

Capturas de *Eptatretus stoutii* frente a la costa noroccidental de Baja California, México, 2006-2008

Jorge Flores-Olivares,* Osiris Chávez-Vargas** y Ma. del Carmen Jiménez-Quiroz***

Para buscar recursos pesqueros alternativos a los tradicionales se efectuaron dos campañas (exploratoria y experimental) para pescar al mixínido *Eptatretus stoutii* en seis áreas ubicadas entre Punta Colonet y Punta San Carlos; durante la primera (mayo de 2006 a enero de 2007) se describieron la distribución y la abundancia del recurso; en la segunda (noviembre de 2007 a marzo del 2008) se experimentó con trampas de dos tamaños (50 y 200 dm³), dos tipos de carnada y cinco tiempos de reposo para encontrar el mejor método de pesca. En ambas campañas se recolectaron animales para determinar algunos parámetros biológicos. Los mayores rendimientos se obtuvieron en la fase exploratoria (promedio = 2.8 kg·trampa⁻¹). El mixínido fue más abundante en Bahía del Rosario, Punta San Carlos y Punta Colonet; así como entre 151 y 160 m de profundidad. El rendimiento promedio más alto se obtuvo con la trampa pequeña (3.5 kg·trampa⁻¹) cuando se usó macarela como carnada y cuando el tiempo de reposo fue de 24 horas (1.56 kg·trampa⁻¹). El intervalo de talla (peso) estuvo entre 130 mm (10 g) y 650 mm (392 g); el promedio fue de 393 mm (136 g). En ambas trampas se capturaron ejemplares de cinco cohortes. La relación peso-longitud fue $P = 1.3 \times 10^{-4} \cdot L^{2.3115}$; la ecuación de crecimiento en talla: $L_t = 686[1 - e^{-0.215(t+0.624)}]$ y en peso: $P = 495.34[1 - e^{-0.215(t+0.624)}]^{2.3115}$ con longevidad de 14 años.

Palabras clave: *Eptatretus stoutii*, pesca experimental, trampas, recurso potencial, parámetros poblacionales.

Catches of *Eptatretus stoutii* in the northwestern coast of Baja California, Mexico, 2006-2008

Searching for alternative resources an exploratory fishing campaign with fishing pots was conducted for the capture of the "Pacific hagfish" *Eptatretus stoutii*, in six areas located between Punta San Carlos and Punta Colonet. The study was conducted in two stages during the first (May 2006 to January 2007) distribution and resource abundance was described; during the second (November, 2007 to March 2008) two sized traps (50 and 200 dm³), two types of bait and five soak time were tested to find the best fishing method. During both campaigns specimens were collected to determine some biologic parameter. Most product was obtained in the exploratory phase, with average values of 2.8 kg·trap⁻¹. The hagfish was more abundant in Rosario bay, Punta San Carlos and Punta Colonet, and between 50 and 160 m deep. Higher yields were found with the small trap (3.5 kg·trap⁻¹) when mackerel was used as bait and when the traps were left 24 hours (1.56 kg·trap⁻¹). Size interval of the caught fish ranged between 130 (10 g) and 650 mm (392 g), averaging 393 mm (136 g). Both traps caught specimens of four cohorts. Weight-length relation was $w = 1.3 \times 10^{-4} \cdot L^{2.3115}$; the growth equation in size was $L_t = 686[1 - e^{-0.215(t+0.624)}]$, and in weight $w = 495.34[1 - e^{-0.215(t+0.624)}]^{2.3115}$ with a longevity of 14 years.

Key words: *Eptatretus stoutii*, experimental fisheries, traps, potential resource, population parameters.

Introducción

La actividad pesquera que se realiza en las aguas adyacentes a la costa occidental de Baja California se ha basado en la extracción de atún, langos-

ta y abulón; a excepción de la pesquería del atún, estas actividades son realizadas por pescadores artesanales en aguas cuya profundidad es menor a 100 m. En lo que respecta a la pesca de langosta, las trampas que se utilizan para su captura son altamente selectivas; sin embargo, en algunas ocasiones se extraen otras especies, siendo de especial interés el mixínido *Eptatretus stoutii*

* Maestría en Pesquerías Sustentables, Instituto Tecnológico de Mazatlán, Corsario 1 No. 203, col. Urias, C.P. 82070, Mazatlán, Sinaloa, México. cigmaritf@hotmail.com

** Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. Paseo Claussen S/N Col. Los Pinos. Mazatlán, Sinaloa. C. P. 82000.

*** Dirección Regional de Investigación Pesquera en el Pacífico Sur, Manzanillo, Colima.

(Lockington, 1878) por su potencial como recurso pesquero (Cailliet, 1991; Martini *et al.*, 1997; Leask y Beamish, 1999). Esta especie (conocida localmente como *bruja pintada*) se distribuye desde la isla de Vancouver, Columbia Británica, Canadá (Wisner y McMillan, 1995), hasta punta San Pablo en la costa central de Baja California, México (Knaggs *et al.*, 1975), en donde, a excepción de las aguas mexicanas, hay pesquerías bien establecidas o que al menos han contado con programas oficiales de pesca experimental.

