicales, y se distribuye desde Monterey, California, EUA, hasta Punta Abreojos, Baja California Sur (BCS), México (CDFG, 2001; Fajardo-León & Turrubiates-Morales, 2009). Vive en una gran variedad de hábitats, desde la zona entre mareas hasta aproximadamente los 40 metros de profundidad (Muscat, 1982; Kalvass, 1992). No obstante, su presencia se ha reportado hasta 70 m de profundidad en trampas langosteras entre Pta. Eugenia y Pta. Abreojos y en isla Natividad, BCS (A. Vega Velázquez-INAPESCA comunicación personal). Su distribución no es homogénea, Yingst (1982) observó en el sur de California que individuos de *P. parvimensis* son más pequeños y más abundantes en sustrato duro que en sustrato blando, y que aquellos que se alimentaban de detritus sobre sustrato rocoso, extraían tres veces más materia orgánica por gramo de sedimento que aquellos que se alimentaban en sustrato blando. Schroeter et al. (2001) señalan que *P. parvimensis* es abundante en arrecifes rocosos e islas, y que esas zonas contribuyen de manera importante a su captura en California. En BCS, *P. parvimensis* se pesca entre 2 y 33 metros de profundidad, desde El Faro del Campito hasta San Hipólito, incluyendo las islas Natividad (IN), San Roque (ISR), y Asunción (IA) (Fig. 1). Su captura en BCS entre 2004 y 2010 fue de 77 a 200 t de peso eviscerado, el 30% se obtuvo de las islas.

El estado de la pesquería de *P. parvimensis* en BCS es óptimo y con potencial (DOF, 2010). Desde el inicio de su pesquería en 2004, se han aplicado medidas de regulación a su captura: una veda de febrero a mayo para proteger al stock reproductor; una cuota de captura por zona de pesca, calculada a partir de una estimación de la población (DOF, 2010); y asignación de zonas de pesca por cooperativa. Esta pesquería es mono-específica y se lleva a cabo por medio de buceo semiautónomo. Poco se conoce de la dinámica poblacional de *P. parvimensis*, observaciones empíricas de los buzos comerciales de BCS, indican “una alta variabilidad en su distribución espacio-temporal, encontrando el recurso tanto en zonas profundas como someras y en sustratos rocosos y arenosos, también se ha señalado que los pepinos migran hacia zonas profundas”. En este trabajo se aborda la distribución y la abundancia de *P. parvimensis* en la franja costera de IN, ISR, e IA

en marzo y abril de 2009, durante el periodo de reproducción. Se eligieron las islas de la costa occidental de BCS, por representar ambientes de elevada productividad, y por tener una contribución relevante en la captura total de la especie. Existen escasos estudios de distribución y abundancia de este holotúrido, Fajardo-León y Turrubiates-Morales (2009) documentan una ampliación del límite de distribución de *P. parvimensis* al sur de Bahía Tortugas, de Pto. Escondido a Punta Abreojos, BCS; densidades de 0.01 a 0.26 org/m²; y una tendencia a disminuir la densidad de norte a sur. En este estudio se documenta la distribución y abundancia de *P. parvimensis* en islas IN, IA, e ISR, bajo la hipótesis de que no existen diferencias significativas en su distribución por pro-

