Revista Mexicana de Biodiversidad

Revista Mexicana de Biodiversidad 94 (2023): e944862

Manejo y aprovechamiento

Patrones de distribución de la langostilla (*Pleuroncodes planipes*) en la costa occidental de la península de Baja California, México

*Patterns of distribution of the pelagic red crab (*Pleuroncodes planipes*) on the western coast of the Baja California Peninsula, Mexico*

Juan Roberto F. Vallarta-Zárate [a, b, *], Mario Vásquez-Ortiz [a], Jorge Payán-Alejo [c, d] y R. Isaac Rojas-González [a]

[a] *Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura, Dirección de Investigación Pesquera en el Atlántico, Av. México, Núm. 190 Col. Del Carmen, 04100 Ciudad de México, México*

[b] *Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México*

[c] *Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura, Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera Mazatlán, Calzada Sábalo-Cerritos s/n, Contiguo Estero El Yugo, 82112 Mazatlán, Sinaloa, México*

[d] *Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ciencias del Mar, Paseo Claussen s/n, 82000 Mazatlán, Sinaloa, México*

*Autor para correspondencia: roberto.vallarta@inapesca.gob.mx (J.R.F. Vallarta-Zárate)

Recibido: 23 noviembre 2021; aceptado: 20 septiembre 2022

Resumen

La langostilla *Pleuroncodes planipes* se desplaza en la costa oeste de la península de Baja California y el golfo de California. Se analizó el patrón de distribución de la fase pelágica de la langostilla en función de las variables ambientales durante 2 cruceros de investigación pesquera realizados durante la primavera-verano de 2019. En ambas investigaciones se capturó langostilla en 50 lances de pesca con una red de media agua. La biomasa de langostilla se estimó por el método de área de barrido. La temperatura y la concentración superficial de la clorofila-*a* fueron las variables ambientales con mayor influencia para explicar su patrón de distribución. Se analizó la distribución geográfica de las capturas a través de índices espaciales para encontrar patrones y agregaciones de alta densidad, destacando un posible centro de gravedad en el golfo Ulloa, el cual podría ser un posible sitio de crianza, desde donde la especie se distribuye hacia el norte del océano Pacífico mexicano.

Palabras clave: Pacífico mexicano; Índices espaciales; Aprovechamiento sustentable

ISSN versión electrónica: 2007-8706; Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (4.0) https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2023.94.4862

Abstract

The pelagic red crab *Pleuroncodes planipes* is distributed in the eastern Pacific Ocean along the west coast of Baja California Peninsula and the Gulf of California. The distribution pattern of the pelagic phase of red crab was analyzed in function of environmental conditions during 2 fishery research surveys carried out during spring-summer 2019. During both cruises the red crab was collected from a total of 50 midwater trawl net trawls. The biomass of the red crab was estimated using the swept area method. The sea surface temperature and chlorophyll-*a* concentration were the most influential variables to explain its distribution patterns. The distribution of catches was analyzed through spatial index to find pattern and high-density aggregations, highlighting a possible gravity center at the Gulf of Ulloa, which could be a possible nursery area, from where the species desplaces towards north of the Mexican Pacific Ocean.

Keywords: Mexican Pacific; Spatial indices; Sustainable use

Introducción

La langostilla (*Pleuroncodes planipes* Stimpson, 1860) es un crustáceo decápodo de la familia Galatheidae que habita desde la costa de California hasta América Central (Boyd, 1962; Pineda et al., 2016). En México la mayor abundancia de la langostilla se encuentra en la costa occidental de la península de Baja California (Aurioles-Gamboa y Balart, 1995; De Anda-Montañez et al., 2016). Esta región es influenciada por la corriente de California, que fluye oceánicamente hacia el ecuador con aguas frías, baja salinidad y alta concentración de oxígeno disuelto (Hickey, 1979; Lynn y Simpson, 1987). *Pleuroncodes planipes* puede encontrarse en temperaturas entre 9 y 27 °C, pero los registros más frecuentes y con mayores densidades ocurren entre 13 y 16 °C (Aurioles-Gamboa, 1992; Boyd, 1962; Longhurst et al., 1967). Las variaciones ambientales estacionales y los eventos de El Niño y la Niña modifican la distribución y abundancia de la langostilla en la región (De Anda-Montañez et al., 2016). Las condiciones anómalas cálidas persistentes observadas durante 2014-2016 en la región este del Pacífico (Cavole et al., 2016; Cimino et al., 2021) en combinación con el evento de El Niño 2015-2016 favorecieron el transporte hacia el norte de las langostillas cerca de Monterey, California, como ha sido observado en eventos de El Niño previos (Glynn, 1961; Lluch-Belda et al., 2003), e incluso hubo registros en Agate Beach, Oregón en respuesta a las variaciones en la temperatura del mar (Choy et al., 2019; Sandford et al., 2019). Cuando se presenta el evento El Niño y anomalías de temperatura por otros eventos, la langostilla es más propensa al estrés oxidativo (Martínez-Canto et al., 2013).

Este crustáceo habita en ambientes pelágico y bentónico dependiendo de la etapa del ciclo de vida. En el ambiente bentónico, se encuentran sobre la plataforma y talud continental, y son tolerantes a condiciones hipóxicas (Boyd, 1962; Seibel et al., 2018). La langostilla es frecuente y abundante en áreas de surgencias costeras forzadas por vientos, ya que son áreas productivas y pueden alimentarse de fitoplancton y zooplancton transportado por la corriente. Las larvas zoea y galathea de la especie también están asociadas a estos fenómenos oceanográficos originados cerca de la costa (Gómez-Gutiérrez y Sánchez-Ortiz, 1995; Robinson y Gómez-Aguirre, 2004). Estos crustáceos son omnívoros; gran parte de su dieta está basada en fitoplancton, pero también se alimentan de protistas y zooplancton, además de materia orgánica particulada (MOP), variando su aporte dependiendo del estadio de desarrollo (Aurioles-Gamboa y Pérez-Flores, 1997; Longhurst et al., 1967). Las langostillas forman parte de la dieta de diferentes especies como de atunes, tiburones, aves marinas, lobos marinos, calamares, merluzas entre otros, siendo un eslabón fundamental entre los productores primarios, secundarios y sus depredadores (Alvariño, 1976; Balart y Castro-Aguirre, 1995; Bazzino et al., 2010). La langostilla es abundante en la costa occidental de la península de Baja California y es considerada como un recurso con potencial pesquero (Aurioles-Gamboa et al., 1995; Balart, 1996; Díaz-Uribe, 2006; Lluch-Cota et al., 2006). Esta especie ha sido considerada para consumo humano directo, en la farmacéutica, elaboración de alimentos en la acuacultura y aves de corral, entre otros (Aurioles-Gamboa et al., 1995; Carrillo-Domínguez et al., 1995; Civera et al., 2000; Goytortúa-Bores et al., 2006; Spinelli et al., 1978). Hernández-Llamas et al. (2006), realizaron una evaluación económica y de riesgo en caso de abrir una nueva pesquería enfocado a este recurso, encontrado 84% de confianza de generar utilidades. Aurioles-Gamboa et al. (1995) recomendaron una captura máxima de 40,000 toneladas métricas anuales, aunque dicha captura fue estimada hace más de 25 años por lo que resulta necesario realizar estimaciones recientes que muestren el estado actual de la población. Las estimaciones de biomasa de *P. planipes* realizadas por Aurioles-Gamboa

y Balart (1995) informan de 460,217 toneladas para el periodo invierno-primavera y de 275,711 toneladas para verano-otoño/año para la costa occidental de la península en el golfo de Ulloa y bahía Sebastián Vizcaíno. De Anda-Montañez et al. (2016) estimaron una biomasa de 436,804 toneladas con un rendimiento de 2,014 kg/h de arrastre en la costa de la península de Baja California (bahía Sebastián Vizcaíno-Todos Santos). Sin embargo, en ambos casos las estimaciones de biomasa fueron dirigidas a la fracción de la langostilla bentónica.

La mayoría de los estudios previos están enfocados en la fracción bentónica de la población de langostilla que habita en áreas de la plataforma continental del golfo de Ulloa y bahía Vizcaíno; en el presente estudio se revisan evidencias actuales de los patrones de comportamiento de la fracción pelágica de la langostilla (Gómez-Gutiérrez y Sánchez-Ortiz 1997; Longurst, 1967), la cual ocupa condiciones ambientales particulares en la columna de agua del Pacífico norte mexicano. Se propone la hipótesis que el golfo de Ulloa es la región con mayor densidad de la especie (centro de distribución) en la costa occidental de la península de Baja California.