La bruja pintada es un organismo bentónico anguiliforme, perteneciente al orden Myxiniformes cuyos miembros carecen de escamas y aletas pares. Estos peces tienen gran cantidad de glándulas a lo largo de ambas partes del cuerpo que producen una mucosidad espesa cuando están estresados (Barss, 1993). Son gonocóricos y tanto el macho como la hembra cuentan con una sola gónada; las hembras producen de uno a 30 huevos que son fertilizados después de la puesta (Barss, 1993; Leask y Beamish, 1999; Powell *et al.*, 2005). Los miembros de este orden carecen de mandíbulas pero poseen dos hileras de dientes a cada lado de la lengua a manera de placas dentales y un diente medio situado dorsalmente a la apertura de la boca (Dawson, 1963), por lo que se alimentan de carroña, peces moribundos y débiles, a los que perforan para devorar su carne y las vísceras (Barss, 1993; Benson *et al.*, 2001).

La bruja pintada es un alimento tradicional en algunos países de Asia; sin embargo, durante la segunda guerra mundial su piel cobró relevancia para la industria peletera (Honma, 1998). El recurso fue tan explotado en Corea y Japón, que fue necesario buscar nuevas áreas de pesca, lo que propició el desarrollo de pesquerías en el Pacífico oriental y el Atlántico a partir de los años ochenta, como la introducida en la costa oeste de Estados Unidos y Canadá en 1988. Se dice que el valor de los productos terminados hechos con la piel de este organismo que el mercado norteamericano importó en 1992, ascendió a 70 millones de dólares (Melvin y Osborn, 1992). Por su parte, en el Atlántico se reportó que en el año 2000 se desembarcaron 3 035.74 t en Nueva Inglaterra EU, lo que significó 1.8 millones de dólares en ganancias (TRAC, 2001).

En la costa occidental de EU y Canadá se captura la bruja pintada con trampas de forma cilín-

drica cuyo diseño está basado en las trampas coreanas¹ construidas con recipientes de diferentes capacidades, que permanecen en reposo de 18 a 72 horas (Leask y Beamish, 1999).

Debido a la abundancia de los ejemplares de *E. stoutii*, capturados frente a la costa occidental de Baja California (Karakesisoglu², com. pers.), nació el interés por ampliar el conocimiento acerca de la biología y la disponibilidad de estos organismos que aún no han sido aprovechados en México. En este estudio se describe la abundancia relativa así como la distribución en el espacio y el tiempo de la bruja pintada en la costa noroccidental de Baja California. También se presentan algunos parámetros biológicos, como la relación talla-peso, la estructura de tallas y las cohortes poblacionales de los ejemplares capturados para aportar información necesaria para que la explotación de este nuevo recurso sea sustentable y evitar el agotamiento de la(s) población(es) como ocurrió en Corea (Barss, 1993). Finalmente, se compara la eficiencia de trampas tipo coreano de dos medidas de capacidad y la estructura de tallas de los ejemplares capturados con cada una de ellas, para determinar cuál es la más adecuada. Este trabajo fue realizado al amparo de un permiso de pesca de fomento³ expedido por la Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura (CONAPESCA), y se desarrolló en dos etapas; durante la primera se estableció un programa de pesca exploratoria cuyo propósito fue describir la distribución batimétrica y la abundancia relativa del recurso para localizar las áreas donde la bruja pintada es más abundante. La segunda etapa consistió en un programa de pesca experimental para determinar las características del arte de pesca más apropiado, así como el tipo de carnada y el tiempo de reposo

1. Estas trampas están conformadas por recipientes cilíndricos, construidos de plástico, de 60 cm de diámetro y 46 cm de altura; cuentan con tres mataderos, con conos semiflexibles (Barss, 1993).
2. Nick Karakesisoglu, ciudadano norteamericano de origen turco que introdujo a México las primeras técnicas de pesca artesanal en aguas profundas. Domicilio conocido Popotla, Municipio de Rosarito, Baja California
3. No. DGOPA.05270.310506.2040. En función del proyecto denominado "Evaluación biológico-pesquera de la bruja pintada (Pacific hagfish) *Eptatretus stouti* en la costa Oeste de la Península de Baja California".

idóneo para la captura del mixínido en la costa noroccidental de Baja California.

Materiales y métodos

El área de estudio (Fig. 1) abarca desde San Isidro ($31^{\circ}21' N$, $116^{\circ}37' O$) hasta Punta San Carlos ($29^{\circ}22' N$, $115^{\circ}17' O$); en esta zona la profundidad mínima es de 50 m y la máxima de 160 m, mientras que el tipo de fondo más común es areno-fangoso, el preferido por este mixínido (Adam y Strahan, 1963; Martini, 1998). El área, a su vez, fue dividida en dos zonas con tres estaciones cada una: la Zona 1 ($31^{\circ}21' N$ - $116^{\circ}36' O$, $30^{\circ}24' N$ - $116^{\circ}02' O$) que contiene las estaciones de punta San Isidro (E1), Punta Colonet (E2) y bahía San Ramón (E3), y la Zona 2, ubicada entre las coordenadas $30^{\circ}23' N$ - $116^{\circ}02' O$ y $29^{\circ}22' N$ - $115^{\circ}14' O$, que incluye las estaciones bahía San Quintín (E4), bahía del Rosario (E5) y Punta San Carlos (E6). Las coordenadas geográficas de las estaciones están en la *tabla 1*. La profundidad promedio en las estaciones E1, E2, E3 y E6 fue de alrededor de 79 m, mientras que en la E4 y E5 fue de 89 y 111 m, respectivamente.