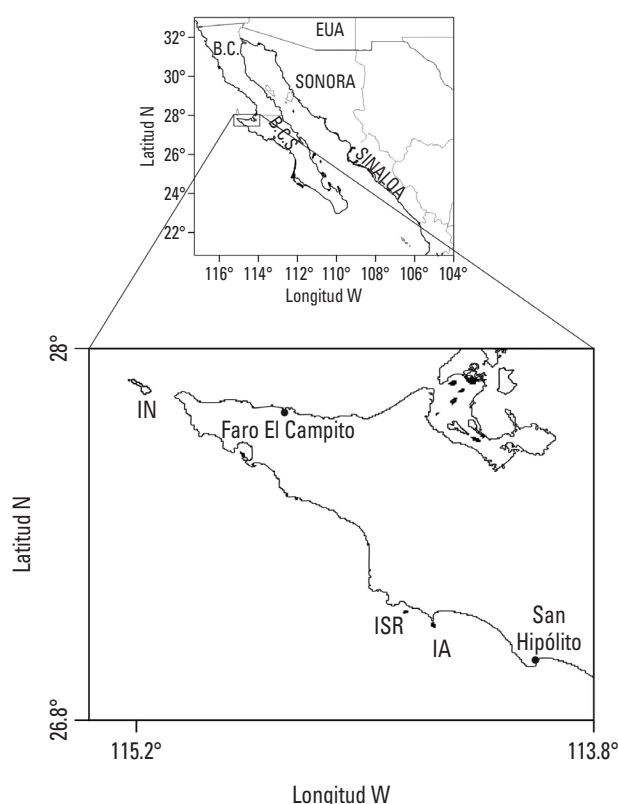


Figura 1. Localización geográfica de la zona de estudio en la costa occidental de Baja California Sur, México. Isla Natividad (IN), Isla San Roque (ISR) e Isla Asunción (IA).

fundidad. Para ello se llevaron a cabo, en cada isla, muestreos independientes de la pesca comercial, de marzo a abril, periodo en que ocurre la reproducción. Este estudio es el primer antecedente que documenta la distribución de *P. parvimensis* en islas de la costa occidental de la península de Baja California.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprendió la franja costera (2 a 30 m de profundidad) de las islas IN, IA e ISR, localizadas en la costa occidental de BCS, México (Fig. 1). No se exploró mayor profundidad debido al riesgo de buceo. Para evaluar la distribución y abundancia del pepino de mar, se hicieron censos directos por medio de buceo semi-autónomo en marzo (ISR e IA) y abril (IA) del 2009, dentro del periodo de veda de febrero a mayo, cuando la población reproductora presenta las gónadas maduras y en desove (Fajardo-León *et al.*, 2008). El muestreo fue parte del trabajo de evaluación del recurso que lleva a cabo el Instituto Nacional de la Pesca. Para realizar el muestreo la franja costera fue fraccionada en bloques de 500 a 800 m de longitud, paralelos a la línea de costa y limitados por la isobata de los 30 m. En cada bloque, se seleccionaron al azar entre 8 y 10 unidades de muestreo (UM) de 10 m². Una UM consistió en una línea de 5 m colocada en el fondo sobre la que se contaron todos los pepinos encontrados hasta un metro de distancia de cada lado. La profundidad fue registrada con una sonda manual, y el tipo de sustrato se clasificó como roca o arena. Más detalles del diseño de muestreo se presentan en Fajardo-León y Turrubiates-Morales (2009). En cada Isla se recolectó al azar una submuestra de hasta 93 organismos para registrar la longitud total (± 1 cm), peso total (± 0.1 g), peso sin vísceras (± 0.1 g), sexo y estadio de madurez gonadal de acuerdo a los criterios documentados en Pérez-Plascencia (1995), Espinoza-Montes (2000) y Fajardo-León *et al.* (2008). La asignación del sexo se hizo usando como criterio la coloración de las gónadas: anaranjado para las hembras, y de blanco a crema para los machos. Considerando que el pepino de mar no posee esqueleto externo rígido, sino bandas musculares longitudinales y un sistema vascular acuífero que le permite contraerse y distenderse fácilmente, y expulsar o retener el agua, lo cual podría afectar los registros de longitud y peso total de los organismos; se utilizó el procedimiento descrito en Laboy-Nieves y Conde (2006) y Fajardo-León *et al.* (2008) para reducir el sesgo en las mediciones. El cual consistió en colocar a cada organismo en una bolsa de plástico con agua de mar, trasladarlos en la embarcación hasta tierra firme. Previo a la medición, cada organismo se dejó drenar por unos minutos y posteriormente se midió su longitud con una cinta flexible, y se pesó en una balanza electrónica.

Para analizar la variación de la densidad de pepinos por profundidad, se utilizó un modelo lineal generalizado (MLG), que permitió modelar la variable de respuesta a partir de una combinación lineal de variables explicativas, a través de una función

de enlace (McCullagh & Nelder 1989). En particular se aplicó un modelo de covarianza con la siguiente forma:

$$\mu = \exp(\eta),$$

donde μ representa la densidad media esperada (variable de respuesta) y η es el predictor lineal:

$$\eta = \beta_0 + \beta_1 Z + \beta_2 P + \beta_3 (Z \times P) + \xi$$

donde: β representa los parámetros a estimar, Z se refiere al efecto directo de los 3 niveles del factor de zona o isla (IA, IN, ISR), P es el efecto directo de la covariable de profundidad en que se realizaron los muestreos, y $Z \times P$ es el efecto de la interacción de primer orden entre zona y profundidad. El tipo de error aleatorio (ξ) se eligió de cuatro estructuras de error diferentes (Gamma, Binomial negativa, Poisson y Normal), con base en el Criterio de Información de Akaike (1974), que permite comparar la verosimilitud de modelos no anidados. Así, el modelo con mayor bondad de ajuste será el que presente una menor discrepancia entre las observaciones y las estimaciones.