Materiales y métodos

El área de estudio corresponde a la costa occidental de la península de Baja California, México (fig. 1). En esta región se realizaron 2 cruceros de prospección pesquera en el buque de investigación Dr. Jorge Carranza Fraser, el cual posee una eslora total de 59.7 m y manga de 13 m. El primer crucero (clave JCFINP1906) se llevó a cabo en la costa occidental de Baja California entre el 18 de junio y el 13 de julio de 2019 (en adelante denominado región Baja California), en la cual se realizaron 34 lances de pesca, se recorrieron 26 transectos perpendiculares a la costa separados cada 28 km y hasta una distancia costa-océano máxima de 282 km (Vallarta-Zárate, Martínez-Magaña et al., 2019). El segundo crucero (clave JCFINP1907) se llevó a cabo entre el 26 de julio y el 20 de agosto de 2019 en la costa occidental de Baja California Sur (en adelante región de Baja California Sur). En esta campaña se realizaron 38 lances de pesca, recorriendo 23 transectos perpendiculares a la costa con la misma separación que el crucero anterior y una longitud variada de hasta 413 km costa-océano (Vallarta-Zárate, Huidobro-Campos et al., 2019).

Los lances de pesca se realizaron mediante previa visualización de detecciones en ecogramas registrados durante las 24 h del día con un ecosonda científica Simrad EK60 equipada con 5 transductores de haz dividido (18, 38, 70, 120 y 200 kHz) y calibrado, siguiendo los procedimientos recomendados por Foote (1987) y Demer et al. (2015).

Los muestreos biológicos (lances de pesca) se realizaron con la finalidad de identificar a los organismos observados en los ecogramas, mediante arrastres de media agua (columna de agua) con una red especializada modelo NMWT 25/25 diseñada por Net-System. Los lances se realizaron en dirección perpendicular a la costa, duración promedio de 45 minutos y velocidad promedio de 6.5 km h^{-1} (3.5 nudos).

Una vez capturadas las langostillas, se pesó la captura total del lance (incluyendo todos los grupos biológicos capturados), posteriormente se realizó el muestreo biológico en el cual se tomaron diferentes parámetros como la longitud total (mm) mediante un vernier digital y se determinó el sexo de los ejemplares mediante el criterio del segundo artejo abdominal (McLaughlin, 1980).

Durante los cruceros fueron realizados 100 lances de CTD 302+ para la medición de temperatura y salinidad, con sensores periféricos de pH y polarográfico de oxígeno disuelto marca Idronaut. También equipado con fluorímetro WET Labs modelo FLNTURTD. Adicionalmente, se obtuvo la concentración de la clorofila-*a* superficial satelital mediante la base de datos de OceanColor de la NASA (NASA Goddard Space, 2021, https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/). Esta información se utilizó para el análisis de la distribución de la langostilla con el ambiente durante el periodo de estudio.

La biomasa de langostilla se determinó mediante el método de área barrida, calculando primero el área del sector que la red cubrió durante cada lance mediante el siguiente procedimiento: a = t * v * b, donde "a" es el área barrida (km^2), "t" es el tiempo efectivo de arrastre (expresado en horas y minutos, h), "v" es la velocidad durante el lance (km/h) y "b" corresponde a las mediciones correspondientes de la abertura horizontal (abertura de las alas) de la red en metros, los cuales fueron obtenidos a través de la operación de sensores acústicos colocados en el equipo de pesca durante cada lance.

Posteriormente se calculó la biomasa por unidad de área según la razón: $B_i = C_i / a_i$, donde B es la biomasa de langostilla por unidad de área (kg/km^2) en el lance i, C es la biomasa de langostilla capturada en el lance i y a corresponde al área barrida definida en la ecuación previa (Sparre y Venema, 1997). La captura por unidad de esfuerzo (CPUE expresada en kg/h) fue calculada mediante el cociente de la captura total del lance (kg) entre el tiempo efectivo de arrastre (h) (Sparre y Venema, 1997).

Se realizó un modelo aditivo generalizado (MAG) para analizar la relación de la distribución de la langostilla con las variables ambientales (Hastie y Tibshirani, 1990). El modelo fue implementado mediante la paquetería mgcv (Wood, 2011), la cual está incorporada en la plataforma R (R Core Team, 2020).

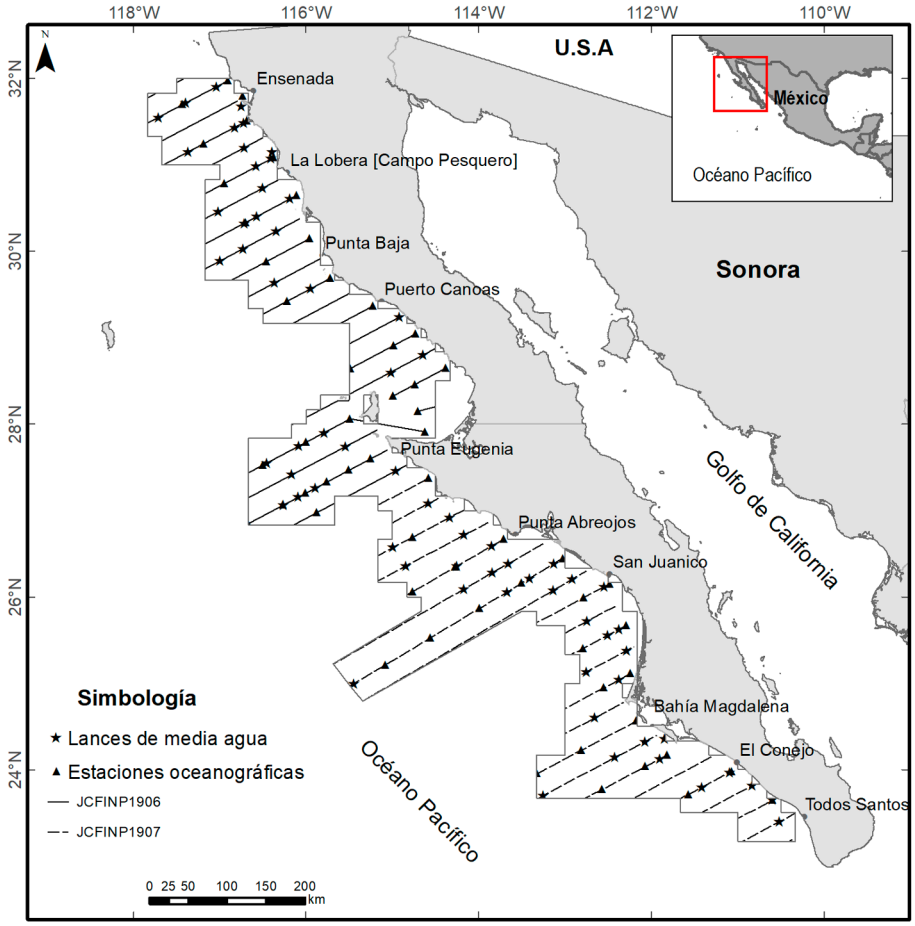

Figura 1. Área de estudio, estaciones oceanográficas, transectos por crucero y localización de los lances de pesca durante la primavera-verano de 2019.