Esta investigación se realizó a bordo de una embarcación trampera de 22.86 m de eslora y 7.31 m de manga. El equipo electrónico auxiliar constó de un radar FURUNO (24 mll), un sistema de posicionamiento global (GPS Navigation System NS10) y una videosonda Sitex Cus-106.

El programa de pesca exploratoria se desarrolló entre mayo de 2006 y enero de 2007; la duración mínima de los cruceros fue de 15 días. Entre mayo y julio, las faenas de pesca se realizaron en las estaciones E1 y E2, donde se operó en profundidades de 60 a 140 m; en los meses siguientes las capturas se realizaron en las estaciones E4, E5 y E6, cuya profundidad variaba entre 50 y 152 m. La zona de muestreo se cambió con la finalidad de explorar la mayor extensión posible del área de distribución de la bruja pintada en México. La pesca experimental se efectuó entre noviembre de 2007 y marzo de 2008 en las estaciones E1, E2, E3 y E4; en esta etapa los viajes duraron seis días en promedio.

Artes y métodos de pesca

Se utilizaron trampas basadas en el diseño coreano, construidas con recipientes de plástico de 200 dm^3 y 50 dm^3 de capacidad cada uno, con seis

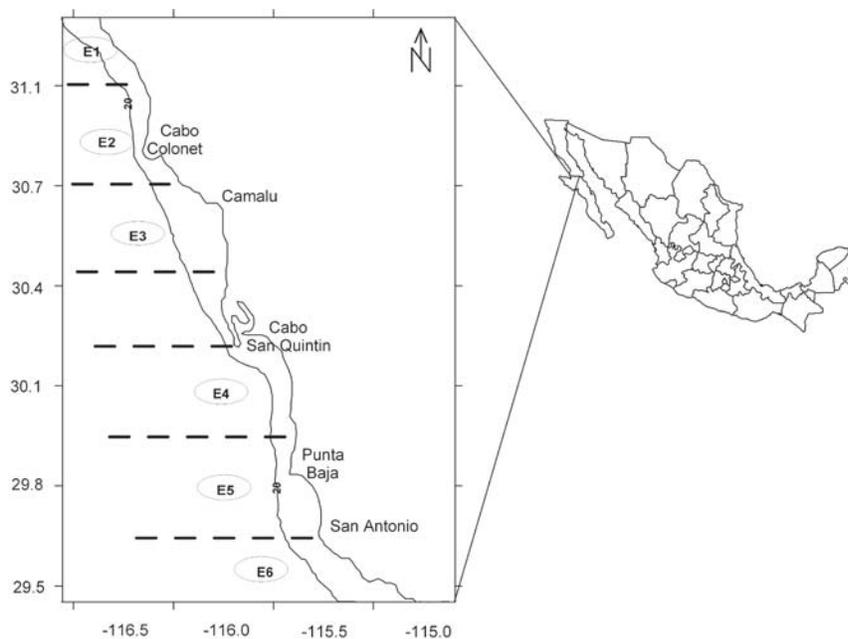


Fig. 1. Área de estudio.

Tabla 1
Coordenadas geográficas de las estaciones de muestreo

Estación	Superior		Inferior		
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud	
E1	Punta San Isidro	31°21.00'	116°28.95'	31°07.00'	116°23.29'
E2	Punta Colonet	31°07.00'	116°23.29'	30°48.00'	116°08.02'
E3	Bahía San Ramón	30°48.00'	116°08.02'	30°34.00'	116°09.78'
E4	Bahía San Quintín	30°23.00'	116°02.69'	30°05.00'	115°53.19'
E5	Bahía del Rosario	30°05.00'	115°53.19'	29°39.00'	115°42.64'
E6	Punta San Carlos	29°39.00'	115°42.64'	29°22.00'	115°17.98'

y cuatro conos de entrada hechos de material semiflexible, respectivamente (Fig. 2).

En la etapa exploratoria se utilizaron 190 trampas de 200 dm³ de capacidad, cuyo periodo de reposo se prolongó entre cinco y 10 horas, encarnadas con sardina. En la fase experimental se emplearon 380 trampas (190 de cada tipo) que se instalaron de manera alternada en dos líneas: en una se colocó en primer lugar la de mayor capacidad, mientras que en la otra se inició con la más pequeña. En ambas etapas del estudio, las líneas fueron largadas de manera paralela a la costa, a profundidades de 50 a 160 m, con una separación entre ellas de 1.852 km (una milla náutica). Se efectuó al menos una réplica de cada muestreo en cada estación.