Los parámetros del MLG se estimaron por el principio de máxima verosimilitud, mediante procesos iterativos, y se evaluaron por medio de pruebas de hipótesis que se basan en comparaciones de verosimilitudes entre modelos anidados. Mediante el MLG se verificó estadísticamente la significancia de la tendencia (pendiente $\neq 0$) entre la profundidad y la densidad del pepino de mar en cada zona, mediante el procedimiento denominado "Aliasing", el cual es de uso común en los análisis de covarianza. Este consiste en suprimir intencionalmente información de la covariable (profundidad), en un nivel del factor de zona (asignando cero a todas sus observaciones de profundidad), con el propósito de forzar a cero la estimación del parámetro correspondiente en un modelo alternativo y entonces compararlo contra el modelo original, con una prueba ANOVA. En caso de existir una diferencia significativa en la forma en que ambos modelos describen los datos, se acepta la hipótesis alternativa, lo cual implica que la pendiente de la relación difiere de cero, en ese nivel del factor zona (isla) (Crawley, 2004).

RESULTADOS

Se llevaron a cabo 345 UM y se contó un total de 3406 pepinos de mar. La distribución de las UM por zona (Isla), profundidad y densidad, se muestra en la Tabla 1. El 55.7% de las UM se registraron en IN, y 21.7% y 22.6% en ISR e IA. Se encontró a *P. parvimensis* en todo el intervalo de profundidad explorado (2 a 30 m), y el intervalo del promedio de la densidad fue de 11 (± 11.2) a 8.2 (± 10.6) org/10 m² (Tabla 1). El 85% de las UM donde se registraron pepinos de mar, se asociaron con un sustrato rocoso de relieve alto, cubierto por otros invertebrados y organismos incrustados. Aunque en este caso no se hizo una clasificación precisa del hábitat,

Tabla 1. Resumen de la información recabada sobre la distribución del pepino de mar *Parastichopus parvimensis* en tres islas de la costa occidental de BCS, en marzo y abril de 2009. UM = unidad de muestra (10 m²), S = desviación estándar.

| Isla | UM | No. organismos | Profundidad (m) | Promedio de la densidad (org/10 m ²) | S |
|-------|-----|----------------|-----------------|--|------|
| IN | 192 | 2103 | 7-26 | 11.0 | 10.2 |
| IA | 78 | 680 | 4-24 | 8.2 | 10.6 |
| ISR | 75 | 623 | 2-30 | 8.3 | 9.0 |
| Total | 345 | 3406 | | | |

IN = Isla Natividad, IA = Isla Asunción, ISR = Isla San Roque.

se registraron algunos rasgos, como: rocas altas (> 2 m), con canales de grava y arena; roca plana corrida, roca mediana (< 1 m), arena, grava y arena-grava; así como diferentes características de la costa, como: zonas expuestas al oleaje, zonas protegidas de relativa calma, zonas con mesetas cortas (~500 m), cañadas, y zonas con pendiente pronunciada. En todos estos ambientes se registró a *P. parvimensis*.

Las características de los organismos recolectados presentaron los siguientes valores promedio y desviación estándar de longitud, peso eviscerado y proporción de sexos (macho:hembra): 26 ± 4.7 cm, 158.8 ± 41.4 g, 1:1.2 en IN; 22.8 ± 3.8 cm, 176.9 ± 27.2 g, y 1:1.6 en ISR; y 22.2 ± 3.5 cm, 149.4 ± 30.5 g, y 1:1.3 en IA (Tabla 2). Todos los organismos muestreados presentaron los conductos internos llenos de sedimento de diferente grosor. El 60% de los organismos mostraron gónadas maduras. La densidad del pepino de mar en las islas, sin considerar la profundidad, varió entre 0 y 55 org/10 m², con el valor promedio máximo registrado en IN (11 org/10 m²), y 8.3 y 8.2 org/10 m² en ISR y IA respectivamente (Fig. 2).