Índices espaciales

Son estadísticos que permitieron describir y resumir los patrones espaciales de langostilla mediante los datos de las capturas obtenidas durante la investigación. Estos índices caracterizan la localización (centro de gravedad y agregaciones espaciales), la ocupación del espacio (inercia, anisotropía e isotropía) y la microestructura de la población (Petitgas et al., 2017; Woillez et al., 2007, 2009). El centro de gravedad es la ubicación geográfica media se obtiene calculando el promedio de las coordenadas latitud y longitud considerando el peso de un atributo (captura kg). El índice se estima como:

$$CG = \frac{\sum_{i=1}^{N} x_i s_i z_i}{\sum_{i}^{N} s_i z_i}$$

donde z_i corresponde a los valores de abundancia capturada de langostilla de la muestra, x_i la ubicación geográfica (longitud y latitud) expresada en grados decimales y s_i área de estudio muestreada. La inercia es la dispersión de la población alrededor de su centro de gravedad (varianza geográfica) y se calcula de la siguiente manera.

$$I = \frac{\sum_{i=1}^{N} (X_i - CG)^2 s_i z_i}{\sum_{i}^{N} s_i z_i}$$

donde CG es el centro de gravedad en millas náuticas cuadradas, X_i es la ubicación geográfica (grados decimales), z_i valores de abundancia capturada de langostilla y s_i área de estudio. La anisotropía muestra la dirección preferencial de la distribución geografía de la población (Woillez et al.,

2009). Por otro lado, la isotropía se presenta cuando la distribución espacial de la población ocurre en todas las direcciones. El valor de estos parámetros oscila entre 0 y 1 y se calculan como (Woillez et al., 2007, 2009):

$$Anisotropía = \sqrt{\frac{I_{max}}{I_{min}}} \quad ; \quad Isotropía = \sqrt{\frac{I_{min}}{I_{max}}}$$

donde I_{max} corresponde al valor del eje que se direcciona en el sentido de la dispersión máxima (valor máximo de la inercia) mientras que I_{min} al eje en el sentido de la dispersión mínima (mínima inercia). Estos 2 ejes se cruzan de manera ortogonal en el centro de gravedad. El índice de microestructura representa la disminución relativa del covariograma entre la distancia 0 y una distancia h_0 (distancia media entre las muestras). El valor cercano a 0 indica una estructura regular mientras que el cercano a 1 a una irregular (Woillez et al., 2007, 2009).

$$MI = \frac{(g0 - g(h_0))}{g(0)}$$

Los índices espaciales se obtuvieron con el paquete RGeostats (MINES ParisTech / ARMINES, 2020) en el programa R (R Core Team, 2020).

Resultados

Se realizaron 72 lances de pesca de media agua y se capturó *P. planipes* en 50 de estos lances (69.4%, tabla 1). La distribución de la captura de la especie se mantuvo de homogénea lo largo del área de estudio, pero se identificaron 3 sitios con considerable mayor abundancia de langostillas con profundidades entre 25 y 50 m (fig. 2). La distribución de norte a sur de los lances de mayor abundancia fue al sur de la bahía de Ensenada, norte del golfo de Ulloa y frente al complejo lagunar de bahía Magdalena (fig. 3).

Frente a Baja California se capturaron 642 kg de *P. planipes* en 29 lances, las mayores capturas en la cercanía al puerto de Santo Tomás (327 kg/lance), al sur de Puerto Canoas (86 kg/lance) y al noroeste de La Lobera (58 kg/lance). Los lances se efectuaron entre una distancia mínima y máxima a la costa de 5 y 144 km. La biomasa estimada de esta región por el método de área barrida fue de 6,174 kg/km^2 (error estándar 20 kg/km^2) y una CPUE de 871 kg/h (error estándar 15.3) (fig. 3). Mientras que en la costa de Baja California Sur se capturaron 1,305 kg en 21 lances, con las mayores capturas frente al complejo lagunar de bahía Magdalena-Almejas (840 kg/lance), al suroeste de El Dátil (218 kg/lance), al suroeste de San Juanico (126 kg/lance) y al suroeste de Punta Prieta (101 kg/lance).

Los lances se efectuaron a una distancia costa-océano mínima de 6 y máxima de 306 km (fig. 3). La biomasa promedio estimada de esta región por el método de área barrida fue de 11,122 kg/km^2 (error estándar 394) y una CPUE de 1,675 kg/h (error estándar 49).

La ubicación geográfica media de los lances se resume con su centro de gravedad (tabla 2). La inercia de la población indicó una dispersión espacial de 133,195 km^2 alrededor del centro de gravedad (fig. 3) abarcando 3 lances con capturas de 126, 101 y 218 kg por lance. La isotropía fue baja, lo que indica una distribución con dirección noroeste-sureste relativamente paralela a la costa. El índice de microestructura se estimó utilizando la separación media entre los lances que fue de 39 km, por lo que este índice fue 0.80 demostrando irregularidad espacial en la captura de *P. planipes*. Se identificaron 6 agregaciones-enjambres espaciales a una distancia umbral de 180 km como máximo. El principal enjambre de *P. planipes* se presentó frente a bahía Magdalena, el segundo al sur de Ensenada, mientras que el tercero se localizó cerca de Punta Abreojos (fig. 3).

La mayor concentración superficial de clorofila-*a* (> 0.5 mg/m^3) se registró cerca de la costa, aunque en Punta Eugenia se extendió una pluma hacia mar adentro. Desde la zona norte hasta las inmediaciones de Punta Eugenia se observaron condiciones frías (< 20 °C) mientras que en el sur se observaron características cálidas (> 20 °C) (fig. 4). La salinidad también muestra esta tendencia, en la zona norte es baja en tanto que a partir de Punta Eugenia y hacia el sur la salinidad fue un poco más alta. Las mayores concentraciones de oxígeno disuelto se observaron en la parte norte y los valores más bajos en el sur del área de estudio. La transición de estas 3 últimas variables ocurrió en las inmediaciones de Punta Eugenia (fig. 4). La biomasa de langostilla estuvo asociada a zonas de altas concentraciones superficiales de clorofila-*a* y se presentó distribuida en la zona de estudio asociada a diferentes condiciones de temperatura, oxígeno y salinidad (fig. 4).

El 72% de los lances con capturas abundantes de *P. planipes* se presentaron a < 100 m de profundidad del fondo marino (fig. 2). La temperatura en la profundidad de captura de langostilla osciló entre 9.35 °C (350 m) y 24.54 °C (14 m). Las concentraciones de clorofila-*a* a la profundidad de captura de langostilla fluctuaron entre 0.02 µg/L (170 m) y 10.97 µg/L (25 m). Aunque durante el día se observaron

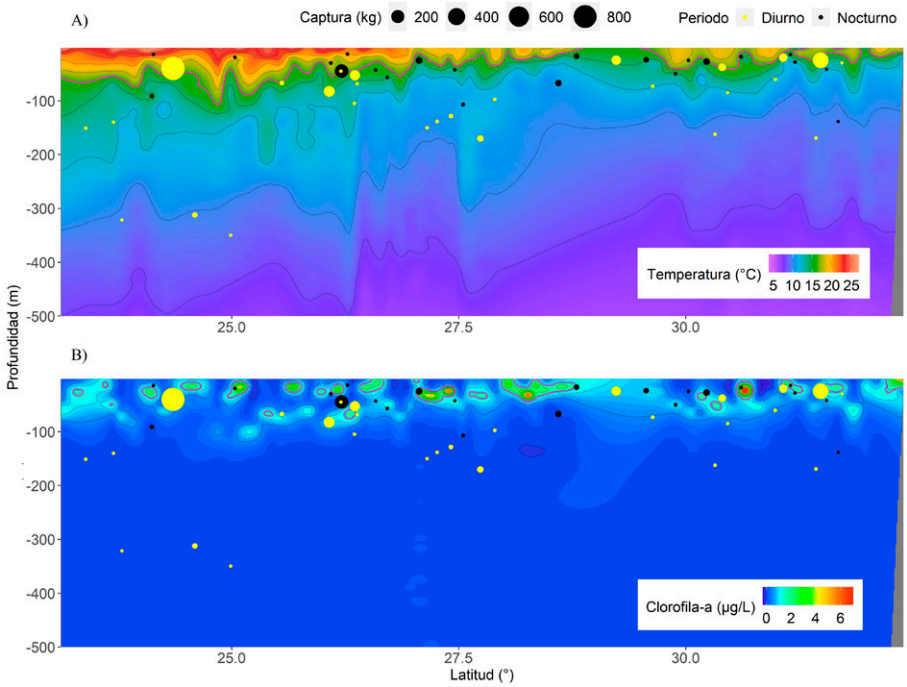

Figura 2. A) Sección vertical latitudinal de la temperatura y biomasa (kg) por lances de captura de langostilla (*P. planipes*) (círculos) y hora del día (diurno y nocturno). La línea magenta representa la isoterma de 16 °C identificado en el modelo aditivo generalizado (MAG). Las líneas negras suaves están separadas cada 2 °C. B) Sección vertical latitudinal de la clorofila-a y biomasa (kg) por lances de captura de langostilla (círculos) y hora del día (diurno y nocturno). La línea magenta representa la isolínea de concentración 1.4 µg/L que fue encontrado en el MAG. Las líneas negras suaves están separadas cada 0.5 µg/L.

mayores volúmenes de biomasa en la superficie marina (< 50 m), también se observaron densas agregaciones en aguas más profundas, asociadas a concentraciones bajas de clorofila-*a* (< 1 µg/L) y temperaturas < 10 °C. Durante la noche las agregaciones de langostilla se encontraron asociadas a la superficie marina con temperaturas > 15 °C. Las mayores biomasas se observaron en sitios con altas concentraciones de clorofila-*a*, las cuales fueron superiores a 5 µg/L (fig. 2A, B).