Las líneas eran de cabo de polipropileno (PP) de 12 mm de diámetro y siete kilómetros de longitud; las trampas se fijaron por medio de reinales y mallas falsas, a intervalos de 25 m (Fig. 2). Las líneas se numeraron con el objeto de identificarlas y las trampas se encarnaron con sardina o macarela congelada, dispuestas de manera alternada y procurando que el orden en cada línea fuera diferente. El tiempo de reposo varió entre ocho y 60 horas. Puesto que la captura fue mínima o nula cuando el equipo trabajó menos de 12 horas, se experimentó con intervalos de 12, 24, 36, 48 y 60 horas.

Las coordenadas de los sitios donde se efectuaron los lances se establecieron mediante el software MaxSea v.10.3 (Informatique et Mer, 2002⁴).

Cálculo de índices de abundancia relativa (CPUE)

Se utilizaron dos unidades de esfuerzo: la operación de cada una de las trampas y del conjunto de trampas colocadas en una línea, por tanto, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) fue el peso total (kg) de los ejemplares retenidos por trampa revisada (Ec.1) y por tren de trampas levantado (Ec. 2).

$$CPUE_1 = \frac{\sum_{i=1}^n CT_i}{n \text{ trap}} \quad \text{Ec. 1}$$

$$CPUE_2 = \frac{\sum_{i=1}^n CT_i}{n \text{ lin}} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde: *CT* es la captura en kg y *n trap* y *n lin* son la cantidad de trampas y líneas empleadas en cada una de las variables de operación.

Los datos de la CPUE fueron agrupados por mes, por estación, por estrato de profundidad, tipo de carnada y trampa, con el objeto de determinar la distribución del esfuerzo, las capturas y los cambios de ésta a lo largo del tiempo, así como para determinar la carnada más adecuada.

Análisis estadístico

Las capturas obtenidas con cada tipo de trampa y en cada etapa del proyecto se compararon con el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis, incluidos los programas estadísticos

4. Informatique et Mer S.A., 2002. Maxsea. El software de pesca ordenado a bordo. <http://www.maxsea.com>

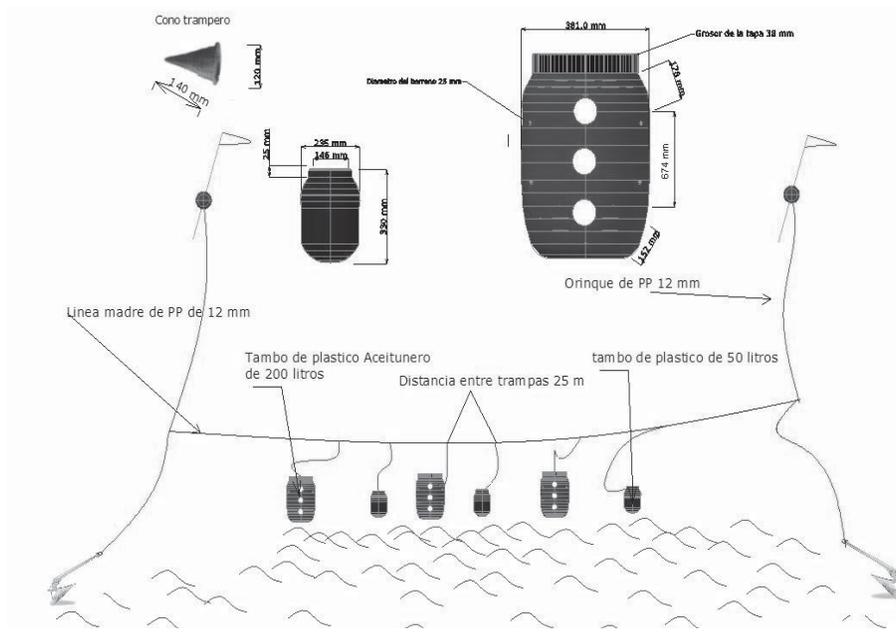


Fig. 2. Esquema de la línea de palangre experimental para la captura de bruja pintada.

STATISTICA 7 (Statsoft, 2004⁵) y GraphPad Prism 4. Con esta prueba también se determinó si había diferencia significativa en la captura dependiendo de los estratos de profundidad donde se colocaron las trampas, el tiempo de reposo, las estaciones y las carnadas empleadas. La prueba de Kruskal-Wallis se escogió debido a que algunas de las variables analizadas no cumplieron con los supuestos estadísticos que requiere el método paramétrico (Krutchkof, 1988; Conover, 1999). Cuando las diferencias fueron significativas se realizó una prueba de comparaciones múltiples de Dunn (Zar, 1999) para identificar los tratamientos en los que se presentaban dichas diferencias.

Obtención de parámetros biológicos

En cada salida de pesca se registraron la fecha y la cantidad de peces capturados en cada unidad experimental (trampa). También se tomó una muestra de 100 ejemplares a los que se les midió *in situ* la longitud total (L_t) y el peso (P), para lo cual se utilizaron un ictiómetro con una preci-

sión de ± 1 mm y una balanza marca Tosco78, con intervalo de 1 g a 2 kg y precisión de \pm un gramo.