En la Tabla 3 se resume la comparación del MLG con diferente estructura de error, y el valor del Criterio de Información de Akaike (1974). Estos resultados muestran que el modelo con una estructura de error tipo Gamma presentó la mejor bondad de ajuste para describir la densidad del pepino de mar (AIC = 966). La Tabla 4 muestra los resultados del análisis de densidad mediante el MLG seleccionado. No se encontró diferencia significativa de densidad media entre las islas ($p > 0.05$). En cambio, el efecto directo de la covariable de profundidad resultó significativo ($p < 0.01$), al igual que el término de interacción entre zona y profundidad ($p < 0.01$), lo cual significa que la forma o tendencia (pendiente) de la relación entre la profundidad y la densidad, varía entre las islas.

En este aspecto, las pruebas de hipótesis efectuadas mediante la puesta a cero del coeficiente de profundidad en cada isla ("Aliasing"), mostraron en ISR una correlación significativamente distinta de cero ($F = 31.45$; $p = 4.24 \times 10^{-8}$) en la variación de la densidad por profundidad, lo que indica una tendencia positiva, puesto que a mayor profundidad aumenta la densidad media (Fig. 3). En ISR se observó una baja densidad a menor profundidad, la

Tabla 2. Características biológicas de *P. parvimensis* por isla en la costa occidental de BCS, México, en marzo y abril 2009. L = longitud; PE = peso eviscerado; PT = peso total; S = desviación estándar; *máx* = valor máximo; *mín* = valor mínimo, *n* = número de organismos.

| Isla | L promedio (cm) | s | máx | mín | n |
|------|-----------------|-------|-------|-------|----|
| IN | 26.0 | 4.7 | 38 | 14 | 93 |
| IA | 22.8 | 3.8 | 31 | 19 | 8 |
| ISR | 22.2 | 3.5 | 28 | 14 | 21 |
| | PE promedio (g) | s | máx | mín | n |
| IN | 158.8 | 41.4 | 252.0 | 54.0 | 93 |
| IA | 176.9 | 27.2 | 213.9 | 133.4 | 8 |
| ISR | 149.4 | 30.5 | 215.8 | 100.5 | 21 |
| | PT promedio (g) | s | máx | mín | n |
| IN | 380.5 | 134.5 | 673.0 | 125.0 | 35 |
| IA | 322.6 | 60.3 | 450.7 | 249.3 | 8 |
| ISR | 310.6 | 86.9 | 564.8 | 169.1 | 21 |

IN = Isla Natividad, IA = Isla Asunción, ISR = Isla San Roque.

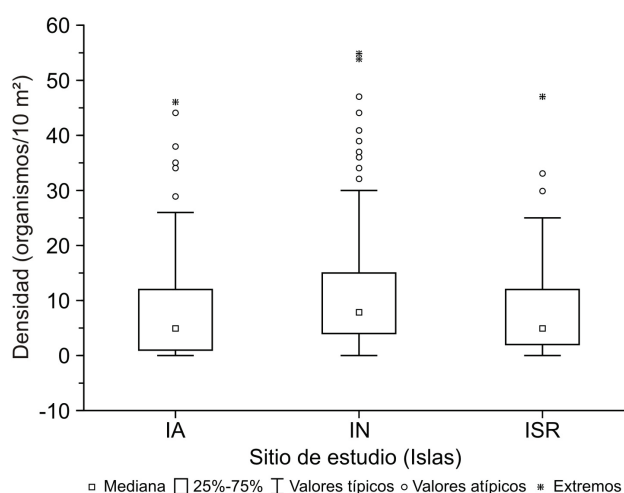


Figura 2. Distribución de densidad de *P. parvimensis* en IA, IN e ISR, BCS, México, en marzo y abril de 2009.

cual tendió a incrementarse lentamente hasta los 11 m de profundidad; a partir de 13 m la densidad tendió a aumentar marcadamente y su variación fue mayor que en las profundidades menores. En cambio, para la densidad de *P. parvimensis* en IA e IN, se encontró solamente una leve tendencia positiva en función de la profundidad, pero sin una evidencia estadística suficiente de ser significativa, tanto en IA ($F = 3.76$; $p = 0.05$), como en IN ($F = 2.68$; $p = 0.10$).

La densidad registrada a 26 y 29 m de profundidad en ISR y a 20 m de profundidad en IA (Fig. 3), corresponden a observaciones únicas en cada profundidad, por lo cual se deben tomar con reserva.