En la costa occidental de Baja California las capturas de *P. planipes* ocurrieron a temperaturas entre 9.51 °C (162.6 m) y 19.28 °C (25 m) de acuerdo al registro del CTD, con un promedio de 12.96 °C (error estándar 0.5°C). La concentración de clorofila-*a* fluctuó entre 0.02 µg/L (128.50 m) y 3.99 µg/L (18 m) con un promedio de 0.67 µg/L (error estándar 0.16) en el estado de Baja California. En la costa occidental de Baja California Sur, la temperatura de los lances con langostilla fluctuaron entre 9.35 °C (350 m) y 24.54 °C (14 m), con un promedio de 14.59 °C (error estándar 0.76 °C). La concentración de clorofila-*a* osciló entre 0.02 µg/L (151 m) y 10.97 µg/L (25 m) con una media de 1.08 µg/L (error estándar 0.53 µg/L) (tabla 3).

El MAG se implementó utilizando la información de biomasa de la langostilla y variables ambientales obtenidas en el estrato de la columna de agua con el CTD e imágenes satelitales, mostrando una bondad de ajuste aceptable (fig. 5). El modelo mostró que las condiciones más favorables ocurren a temperaturas < 16 °C y clorofila-*a* hasta un máximo de 1.4 mg/L inferidas en la distribución y abundancia de langostilla pelágica en la costa occidental de Baja California (fig. 6).

Discusión

Aunque la langostilla pelágica (*P. planipes*) está presente en la mayor parte de la costa de la península, sus mayores capturas se obtuvieron en los extremos norte y sur de la península, coincidiendo con abundancia evaluadas previamente con redes de arrastre de fondo (De Anda-Montañez et al., 2016). Aurioles-Gamboa y Balart (1995) y De Anda-Montañez et al. (2016) encontraron que

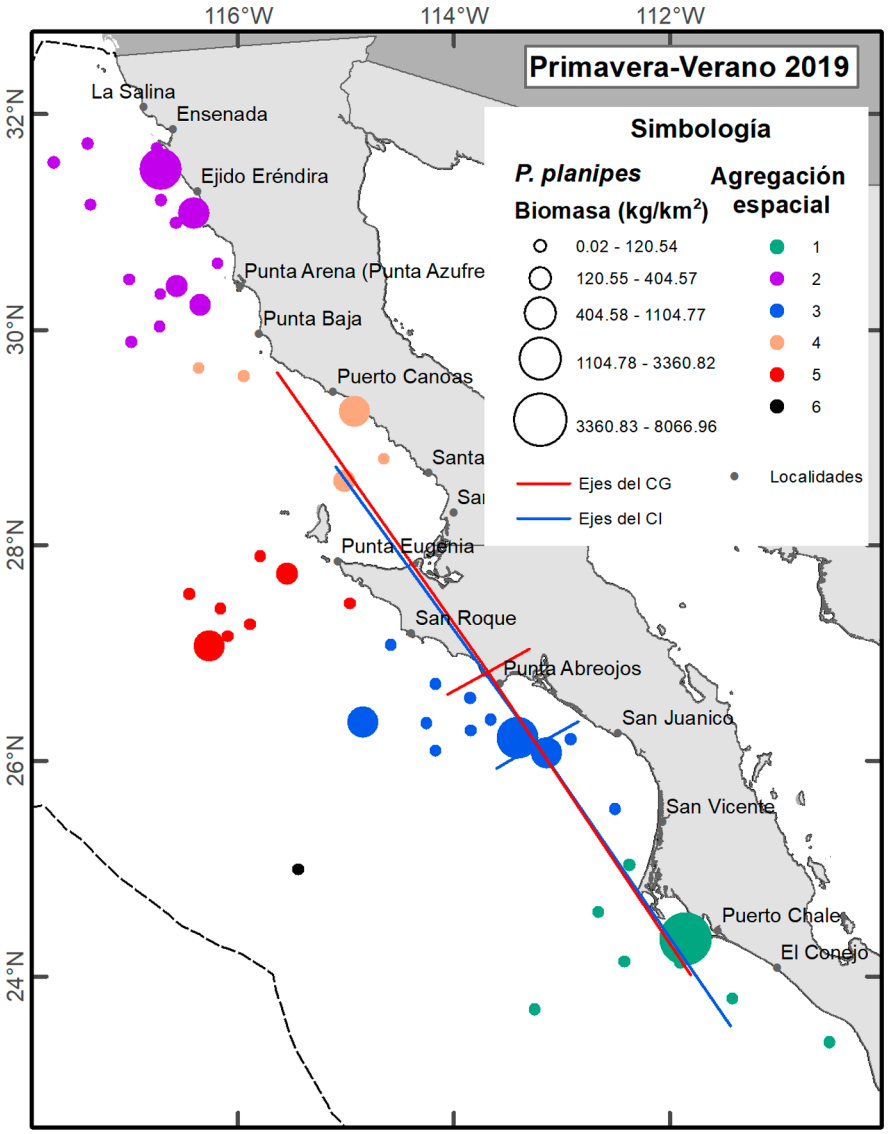

Figura 3. Análisis geoespacial de la biomasa de langostilla (*P. planipes*) calculada por el método de área barrida en la costa occidental de la península de Baja California, México. Centro de gravedad (CG) e inercia (CI), sus ejes y las agregaciones espaciales encontradas a partir de los lances de pesca.

las mayores biomasas estimadas estaban en la bahía de Sebastián Vizcaíno, golfo de Ulloa y en las inmediaciones de la bahía Magdalena. De Anda-Montañez et al. (2016) también mencionaron que la zona menos abundante fue alrededor de Punta Eugenia. Esto último difiere a lo que se encontró en el presente estudio, ya que se identificó una zona de alta abundancia frente a Punta Eugenia, pero tal diferencia puede ser atribuible a la época del año en que se realizaron los cruceros. Además, se identificaron otros sitios de altas abundancias de langostilla en Baja California (al sur de Ensenada y cerca de la localidad Puerto Canoas en bahía Vizcaíno) y en Baja California Sur (en las inmediaciones de la bahía Magdalena y el golfo de Ulloa). Las regiones donde se presentaron las mayores capturas de langostilla y en donde los arrastres de media agua obtuvieron altas densidades poblacionales, corresponden a zonas de surgencias forzadas por vientos de alta productividad biológica (Hernández-Rivas et al., 2000; Lluch-Belda, 2000; Morales-Zárate et al., 2000). La alta productividad de dichas zonas se puede observar en la