Alrededor de 90 organismos fueron fijados con una solución de formol a 10% y trasladados al Laboratorio de Ictiología de la Sección de Biología Pesquera en el Instituto Tecnológico de Mazatlán, en donde se les practicaron exámenes morfométricos detallados para ratificar su identidad con las descripciones y claves de Garman (1899), Chirichigno (1974, 1978) y Fernholm (1998).

Relación peso-longitud total

Estas variables se relacionaron por medio de una regresión de tipo potencial (Bagenal, 1978) ajustada con el método de mínimos cuadrados (Sokal y Rohlf, 1981):

$$P = a \cdot L_t^b \quad \text{Ec. 3}$$

y su transformación logarítmica:

$$\log(P) = \log(a) + b \cdot \log(L_t) \quad \text{Ec. 4}$$

Donde a es el intercepto con el eje de las coordenadas, b la pendiente de la recta, L_t la longitud

5. STATSOFT, 2004. Data mining technics. <http://www.statsoft.com/>

total en mm y P el peso en gramos. El coeficiente b se comparó con el valor constante "3" mediante una prueba t de Student (Sokal y Rohlf, 1981) para determinar el tipo de crecimiento.

Distribución de frecuencia de tallas y estimación de crecimiento

Los datos de L_t de todos los organismos fueron agrupados en intervalos de 10 mm. Las medidas obtenidas a lo largo del periodo de estudio fueron utilizadas para calcular la longitud infinita (L_∞) y el factor K de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy con el modelo lineal sugerido por Gulland y Holt (Sparre y Venema, 1997), así como la función de Análisis de Progresión Modal del programa FISAT II (FAO-ICLARM, 2002⁶). Con el factor K se calculó la longevidad con el método de Taylor (1960). A partir de esta información y la relación peso-longitud (P-L), se calcularon los parámetros de crecimiento en peso.

Las distribuciones de frecuencia de tallas de los ejemplares capturados en cada tipo de trampa se compararon con la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov (KS) (Zar, 1999).

Resultados

Estimación del esfuerzo de pesca total y su distribución espacio-temporal

El esfuerzo total desplegado en las dos etapas del estudio fue de 186 lances, durante los cuales las trampas permanecieron 4 512 h en el fondo marino. En la fase exploratoria se realizaron 94 lances, correspondientes a 2 154 h efectivas de pesca, durante los cuales se obtuvieron 58.6 toneladas. En la etapa experimental se pescaron 28.9 t en 92 lances, equivalentes a 2 358 h efectivas de trabajo.

En la etapa exploratoria se obtuvo un total de 58 675 kg y, como se puede apreciar en la figura 3a, las capturas promedio durante los primeros tres meses fueron menores a 1.5 kg·trampa⁻¹;

en cambio, entre septiembre y noviembre superaron los 3 kg·trampa⁻¹, valor que casi se duplicó en octubre.

En la Zona I se efectuó menos de 10% del total de los lances de pesca y la captura total fue de 1 501 kg, con un promedio por trampa de 0.79 kg. La captura promedio por trampa (CPUE₁) en la E1 fue de 0.41 kg, en cambio en la E2 fue de 1.03 kg (Fig. 3b). En contraste, la CPUE₁ en la Zona II fluctuó entre 0.9 y 8.95 kg; cantidades que se recogieron en los meses de agosto y octubre de 2006, respectivamente. Por otro lado, la CPUE₁ en las tres estaciones de esta Zona fue muy variable, aunque superior a un kilogramo, ya que la CPUE promedio en la E4 fue de 2.46 kg (429 kg·línea⁻¹), de 3.96 kg en la E5 (792 kg·línea⁻¹) y de 2.91 kg en la E6 (582 kg·línea⁻¹).

En la etapa experimental se capturaron 28 967 kg. La captura por línea (CPUE₂) fluctuó entre 50 kg (1.25 kg·trampa⁻¹) en el mes de febrero y 1 100 kg (3.6 kg·trampa⁻¹) en marzo. La CPUE₁ promedio por mes disminuyó paulatinamente entre noviembre de 2007 (2.76 kg·trampa⁻¹) y febrero de 2008 (1.25 kg·trampa⁻¹), en cambio en marzo fue similar a la de noviembre (Fig. 3c).