DISCUSIÓN

La presencia de *P. parvimensis* en la costa occidental de BCS es común, especialmente en las islas estudiadas. Es la única especie de pepino de mar que se captura comercialmente en BCS. El periodo de estudio (marzo-abril) corresponde a la distribución de la especie en su etapa de madurez e inicio del desove, de acuerdo a lo reportado por Espinoza Montes (2000) y Fajardo León *et al.* (2008). Esto se confirmó con los resultados de este trabajo, dado que se encontró más del 50% de los pepinos de mar con gónadas maduras en las tres islas, lo cual también alude una condición reproductiva similar en las distintas poblaciones. El promedio de peso eviscerado en las tres islas, de 149 a 177 g, fue mayor al peso de referencia de primera madurez ($PE_{50\%} = 140$ g) reportado para IN por Fajardo León *et al.* (2008) y similar en Pta. San Pablo-Isla Asunción (156 g) reportado por Fajardo León y Turrubiates Morales (2009).

Una variación gradual positiva de la densidad con la profundidad (Fig. 2-3), fue más notable en ISR, que en IA e IN, donde no hubo evidencia clara de tal tendencia. En general los datos indicaron un incremento sostenido de la densidad de 11 a 20 m de profundidad, y a mayores profundidades la densidad pareció estabilizarse. No obstante, a más de 20 m de profundidad se observaron variaciones importantes, lo cual puede explicarse como una posible representación insuficiente del muestreo. La variación de la densidad con relación a la profundidad podría estar asociada con algún tipo de sustrato duro, ya que el 85% de *P. parvimensis* se registró en roca (sin especificar de qué tipo). Esta aparente preferencia podría deberse en parte al tipo de locomoción utilizado por los holotúridos en general, como sería el recurrir al pie ambulacral para desplazarse (Pawson, 1966). Un sustrato duro también provee mayor agarre para evitar ser desprendidos del sustrato y ser acarreados por fuertes corrientes (Woodby *et al.*, 2000). Al respecto Muscat (1982) señala que las densidades de *P. parvimensis* se incrementan en sustratos duros. La mayoría del sustrato rocoso observado en el área de estudio, fue de relieve alto y estaba cubierto por otros invertebrados y organismos incrustados, eso constituye un tipo de hábitat que probablemente provea camuflaje y protección a los pepinos de mar. Otro factor que podría influir en la distribución, es el contenido de materia orgánica en el sedimento sobre el sustrato duro, toda vez que *P. parvimensis* es un detritívoro epibentónico que se alimenta de depósitos de sedimento particulado de la superficie del sustrato rocoso (Yingst, 1982). La condición reproductiva de madurez y desove de los organismos durante el periodo de estudio, pudo influir en promover agregación, hecho que ha sido observado para *Holothuria grisea* Selenka, 1867 en Brasil (Mendes *et al.*, 2006). Para conocer si eso ocurre en *P. parvimensis*, se requieren datos de su distribución durante al menos un ciclo anual.

La densidad encontrada en ISR, IA e IN (de 0.82 a 1.1 org/m²) fue mayor a la reportada por Salgado-Rogel *et al.* (2009) en las principales zonas de pesca de Baja California (0.17 a 0.67 org/m²). Los mismos autores reportan para Sta. Rosalita, BC, un sitio con baja presión de pesca, 0.82 org/m², similar a la densidad promedio de ISR. En Channel Islands, California, donde se pesca a *P. parvimensis*, se reportan densidades que variaron ampliamente (0.1 a 2.0 org/m²) en el periodo 1982-1992, cuando todavía no existía regulación de la pesca de este holotúrido; de 1992 a 1999, se implementaron medidas de regulación y el intervalo de densidad

Tabla 3. Bondad de ajuste del Modelo Lineal Generalizado con diferente estructura de error utilizando el criterio de información de Akaike (AIC).

| Estructura de error (ξ) | Función de enlace [$g(\mu)$] | Grados de libertad | AIC |
|-------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------|
| Gamma | Logarítmica | 7 | 966.0 |
| Binomial negativa | Logarítmica | 7 | 1039.0 |
| Poisson | Logarítmica | 7 | 1748.0 |
| Normal (Gaussiana) | Identidad | 7 | 2557.2 |

Tabla 4. Resultados del análisis de la densidad estimada con el Modelo Lineal Generalizado.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Deviance | Grados de libertad | Deviance residuales | Valor de F | Probabilidad |
|---------------------------|--------------------|----------|--------------------|---------------------|--------------|--------------|
| Modelo nulo | | | 344 | 364.85 | | |
| Zona (isla) | 2 | 6.73 | 342 | 358.11 | 2.96 | 0.053 |
| Profundidad | 1 | 31.26 | 341 | 326.85 | 27.48 | 2.80e-007 |
| Zona \times Profundidad | 2 | 11.83 | 339 | 315.02 | 5.20 | 0.006 |