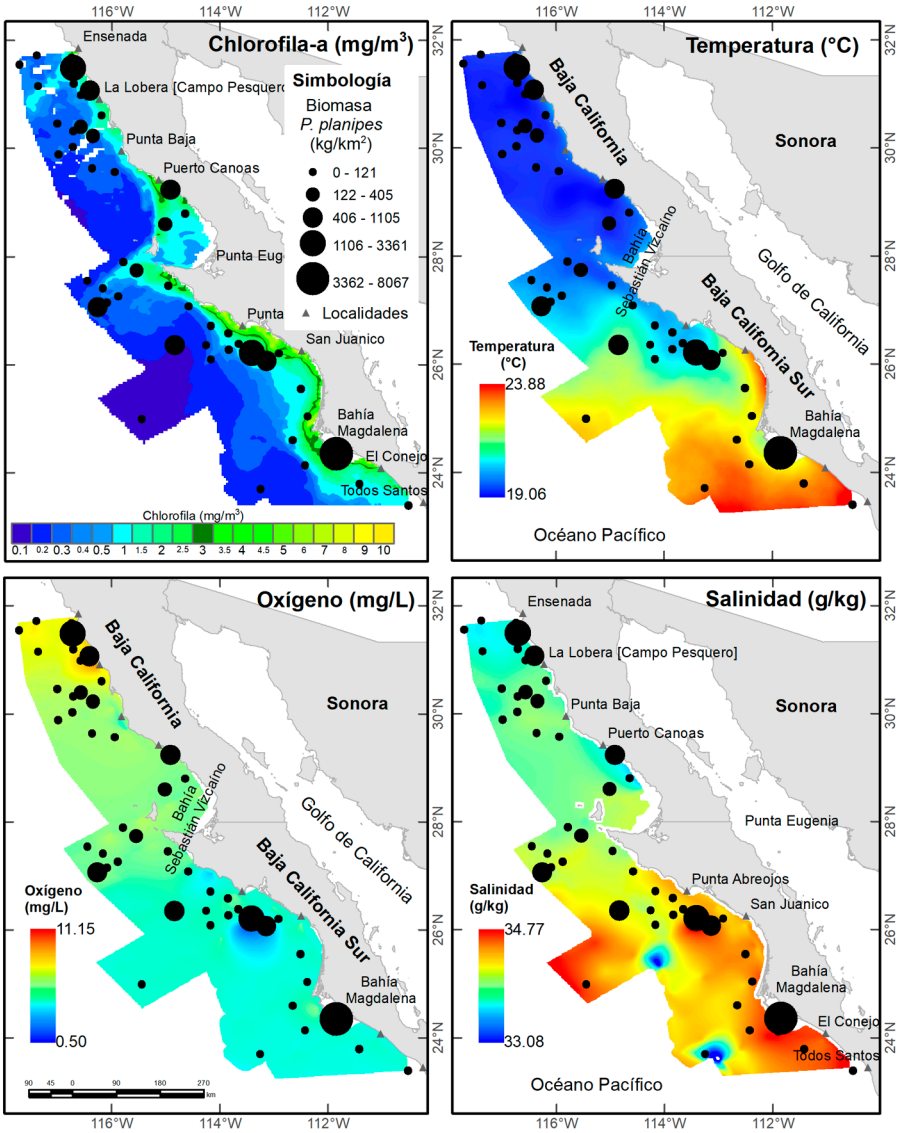

Figura 4. Distribución espacial de la captura por unidad de esfuerzo (kg/km^2) de langostilla (*P. planipes*) en función de las variables ambientales.

imagen de concentración superficial de clorofila-*a*, donde destacó una pluma que se extiende hacia mar abierto en Punta Eugenia (fig. 4).

El modelo indica que la variable principal que explica la alta densidad de langostillas pelágicas es la temperatura, cuando *P. planipes* se encuentra en su intervalo preferente de temperatura, la concentración de clorofila-*a* también muestra su intervalo óptimo a esa misma temperatura, por lo que mejora el desempeño del modelo con una mayor varianza explicada. Cimino et al. (2021) analizaron la presencia/ausencia de *P. planipes* en la costa oeste de Norteamérica (California) sugiriendo que el índice de agua de origen sur, incrementa la varianza explicada en su modelo propuesto.

Las mayores concentraciones superficiales de clorofila-*a* coincidieron con los lances de mayores capturas de *P. planipes*, posiblemente debido a que el fitoplancton o zooplancton se acumulan en sitios con alta concentración de clorofila-*a*, que representarán una disponibilidad de alimento para *P. planipes*. La langostilla se alimenta en la etapa de vida epipelágica y al inicio de la fase adulta de fitoplancton y zooplancton (Aurioles-

Tabla 1

Información de los lances de captura de langostilla (*P. planipes*) realizados con red de media agua durante la primavera-verano de 2019 en la costa occidental de Baja California (BC) y Baja California Sur (BCS), México.

Zona	Tiempo efectivo	Área barrida	Captura total (kg)	Biomasa (kg/km2)	CPUE (kg/h)
BC	45	0.1	0.02	0.17	0.02
BC	45	0.11	0.02	0.14	0.02
BC	45	0.12	0.11	0.94	0.15
BC	45	0.1	327.38	3,360.82	436.51
BC	32	0.09	0.42	4.76	0.79
BC	46	0.08	0.14	1.83	0.18
BC	45	0.1	0.19	1.8	0.25
BC	45	0.09	58	663.8	77.33
BC	41	0.09	0.24	2.66	0.34
BC	45	0.12	0.12	1.02	0.16
BC	45	0.08	0.78	9.69	1.04
BC	46	0.11	43.84	404.57	57.19
BC	41	0.11	0.27	2.5	0.4
BC	45	0.11	0.72	6.85	0.96
BC	45	0.13	0.11	0.86	0.15
BC	45	0.09	25.32	289.51	33.76
BC	45	0.11	1	8.73	1.33
BC	40	0.1	10.38	106.68	15.57
BC	45	0.09	86	916.66	114.67
BC	45	0.11	21.88	191.48	29.17
BC	44	0.1	12	120.54	16.36
BC	46	0.12	0.27	2.33	0.35
BC	45	0.08	0.97	11.95	1.29
BC	46	0.13	3.76	29.03	4.9
BC	45	0.13	20.79	156.96	27.72
BC	46	0.13	0.38	2.85	0.5
BC	45	0.14	0.06	0.44	0.09
BC	45	0.04	27	659.6	36
BC	45	0.11	0.05	0.41	0.06
BCS	45	0.07	0.13	1.72	0.17
BCS	45	0.1	101	975.78	134.67
BCS	41	0.11	0.36	3.13	0.52
BCS	46	0.11	0.1	0.89	0.13
BCS	45	0.1	0.22	2.16	0.29
BCS	45	0.1	0.77	7.62	1.03
BCS	45	0.09	0.28	3.13	0.37

Tabla 1. Continúa

Zona	Tiempo efectivo	Área barrida	Captura total (kg)	Biomasa (kg/km2)	CPUE (kg/h)
BCS	46	0.12	0.32	2.73	0.42
BCS	45	0.09	218	2,363.72	290.67
BCS	61	0.17	0.03	0.2	0.03
BCS	45	0.11	125.76	1,104.77	167.67
BCS	45	0.15	0.06	0.39	0.08
BCS	45	0.11	3.99	36.06	5.32
BCS	56	0.11	0.05	0.4	0.05
BCS	45	0.13	10.86	84.72	14.48
BCS	60	0.17	0.1	0.59	0.1
BCS	45	0.09	0.11	1.15	0.14
BCS	50	0.1	839.5	8,066.96	1,007.4
BCS	47	0.13	3.3	25.63	4.21
BCS	45	0.13	0	0.02	0
BCS	35	0.16	0.27	1.69	0.46

Tabla 2

Indicadores espaciales de los lances realizados con red de media agua efectuados durante la primavera-verano de 2019 en la costa occidental de Baja California (BC) y Baja California Sur (BCS), México.

Indicador	Resultado
Centro de gravedad	26.82° N, -113.68° O
Inercia	133,195 km^2
Anisotropía	2.76
Isotropía	0.13
Número de núcleos espaciales	6
Índice de microestructura	0.8

Gamboa y Pérez-Flores, 1997; Longhurst et al., 1967). *Pleuroncodes planipes* es capaz de realizar migraciones verticales en su etapa juvenil y adulta temprana (< 2 años y 15 mm de longitud cefalotórax) debido a que aún mantiene su capacidad natatoria (Boyd, 1967, Robinson y Gómez-Gutiérrez, 1998), hasta que finalmente se asienta en el fondo marino, probablemente debido a que su caparazón es demasiado pesado para su capacidad natatoria y mantenerse en la columna de agua. Gómez-Gutiérrez et al. (2000) y Robinson et al. (2004) encontraron un efecto potencializado en sitios de surgencias activas y alta

Tabla 3

Resumen de los valores ambientales obtenidos en las estaciones cercanas en distancia y profundidad a los sitios de captura de langostilla (*P. planipes*) capturados con red de media agua durante la primavera-verano de 2019 en la costa occidental de Baja California (BC) y Baja California Sur (BCS), México.