Como se observa en la figura 3d, durante esta etapa la CPUE promedio en las estaciones E1, E2, E3 y E4 varió entre 1.64 (E4) y 2.21 kg (E3), lo que fue evidente en la fase exploratoria. Por otra parte, la CPUE₁ fue más variable en la E2, ya que el valor máximo fue de 4.2 kg y el mínimo de 0.06 kilogramos,

La prueba de Kruskal-Wallis indica que hubo diferencias ($p < 0.0001$) entre la CPUE obtenida en las estaciones, pero los resultados de la prueba de Dunn sugieren que sólo las capturas en Bahía del Rosario (E5) y San Carlos (E6) fueron significativamente distintas, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Distribución de probabilidades resultante de la comparación entre las CPUE de cada estación, después de aplicar la prueba de Dunn

<i>P</i>	<i>E1</i>	<i>E2</i>	<i>E3</i>	<i>E4</i>	<i>E5</i>	<i>E6</i>
E1	1	0.45	0.7	0.8	0.0005	0.5
E2	0.45	1	0.08	0.12	0.000004	0.001
E3	0.7	0.08	1	0.78	0.00003	0.1
E4	0.8	0.12	0.78	1	0.000007	0.04
E5	0.0005	0.000004	0.00003	0.000007	1	0.00003
E6	0.5	0.001	0.1	0.04	0.00003	1

6. FAO. 2002. Programa FISAT II, FAO-ICLARM, Stock Assessment Tools, disponible en: www.fao.org

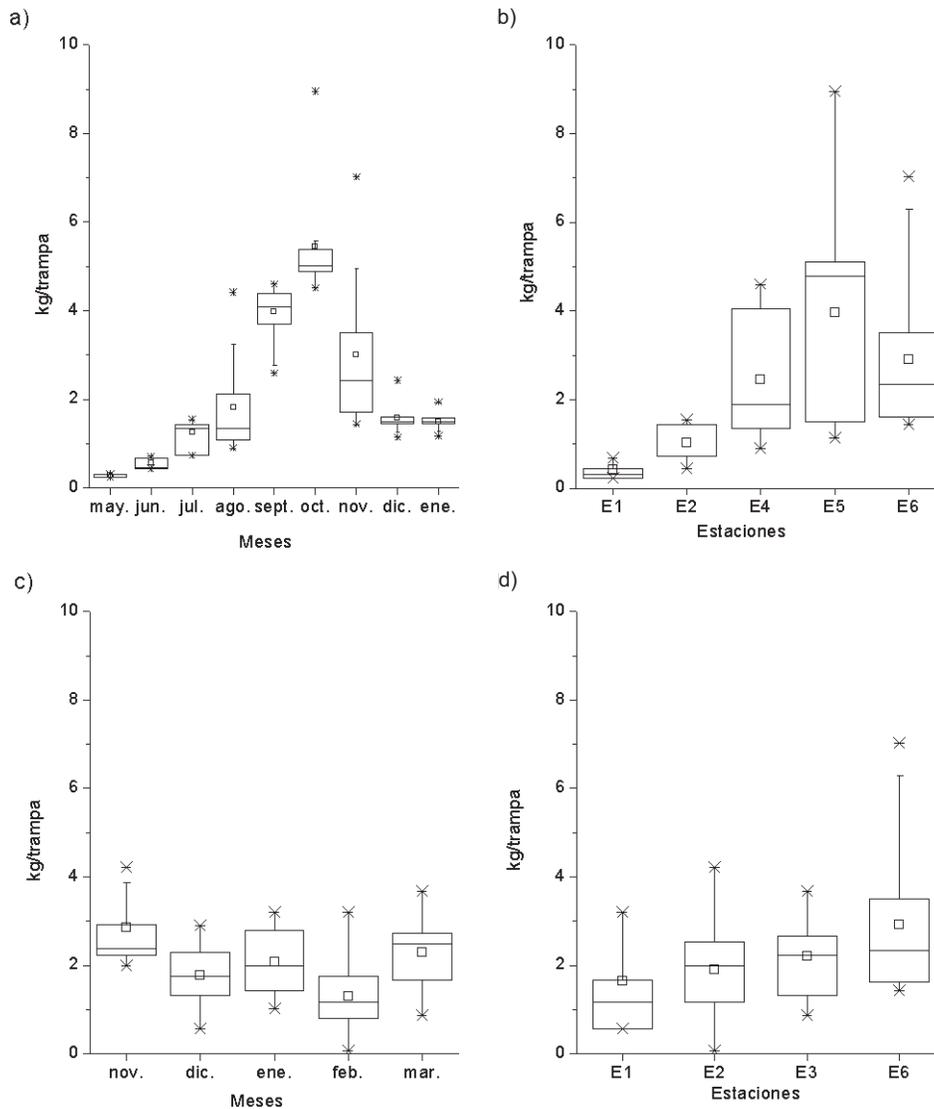


Fig. 3 CPUE en $\text{kg}\cdot\text{trampa}^{-1}$ registrado en cada mes (a y c) y estación (b y d) durante las dos etapas del trabajo. Las figuras a y b corresponden a la etapa exploratoria y las c y d a la experimental. Estaciones: E1: punta San Isidro; E2: Punta Colonet; E3: bahía San Ramón; E4: bahía San Quintín; E5: bahía del Rosario; E6 Punta San Carlos.