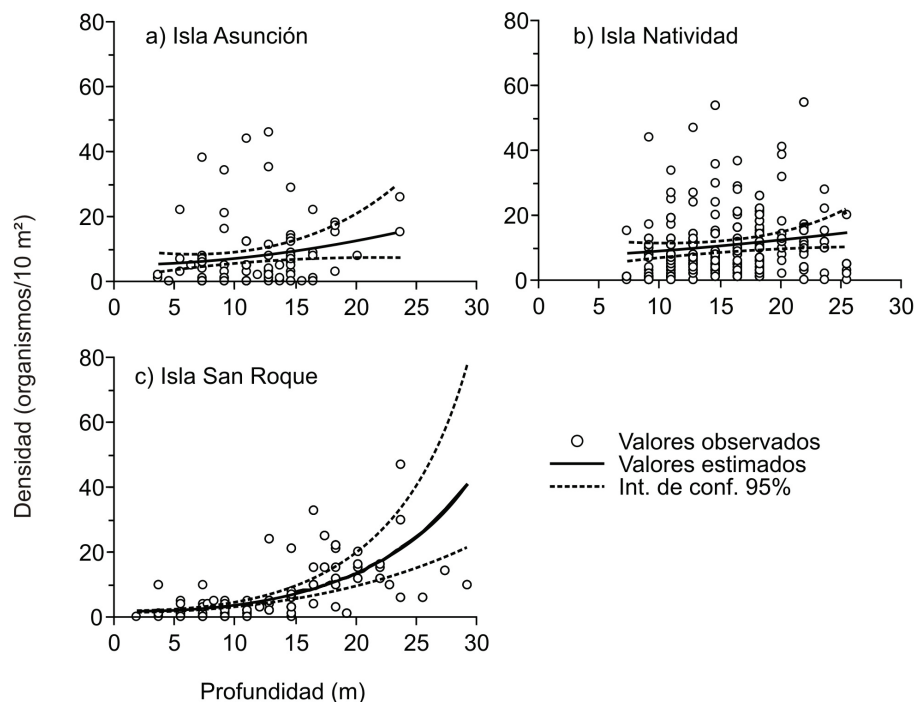


Figura 3a-c. Valores observados y predicciones del Modelo Lineal Generalizado (MLG) utilizando una estructura de error Gamma para la densidad media de *P. parvimensis* en Isla Asunción (a), Isla Natividad (b) e Isla San Roque (c), en marzo y abril de 2009.

disminuyó ($0.2\text{--}0.6 \text{ org/m}^2$), como consecuencia de un incremento en la presión de pesca (Schroeter *et al.*, 2001), y/o debido a que el tiempo todavía era insuficiente para detectar una recuperación de la población. Mientras que en zonas de no-pesca de Channel Islands, el promedio de la densidad de 1982 a 1999 fue $>0.7 \text{ org/m}^2$ (Schroeter *et al.*, 2001), similar a la densidad encontrada en las islas de BCS. Este contraste de indicadores de abundancia entre islas, sugiere que el estado de las poblaciones de *P. parvimensis* en BCS, es saludable, y que el régimen de pesca implementado desde 2004 ha sido efectivo. Del mismo modo, se destaca que los ambientes insulares y “bajos” o arrecifes rocosos tienen una productividad importante de *P. parvimensis*. Un indicador es que Channel Islands, con cerca de 25 km de línea de costa, que equivale aproximadamente a 5% de la línea de costa de la zona de distribución de la especie en California, contribuyen con dos tercios de la captura de *P. parvimensis* de ese estado (Schroeter *et al.*, 2001). Mientras que las IN, IA e ISR, con cerca de 12 km de línea de costa, equivalente a cerca de 6% del total de su zona de pesca en BCS, aportan el 30% de la captura total del holotúrido en ese estado.