	CopBC		BC		BCS		
	Temp °C	chla µg/L	Temp °C	chla µg/L	Temp °C	chla µg/L	Biomasa
Mín	9.35	0.02	9.51	0.02	9.35	0.02	0.02
Máx	24.54	10.97	19.28	3.99	24.54	10.97	8,066.96
Promedio	13.65	0.86	12.96	0.67	14.59	1.08	392.86
Mediana	13.28	0.27	12.49	0.27	13.88	0.27	3.12

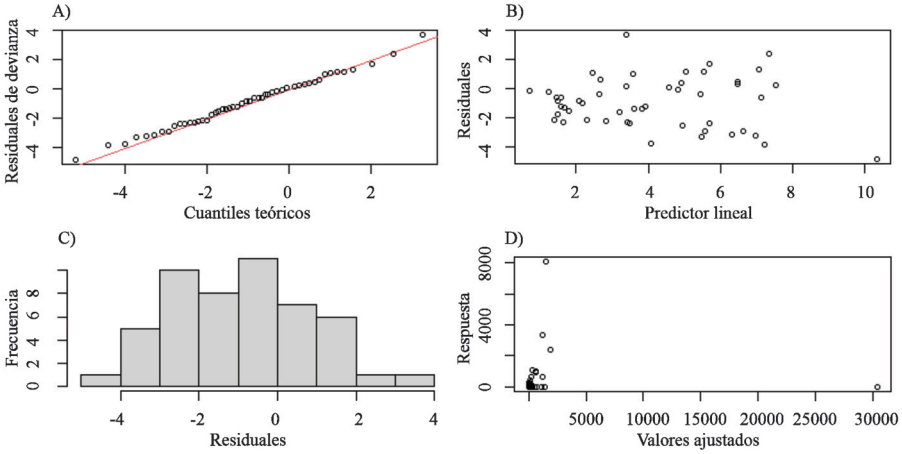

Figura 5. Gráficos de residuales del modelo aditivo generalizado (MAG) para la distribución de langostilla (*P. planipes*) y factores ambientales. A) Cuantiles teóricos de bondad de ajuste; B) gráfico de dispersión de residuales de residuales y el predictor lineal; C) histograma de residuales; D) gráfico de dispersión de respuesta y valores ajustados del modelo.

concentración de clorofila-*a* que favorecen a mantener altas densidades poblacionales de *P. planipes*.

Punta Eugenia generalmente es la zona donde confluyen las aguas cálidas (> 14.4°C) y saladas (> 33.7 UPS) de origen ecuatorial y las aguas frías (< 14°C) y poco saladas (33.6 UPS) de origen subártico, lo que origina una estructura frontal o de transición (Jerónimo y Gómez-Valdés, 2006). En esta zona durante los cruceros de primavera-verano de 2019 se observó un pronunciado gradiente en la temperatura y salinidad, lo que podría explicar la formación de la pluma de clorofila-*a* que se expande hacia mar abierto y la presencia de langostilla pelágica formando un núcleo de alta densidad distante de la costa. Esto ocurre porque durante su etapa de vida pelágica, incluyendo las larvas zoeas y galathea, derivan con las corrientes a zonas alejadas de la costa (Gómez-Gutiérrez y Sánchez-Ortiz, 1997; Longhurst et al., 1967) y realizan migraciones verticales en la columna de agua (Robinson y Gómez-Aguirre, 2004). De esta misma forma, se explica la presencia de *P. planipes* de hasta 160 km de la costa frente a Ensenada y San Quintín, como fue también reportada previamente para *P. planipes* (Díaz-Uribe, 2006). La presencia de *P. planipes* en su etapa pelágica pudiera estar asociada a estructuras oceanográficas frontales que originan plumas de altas concentraciones de clorofila-*a* que se alejan varios kilómetros hacia mar abierto.

En el presente estudio los arrastres fueron de media agua y la mayoría de los lances (50%) ocurrieron entre temperaturas de 9.4 y 18 °C. Sin embargo, la especie también es bentónica y realiza migraciones verticales diarias durante la noche (Gómez-Gutiérrez y Sánchez-Ortiz, 1997; Robinson y Gómez-Gutiérrez, 1998), por

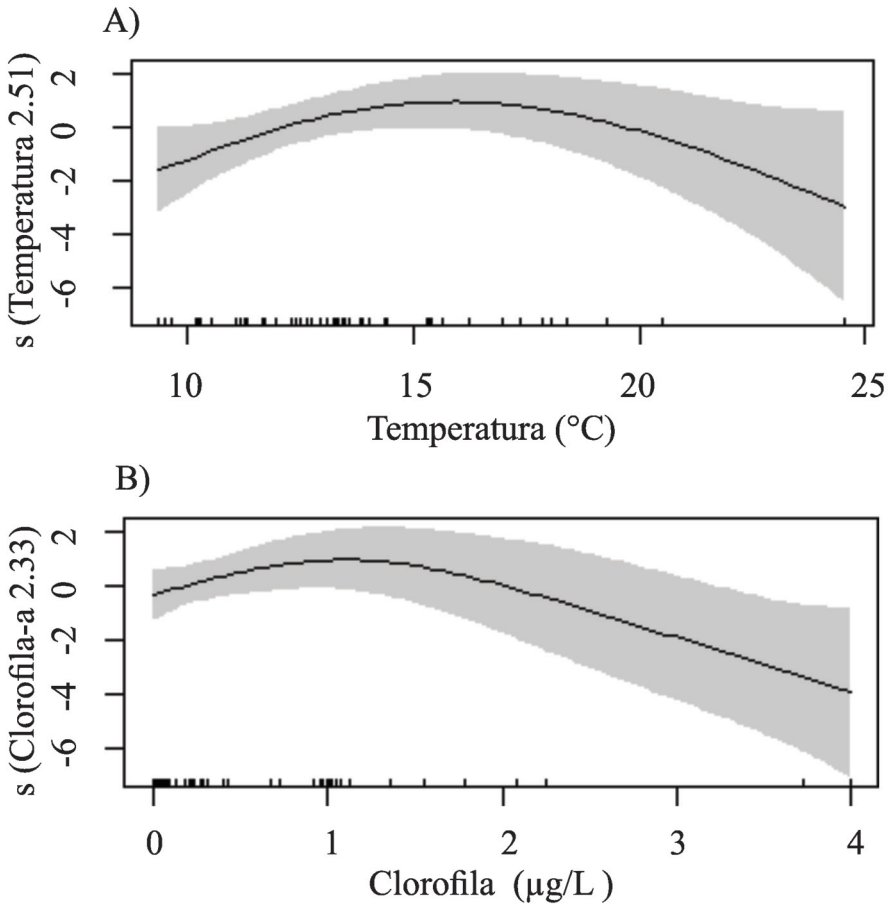

Figura 6. Efectos de las variables predictoras en el MAG implementado para la biomasa de langostilla (*P. planipes*). A) Temperatura a la profundidad de captura, B) clorofila a la profundidad de captura. El valor que se encuentra en la etiqueta del eje Y corresponde a los grados de libertad estimados.

tanto, la tolerancia a bajas temperaturas podría estar incluso debajo de 9.4 °C.

Aurioles-Gamboa (1995a) encontró 2 periodos estacionales, la temporada fría (invierno-primavera) y cálida (verano-otoño) así como 2 regiones geográficas con grandes abundancias en el golfo de Ulloa y Bahía Sebastián Vizcaíno. Él estimo la biomasa de langostilla bentónica reportando mayor abundancia durante el periodo frío (460,000 toneladas) que durante el periodo cálido (275,000 toneladas). La temporada en que se realizó el presente estudio corresponde al periodo cálido de acuerdo con Aurioles-Gamboa (1995a). Los lances con los mayores volúmenes de captura se localizaron típicamente sobre la plataforma continental, aunque la frecuencia más alta de los lances de pesca se localizaron fuera de la plataforma continental. Aurioles-Gamboa (1992, 1995b) encontró que la langostilla migra hacia el talud continental durante los periodos cálidos (verano) y regresan a aguas someras durante condiciones frías (otoño). Esto lo podría explicar la frecuencia más elevada de aparición de la langostilla en los 36 lances realizados en el presente estudio fuera de la plataforma continental, ya que el crucero se realizó en los últimos días de la primavera e inicios del verano. Aunque Aurioles-Gamboa y Balart (1995) utilizaron arrastres de fondo capturando la población en la fase bentónica y en el presente trabajo se realizaron arrastres con red de media agua capturando parte de la población pelágica, existe concordancia con el patrón de migración de la población hacia el talud, así como de la migración vertical diaria de la especie.

El presente estudio demostró que la langostilla tiene una amplia distribución con esporádicas regiones de

inusualmente alta densidad, típicamente asociadas a altas concentraciones de clorofila-*a*, lo que posteriormente fue respaldado por el modelo como variable secundaria que potencializa su abundancia (temperatura de captura), a lo largo de toda la costa occidental de la península de Baja California. Además, la investigación mostró zonas de alta densidad de langostilla como especie con alto potencial de aprovechamiento pesquero, como lo han sugerido anteriormente Aurioles-Gamboa et al. (1995) y Balart (1996).