Comparaciones de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) por tipo de trampa y forma de operación

La captura en las trampas de 50 dm^3 ($3.5 \text{ kg}\cdot\text{trampa}^{-1}$) fue más abundante ($p < 0.03$) que en las de 200 dm^3 ($1.2 \text{ kg}\cdot\text{trampa}^{-1}$). Por otro lado, la CPUE se incrementó en los lances más profundos, ya que mientras en el estrato de 70 a 80 m, la captura fue de alrededor de $400 \text{ kg}\cdot\text{línea}^{-1}$ ($2 \text{ kg}\cdot\text{trampa}^{-1}$), en el de 140 a 150 m alcanzó hasta $1\,000 \text{ kg}\cdot\text{línea}^{-1}$ ($5.1 \text{ kg}\cdot\text{trampa}^{-1}$), como lo muestra la figura 4. La prueba de Kruskal-Wallis indica

que en los lances realizados entre 70 y 100 m de profundidad, la CPUE no fue significativamente distinta (Tabla 3), pero sí cuando se comparó con la obtenida más allá de los 100 metros ($p < 0.05$).

La CPUE obtenida por tipo de carnada, independientemente del tamaño de las trampas, fue significativamente diferente ($p < 0.0001$) cuando se utilizó macarela, ya que con este cebo se recogió un promedio de $3.54 \text{ kg}\cdot\text{trampa}^{-1}$, mientras que con sardina, alrededor de $2.13 \text{ kg}\cdot\text{trampa}^{-1}$.

En lo que respecta a los distintos tiempos de reposo la CPUE más grande se alcanzó cuando

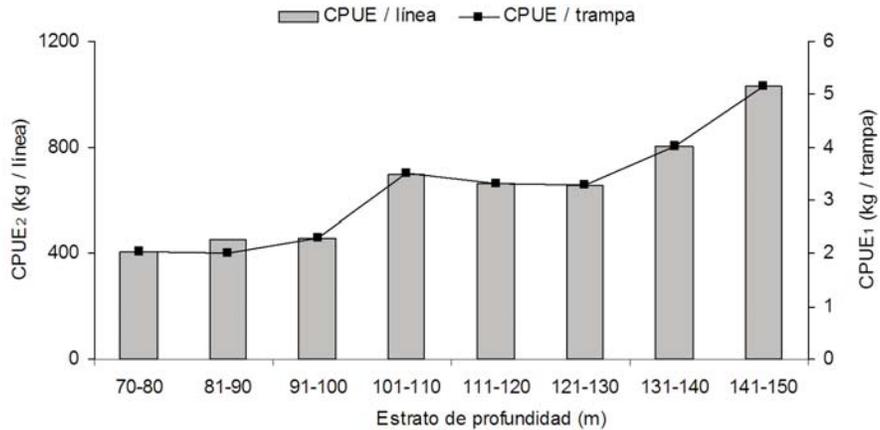


Fig. 4. Rendimiento en CPUE por estrato de profundidad (kg·línea⁻¹ y kg·trampa⁻¹).

la trampa operó durante 24 h (Fig. 5), la biomasa obtenida en este lapso fue significativamente distinta a la que se recuperó durante los otros lapsos, con excepción del de 48 h (Tabla 4). En cambio cuando las trampas permanecieron menos de 8 h en el fondo, la pesca fue casi nula.

Parámetros biológicos

La muestra utilizada para describir la estructura de tallas consistió de 4 896 ejemplares, cuya Lt se encontró entre 130 y 650 mm, con un promedio de 393 mm. La mayoría de los peces (66%) midió entre 350 y 520 mm, mientras que 6% fue mayor a 520 mm y 28% menor a 350 mm. En la muestra se identificaron cinco grupos, cuyas modas fueron: 164, 276, 360, 460, y 540 mm, respectivamente (Fig. 6). Los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy, según el método de progresión modal, fueron $L_{\infty} = 686$ mm y $K = 0.215$,

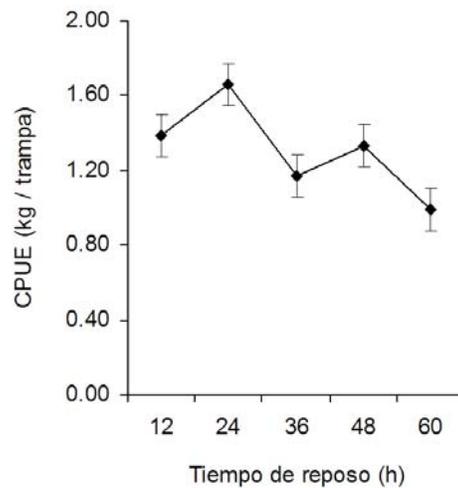


Fig.5. CPUE (kg·trampa⁻¹) de cada tiempo de reposo experimentado.