Entre los rasgos oceanográficos que promueven una elevada productividad de la especie, está la trayectoria de la corriente de California a lo largo de la costa occidental de EUA y de la península de Baja California (Barocio-León *et al.*, 2007). Dado que las islas y arrecifes rocosos representan un obstáculo en esa

trayectoria, se induce la formación de remolinos y surgencias (independientes del viento) que llevan agua fría enriquecida a la superficie (Owen, 1980). Las zonas de la plataforma que rodean a las islas y a los arrecifes rocosos, pueden ser sitios importantes de acumulación en términos de depósitos de materia orgánica, de manera que al actuar las surgencias, enriquecen la zona costera alejando permitiendo el desarrollo de una diversa comunidad de invertebrados. No obstante, la intensidad de los movimientos del agua puede influir negativamente en el asentamiento de las larvas y en la distribución de la población reproductora (Moore, 1975). Se ha documentado que corrientes de marea $\geq 4 \text{ km/h}$ pueden limitar el desplazamiento y distribución de *Parastichopus californicus* (Stimpson, 1857) (Silva *et al.*, 1986). Una fisiografía altamente irregular del fondo marino como: cuevas, grietas, y hendiduras donde los organismos puedan encontrar refugio, así como materia orgánica con un alto valor nutricional, también podría considerarse para entender la distribución de las especies de holotúridos (Roberts, 1979; Sloan & von Bodungen, 1980; Yingst, 1976; Amond & Herndl, 1991). Por lo anterior es evidente que no es un solo factor el que determina la distribución del pepino de mar, sino que puede ser una combinación de factores tanto físicos como biológicos los que influyen en la dinámica temporal y espacial de *P. parvimensis*, y eso determina la forma en que varía la densidad en las islas. Para comprender mejor la dinámica espacio temporal de este holotúrido, será necesario disponer de información al menos durante un ciclo anual sobre su distribución

en la zona costera; utilizar una clasificación más precisa del tipo de sustrato; y explorar su grado de asociación con la densidad y la profundidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Ramón Ayala Murillo, Agustín del Valle Manríquez de la Estación de Bahía Tortugas-INAPESCA-SAGARPA por su apoyo en los monitoreos y colecta de muestras. A la SCPP "Buzos y Pescadores de la Baja California" de la isla Natividad, BCS, a la SCPP "California de San Ignacio", y a sus técnicos Antonio Espinoza Montes y Rigoberto Luna Murillo por el apoyo logístico y su colaboración. A Armando Hernández López por la edición a las figuras. También extendemos nuestro agradecimiento a tres revisores anónimos por su revisión crítica y comentarios al manuscrito. CQV es miembro de COFAA y de EDI del IPN.