Agradecimientos

A las autoridades del Inapesca por las facilidades prestadas para el desarrollo de las investigaciones en materia de recursos pesqueros en los mares mexicanos. A la Conapesca por el permiso de pesca de fomento Núm. PPF/DGOPA-109/19 bajo el amparo del cual se desarrollaron las investigaciones. A la tripulación científica y operativa del buque Dr. Jorge Carranza Fraser, fundamentales para la realización de los cruceros de investigación.

Referencias

Alvariño, F. (1976). Distribución batimétrica de *Pleuroncodes planipes* Stimpson (Crustacea: Galatheidae). *Memorias del Simposium sobre Biología y dinámica de camarones*, Guaymas, Sonora, México, 8-15 agosto, 1976.

Aurioles-Gamboa, D. (1992). Inshore-offshore movements of pelagic red crabs *Pleuroncodes planipes* (Decapoda, Anomura, Galatheidae) off the Pacific coast of Baja California Sur, Mexico. *Crustaceana*, *62*, 71–84. https://doi.org/10.1163/156854092x00064

Aurioles-Gamboa, D. (1995a). Distribución y abundancia de la langostilla bentónica (*Pleuroncodes planipes*) en la plataforma continental de la costa oeste de Baja California. En D. Aurioles-Gamboa y E. Balart (Eds.), *La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento* (pp. 59–78). La Paz, Baja California Sur: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Aurioles-Gamboa, D. (1995b). Migración batimétrica de la langostilla bentónica en la plataforma continental del Pacífico de Baja California. En D. Aurioles-Gamboa y E. Balart (Eds.), *La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento* (pp. 79–92). La Paz, Baja California Sur: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Aurioles-Gamboa, D. y Balart, E. F. (1995). *La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC. La Paz, Baja California Sur, México.

Aurioles-Gamboa, D., Balart, E. F. y Castro-Aguirre, J. L. (1995). Recomendaciones para la Explotación y Aprovechamiento de la Langostilla. En D. Aurioles-Gamboa y E. Balart (Eds.), *La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento* (pp. 221–233). La Paz, Baja California Sur: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Aurioles-Gamboa, D. y Pérez-Flores, R. (1997). Seasonal and bathymetric changes in feeding habits of the benthic red crab *Pleuroncodes planipes* (Decapoda, Anomura, Galatheidae) off the Pacific coast of Baja California Sur, Mexico. *Crustaceana*, *70*, 272–287. https://doi.org/10.1163/156854097X00573

Balart, E. y Castro-Aguirre, J. (1995). Estimación del impacto de la depredación de merluza sobre la langostilla. En D. Aurioles-Gamboa y E. Balart (Eds.), *La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento* (pp. 139–162). La Paz, Baja California Sur: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Balart, E. F. (1996). Recurso langostilla. En M. Casas-Valdez y G. Ponce-Díaz (Eds.), *Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur* (pp. 167–180). La Paz: Semarnap/ Gob. del Estado de Baja California Sur/ FAO/ UABCS/ CIBNOR/ CICIMAR/ CRIP/ CETMAR.

Bazzino, G., Gilly, W. F., Markaida, U., Salinas-Zavala, C. A. y Ramos-Castillejos, J. (2010). Horizontal movements, vertical-habitat utilization and diet of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Pacific Ocean off Baja California Sur, Mexico. *Progress in Oceanography*, *86*, 59–71. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2010.04.017

Boyd, C. M. (1962). *The biology of a marine decapod crustacean,* Pleuroncodes planipes *Stimpson, 1860 (Tesis doctoral)*. Universidad de California, San Diego, EUA.

Carrillo-Domínguez, S., Pérez-Gil, R., Ávila-González, E. y Castro-González, M. I. (1995). La langostilla en la avicultura. En D. Aurioles-Gamboa y E. Balart (Eds.), *La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento* (pp. 193–206). La Paz, Baja California Sur: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Cavole, L. M., Demko, A. M., Diner, R. E., Giddings, A., Koester, I., Pagniello, C. M. et al. (2016). Biological impacts of the 2013-2015 warm-water anomaly in the Northeast Pacific: winners, losers, and the future. *Oceanography*, *29*, 273–285. https://doi.org/10.5670/oceanog.2016.32

Choy, C. A, Robison, B. H., Gagne, T. O., Erwin, B., Firl, E., Halden, R. U. et al. (2019). The vertical distribution and biological transport of marine microplastics across the epipelagic and mesopelagic water column. *Scientific Reports*, *9*, 7843. https://doi.org/10.1038/s41598-019-44117-2

Cimino, M. A., Jacox, M. G., Bograd, S. J., Brodie, S., Carroll, G., Hazen, E. L. et al. (2021). Anomalous poleward advection facilitates episodic range expansions of pelagic red crabs in the eastern North Pacific. *Limnology and Oceanography*, *66*, 3176–3189. https://doi.org/10.1002/lno.11870

Civera, R., Goytortúa, E., Rocha, S., Nolasco, H., Vega-Villasante, F., Balart, E. et al. (2000). Uso de la langostilla *Pleuroncodes planipes* en la nutrición de organismos acuáticos. En R. Civera-Cerecedo, Pérez-Estrada, C. J., Ricque-Marie D. y Cruz-Suárez L. E. (Eds.), *Avances en nutrición acuícola*

IV. *Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola* (pp. 349–365). Noviembre 15-18, 1998. La Paz, Baja California Sur, México.

De Anda-Montañez, J. A., Martínez-Aguilar, S., Balart, E. F., Zenteno-Savín, T., Méndez-Rodríguez, L., Amador-Silva, E. et al. (2016). Spatio-temporal distribution and abundance patterns of red crab *Pleuroncodes planipes* related to ocean temperature from the Pacific coast of the Baja California Peninsula. *Fisheries Science*, *82*, 1–15. https://doi.org/10.1007/s12562-015-0938-8

Demer, D. A., Berger, L., Bernasconi, M., Bethke, E., Boswell, K. M., Chu, D. et al. (2015). *Calibration of acoustic instruments*. International Council for the Exploration of the Sea, Cooperative Research Report Núm. 326. http://dx.doi.org/10.25607/OBP-185

Díaz-Uribe, J. G. (2006). Langostilla del océano Pacifico. En F. Arreguín-Sánchez, L. Beléndez Moreno, I. Méndez Gómez-Humarán, R. Solana Sansores y C. Rangel Dávalos (Eds.), *Sustentabilidad y pesca responsable en México* (pp. 211–217). México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de la Pesca.

Foote, K. G., Knudsen, H. P., Vestnes, G., MacLennan, D. N. y Simmonds, E. J. (1987). *Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide*. International Council for the Exploration of the Sea, Cooperative Research Report Núm. 144. https://doi.org/10.17895/ices.pub.8265

Glynn, P. W. (1961). The first recorded mass stranding of pelagic red crab, *Pleuroncodes planipes*, at Monterey Bay, California, since 1859, with notes on their biology. *California Fish and Game*, *47*, 97–101.

Gómez-Gutiérrez, J. y Sánchez-Ortiz, C. A. (1995). Centros de eclosión y deriva larval y postlarval de la langostilla, *Pleurondes planipes* (Crustacea:Galatheidae), en la costa occidental de Baja California Sur. En D. Aurioles-Gamboa y E. Balart (Eds.), *La langostilla: biología, ecología y aprovechamiento* (pp. 35–57). La Paz, Baja California Sur: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Gómez-Gutiérrez, J. y Sánchez-Ortiz, C. A. (1997). Larval drift and population structure of the pelagic phase of *Pleuroncodes planipes* (Stimpson) (Crustacea: Galatheidae) off the southwest coast of Baja California, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, *61*, 305–325.

Goytortúa-Bores, E., Civera-Cerecedo, R., Rocha-Meza, S. y Green-Yee, A. (2006). Partial replacement of red crab (*Pleuroncodes planipes*) meal for fish meal in practical diets for the white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Effects on growth and in vivo digestibility. *Aquaculture*, *256*, 414–422. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.02.035

Hastie, T. y Tibshirani, R. (1990). *Generalized additive model with R*. Nueva York: Chapman and Hall.

Hernández-Llamas, A., Balart, E. F., Ponce-Díaz, G. y Civera-Cerecedo, R. (2006). Feasibility of a new fishery in Baja California, Mexico based on the red crab *Pleuroncodes planipes*: preliminary economic evaluation and risk assessment. *Aquatic Living Resources*, *19*, 173–179. https://doi.org/10.1051/alr:2006015

Hernández-Rivas, M. E., Jiménez-Rosenberg, S. P., Funes-Rodríguez, R. y Saldierna-Martínez, R. (2000). El centro de actividad biológica de la bahía de Sebastián Vizcaíno, una primera aproximación. En D. Lluch-Belda, J. Elourduy-Garay, S. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz (Eds.), *BAC Centros de actividad biológica del Pacífico mexicano* (pp. 65–85). La Paz, Baja California Sur: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Hickey, B. M. (1979). The California current system—hypotheses and facts. *Progress in Oceanography*, *8*, 191–279. https://doi.org/10.1016/0079-6611(79)90002-8

Jerónimo, G. y Gómez-Valdés, J. (2006). Promedios de temperatura y salinidad sobre una superficie isopícnica en la capa superior del océano frente a Baja California. *Ciencias Marinas*, *32*, 663–671. http://dx.doi.org/10.7773/cm.v32i4.1164

Lluch-Belda, D. (2000). Centros de Actividad Biológica en la costa occidental de Baja California. En D. Lluch-Belda, J. Elourduy-Garay, S. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz (Eds.), *BAC Centros de actividad biológica del Pacífico mexicano* (pp. 49–64). La Paz, Baja California Sur: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, D. B. y Lluch-Cota, S. E. (2003). Scales of interannual variability in the California Current System: associated physical mechanisms and likely ecological impacts. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report*, *44*, 76-85.

Lluch-Cota, D. B., Hernández-Vázquez, S., Balart-Páez, E. F., Beltrán-Morales, L. F., del Monte-Luna, P., González-Becerril, A. et al. (2006). *Desarrollo sustentable de la pesca en México: orientaciones estratégicas*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste/ Comisión de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca del Senado de la República.

Longhurst, A. R., Lorenzen, C. J. y Thomas, W. H. (1967). The role of pelagic crabs in the grazing of phytoplankton off Baja California. *Ecology*, *48*, 190–200. https://doi.org/10.2307/1933100

Lynn, R. J. y Simpson, J. J. (1987). The California Current System: The seasonal variability of its physical characteristics. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, *92*, 12947–12966. https://doi.org/10.1029/JC092iC12p12947

Martínez-Canto, O., Olguín-Monroy, N. O., de Anda-Montañez, J. A. y Zenteno-Savín, T. (2013). Spatial and temporal variability of oxidative stress indicators in the red crab (*Pleuroncodes planipes*) from the west coast of the Baja California Peninsula, Mexico. *Ciencias Marinas*, *39*, 41–53. https://doi.org/dx.doi.org/10.7773/cm.v39i1.2153

McLaughlin, P. A. (1980). *Comparative morphology of recent Crustacea*. San Francisco: W.H. Freeman and Company. https://doi.org/10.1163/156854081X00309

MINES ParisTech / ARMINES. (2020). RGeostats: The Geostatistical R Package. Version: 12.0.1. Free download from: http://cg.ensmp.fr/rgeostats.

Morales-Zárate, M. V., Lluch-Cota, E., Voltolina, D. y Muñoz-Mejía, E. M. (2000). Comparación entre zonas de alta actividad biológica en la costa occidental de Baja California: Punta Eugenia y Punta Baja. En D. Lluch-Belda, J. Elourduy-Garay, S. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz (Eds.), *BAC Centros de actividad biológica del Pacífico mexicano* (pp. 99–110). La Paz, Baja California Sur: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

NASA Goddard Space Flight Center, Ocean Ecology Laboratory, Ocean Biology Processing Group. (2021). Moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS-Aqua) Ocean Color Data, NASA OB.DAAC. Recuperado el 17 mayo, 2021 de: https://oceancolor.gsfc.nasa.gov/data/aqua/

Petitgas, P., Woillez, M., Rivoirard, J., Renard, D. y Bez, N. (2017). *Handbook of Geostatistics in R for fisheries and marine ecology*. ICES Cooperative Research Reports (CRR). Report 338. http://doi.org/10.17895/ices.pub.3717

Pineda J., Cho, W., Starczak, V., Govindarajan, A. F., Guzman, H. M., Girdhar, Y. et al. (2016). A crab swarm at an ecological hotspot: patchiness and population density from AUV observations at a coastal, tropical seamount. *PeerJ, 4*, e1770. https://doi.org/10.7717/peerj.1770

R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Robinson, C. J., Anislado, V. y López, A. (2004). The pelagic red crab (*Pleuroncodes planipes*) related to active upwelling sites in the California Current off the west coast of Baja California. *Deep-Sea Research II, 51*, 753–766. https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2004.05.018

Robinson, C. J. y Gómez-Gutiérrez, J. (1998). The red-crab bloom off the west coast of Baja California, Mexico. *Journal of Plankton Research*, *20*, 2009–2016. https://doi.org/10.1093/plankt/20.10.2009

Robinson, C. J. y Gómez-Aguirre, S. (2004). Tidal stream use by the red crab *Pleuroncodes planipes* in Bahia Magdalena, Mexico. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *308*, 237–252. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2004.03.003

Sandford, E., Sones, J. L., García-Reyes, M, Goddard, J. H. R., y Largier, J. L. (2019). Widespread shifts in the coastal biota of northern California during the 2014–2016 marine heatwaves. *Scientific Report*, *9*, 4216. https://doi.org/10.1038/s41598-019-40784-3

Seibel, B. A., Luu, B. E., Tessier, S. N., Towanda, T. y Storey, K. B. (2018). Metabolic suppression in the pelagic crab, *Pleuroncodes planipes*, in oxygen minimum zones. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, *224*, 88–97. https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2017.12.017

Sparre, P. y Venema, S. C. (1997). *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1*. Manual. FAO Documento Técnico de Pesca. 306.1, 2.

Spinelli, J., Lehman, L. y Wieg, D. (1978). Carotenoid deposition in pen-reared salmonids fed diets containing oil extracts of red crab (*Pleuroncodes planipes*). *Aquaculture*, *13*, 213–223. https://doi.org/10.1016/0044-8486(78)90003-0

Vallarta-Zárate, J. R. F., Huidobro-Campos, L., Martínez-Magaña, V. H., Vásquez-Ortiz, M., Altamirano-López, L., Pérez-Flores, E. V. et al. (2019b). *Prospección acústica de recursos pesqueros en la región occidental de la península de Baja California Sur durante el verano del 2019*. Campaña Océano Pacífico 2019, B/I Dr. Jorge Carranza Fraser. Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura, Dirección General Adjunta de Investigación Pesquera en el Atlántico. Diciembre, 2019. Informe Técnico Núm. 6. 91 p. Recuperado el 10 febrero, 2020 de: https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/campana-oceano-pacifico-2019

Vallarta-Zárate, J. R. F., Martínez-Magaña, V. H., Huidobro-Campos, L., Vásquez-Ortiz, M., Pérez-Flores, E. V., Altamirano-López, L. et al. (2019a). *Evaluación acústica de peces pelágicos menores en la región occidental de la península de Baja California durante la primavera-verano del 2019*. Campaña Océano Pacífico 2019, B/I Dr. Jorge Carranza Fraser. Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura, Dirección General Adjunta de Investigación Pesquera en el Atlántico. Noviembre, 2019. Informe Técnico Núm. 5. Recuperado el 15 febrero, 2020 de: https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/campana-oceano-pacifico-2019

Woillez, M., Poulard, J. C., Rivoirard, J., Petitgas, P. y Bez, N. (2007). Indices for capturing spatial patterns and their evolution in time with an application on European hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay. *ICES Journal of Marine Science*, *64*, 537–550. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsm025

Woillez, M., Rivoirard, J. y Petitgas, P. (2009). Notes on survey-based spatial indicators for monitoring fish populations. *Aquatic Living Resources*, *22*, 155–164. https://doi.org/10.1051/alr/2009017

Wood, S. N. (2011). Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society* (B), *73*, 3–36. https://doi.org/10.1111/j.1467-9868.2010.00749.x