BIBLIOGRAFÍA

- AKAIKE, H. 1974. A new look at statistical model identification. *IEEE Transactions on Automatic Control* AU-19: 716-722.
- AMOND, R. M. & G. J. HERNDL. 1991. Deposit feeding and sediment; I, Inter-relationship between *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea:Echinodermata) and the sediment microbial community. *Marine Ecology* 12: 163-174.
- BAROCIO-LEÓN, O. A., R. MILLÁN-NÚÑEZ, E. SANTAMARÍA-DEL-ÁNGEL & A. GONZÁLEZ-SILVERA. 2007. Productividad primaria del fitoplancton en la zona eufótica del Sistema de la Corriente de California estimada mediante imágenes del CZCS. *Ciencias Marinas* 33 (1): 59-72.
- CDFG (CALIFORNIA DEPARTMENT OF FISH AND GAME). 2001. Sea cucumber report. In: Leet, W., C. Deewis, R. Klingbeil & E. Larson (Eds.). *California's living marine resources: A status report*. California Department of Fish and Game, pp. 131-134.
- Crawley, M. J. 2004. *Statistical Computing. An Introduction to Data Analysis using S-Plus*. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex. 761 p.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2010. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. *Diario Oficial de la Federación*. México, 2 de diciembre 2010.
- ESPINOZA-MONTES A. 2000. Ciclo reproductivo del pepino de mar *Parastichopus parvimensis* (H. L. Clark, 1913) (Echinodermata:Holothuroidea) en isla Natividad, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco. México. 60 p.
- FAJARDO-LEÓN, M. C., M. C. L. SUÁREZ-HIGUERA, A. DEL VALLE-MANRÍQUEZ & A. HERNÁNDEZ-LÓPEZ. 2008. Reproductive biology of the sea cucumber *Parastichopus parvimensis* (Echinodermata:Holothuroidea) at Isla Natividad and Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas* 34 (2): 165-177.
- FAJARDO-LEÓN, M. C. & J. R. TURRUBIATES-MORALES. 2009. Distribución y densidad de *Parastichopus parvimensis* de Puerto Escondido a Punta Abreojos en la costa noroeste de Baja California Sur, México. *Ciencia Pesquera* 17 (2): 13-20.
- KALVASS, P. E. 1992. Sea cucumbers. In: Leet, W. S., C. M. Dewees & C. W. Haugen (Eds.). *California's living marine resources and their utilization*. California Sea Grant Extension Publication UCSGEP 92-12, Davis, Calif., pp. 44-45.
- LABOY-NIEVES, E. N., & E. CONDE. 2006. A new approach for measuring *Holothuria mexicana* and *Isostichopus badiotus* for stock assessments. *SPC Bêche-de-mer Information Bulletin* 24: 39-44.
- MCCULLAGH, P. & J. A. NELDER. 1989. *Generalized Linear Models*, 2nd edition. Chapman and Hall, London. 511 p.
- MENDES, F. M, A. W. MARENZ, & M. D. DOMENICO. 2006. Population patterns and seasonal observations on density and distribution of *Holothuria grisea* (Holothuroidea:Aspidochirotrida) on the Santa Catarina Coast, Brazil. *SPC. Bêche de mer Information Bulletin* 23, February. pp. 5-10.
- MOORE, P. G. 1975. The role of habitat selection in determining the local distribution of animals in the sea. *Marine Behavior Physiology* 3: 97-100.
- MUSCAT, A. M. 1982. Aspects of the biology of the sea cucumber, *Parastichopus parvimensis*: a developing commercial fishery (R-RD-14). The Planning and Management of California's Coastal Resources. USC Sea Grant Institutional Program 1981-82, Trainee Report, University of Southern California, USA. pp. 25-27.
- OWEN, R. W. 1980. Eddies of the California Current system. Physical and ecological characteristic. In: D. M. Power (Ed.). *The California Islands. Proceedings of a Multidisciplinary Symposium*, Santa Barbara Museum of Natural History. Santa Barbara California, USA. pp. 237-263.
- PAWSON, D. L. 1966. The ecology of Holothurians. In: Booloootian, R. A. (Ed.). *Physiology of Echinodermata*. Interscience Publishers, John Wiley, New York. pp. 63-71.
- PÉREZ-PLASCENCIA, G. 1995. Crecimiento y reproducción del pepino de mar *Parastichopus parvimensis* en la Bahía de Todos Santos, Baja California, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas-UABC, Ensenada, BC, México, 67 p.
- ROBERTS, D. 1979. Deposit-feeding mechanisms and resource partitioning in tropical holothurians. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 37:43-56.
- SALGADO-ROGEL, M. L., J. S. PALLEIRO-NAYAR, J. L. RIVERA-ULLOA, D. AGUILAR-MONTERO, E. VÁZQUEZ-SOLÓRZANO, & M. C. JIMÉNEZ-QUIROZ. 2009. La pesquería y propuesta de manejo de pepino de mar en Baja California, México. *Ciencia Pesquera* 17 (1): 17-26.
- SCHROETER, S. C., D. C. REED, D. J. KUSHNER, J. A. ESTES, & D. S. ONO. 2001. The use of marine reserves in evaluating the dive fishery for the warty sea cucumber (*Parastichopus parvimensis*) in California, USA. *Canadian Journal Aquatic Science* 58: 1773-1781.
- SILVA, J. D., J. L. CAMERON, & P. V. FANKBONER. 1986. Movements and orientations patterns in the commercial sea cucumber *Parastichopus*

- californicus* (Stimpson) (Holothuroidea: Aspidochirotida). *Marine Behavior and Physiology* 12: 133-147.
- SLOAN, N. A., & B. VON BODUNGEN. 1980. Distribution and feeding of the sea cucumber *Isostichopus badionotus* in relation to shelter and sediment criteria of the Bermuda Platform. *Marine Ecology Progress Series* 2: 257-264.
- YINGST, J. Y. 1976. The utilization of organic matter in shallow marine sediments by an epibenthic deposit-feeding holothurian. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 23: 56-69.
- YINGST, J. Y. 1982. Factors influencing rates of sediment ingestion by *Parastichopus parvimensis* (Clark), an epibenthic deposit-feeding holothurian. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 14: 119-134.
- WOODB, D., S. SMILEY, & R. LARSON. 2000. Depth and habitat distribution of *Parastichopus californicus* near Sitka, Alaska. *Alaska Fishery Research Bulletin* 7: 22-32 p.
- Recibido:* 23 de septiembre 2011.
- Aceptado:* 27 de agosto del 2012.