Tabla 3

Distribución de probabilidades para cada estrato de profundidad resultante de aplicar la prueba de Dunn, en donde las cursivas muestran los valores de $p < 0.05$ y, por tanto, presentan diferencias significativas

<i>P</i>	70-80	81-90	91-100	101-110	111-120	121-130	131-140	141-150
70-80	1	0.44	0.073	<i>0.002</i>	<i>0.009</i>	<i>0.006</i>	<i>0.02</i>	<i>0.0001</i>
81-90	0.44	1	0.32	<i>0.000003</i>	<i>0.001</i>	<i>0.002</i>	<i>0.003</i>	<i>0.0001</i>
91-100	0.73	0.32	1	<i>0.01</i>	<i>0.009</i>	0.15	0.31	<i>0.0005</i>
101-110	<i>0.002</i>	<i>0.000003</i>	<i>0.01</i>	1	0.81	0.8	0.8	0.09
111-120	<i>0.009</i>	<i>0.001</i>	<i>0.009</i>	0.81	1	0.76	0.73	0.05
121-130	<i>0.006</i>	<i>0.002</i>	0.15	0.8	0.76	1	0.6	<i>0.01</i>
131-140	<i>0.02</i>	<i>0.003</i>	0.31	0.8	0.73	0.6	1	0.09
141-150	<i>0.0001</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.0005</i>	0.09	0.05	<i>0.01</i>	0.09	1

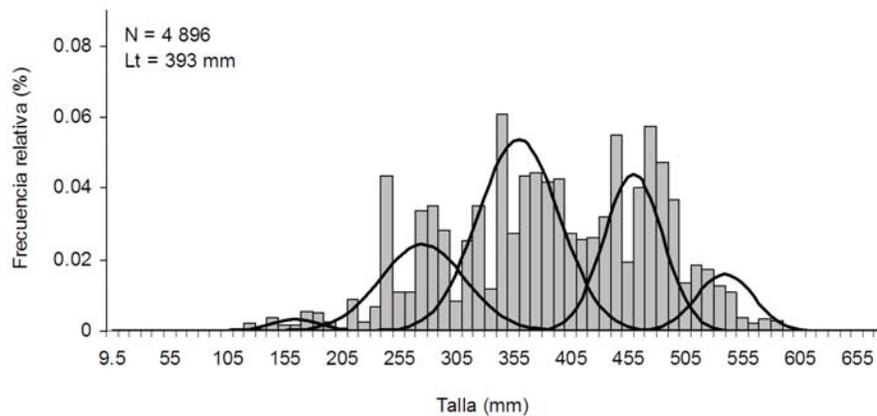


Fig. 6. Estructura de tallas de los organismos recolectados. Las curvas muestran las longitudes modales de cada cohorte.

lo que indica que el crecimiento es relativamente rápido, por lo que las tallas mínima, máxima y promedio se alcanzarían en 0.3, 13.08 y 3.31 años, respectivamente.

Respecto al peso total (P), los valores máximo y mínimo fueron de 10 y 392 g, respectivamente y el promedio de 136 gramos.

La relación P-L expresada en gramos y milímetros quedó definida como: $P = 0.00013764 \cdot Lt^{2.3115}$, mientras que en gramos y centímetros: $P = 0.0292 \cdot Lt^{2.3018}$. El valor del exponente b indica que el tipo de crecimiento es alométrico negativo, puesto que difirió significativamente de 3 ($p < 0.05$). Hubo alto grado de variación en el peso de los ejemplares de mayor talla, ya que puede haber diferencias de hasta 20% respecto al peso medio calculado con la ecuación P-L (Fig. 7).

La ecuación de crecimiento en peso fue: $P = 495.34[1 - e^{-0.215(t+0.33)}]^{2.3115}$, el $P_{\infty} = 495.34$ g y la longevidad estimada de 14 años.

Distribución de las frecuencias de tallas por tipo de trampa

El intervalo de las tallas de los ejemplares capturados con la trampa de 200 dm³ se encontró entre 195 y 605 mm, con un promedio de 396 mm; cabe señalar que la longitud de 68% de organismos rebasó los 350 mm, mientras que el número de modas indica que había individuos de cinco cohortes (Fig. 8a). Por otro lado, en las trampas de 50 dm³ los ejemplares midieron entre

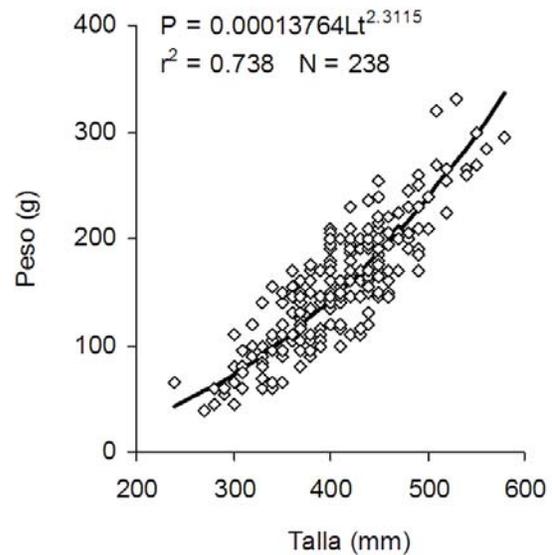


Fig. 7. Relación peso-talla de la bruja pintada *Eptatretus stoutii*.

240 y 615 mm, y su Lt promedio fue de 392 mm; en esta trampa, 72% de los peces retenidos fue mayor a 350 mm y también se identificaron cinco cohortes (Fig. 8b).

Las distribuciones de frecuencia de las tallas de los peces capturados con las dos trampas no fueron significativamente distintas, según los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Discusión

Con este trabajo se pretendía determinar la abundancia y la distribución de *E. stoutii*,

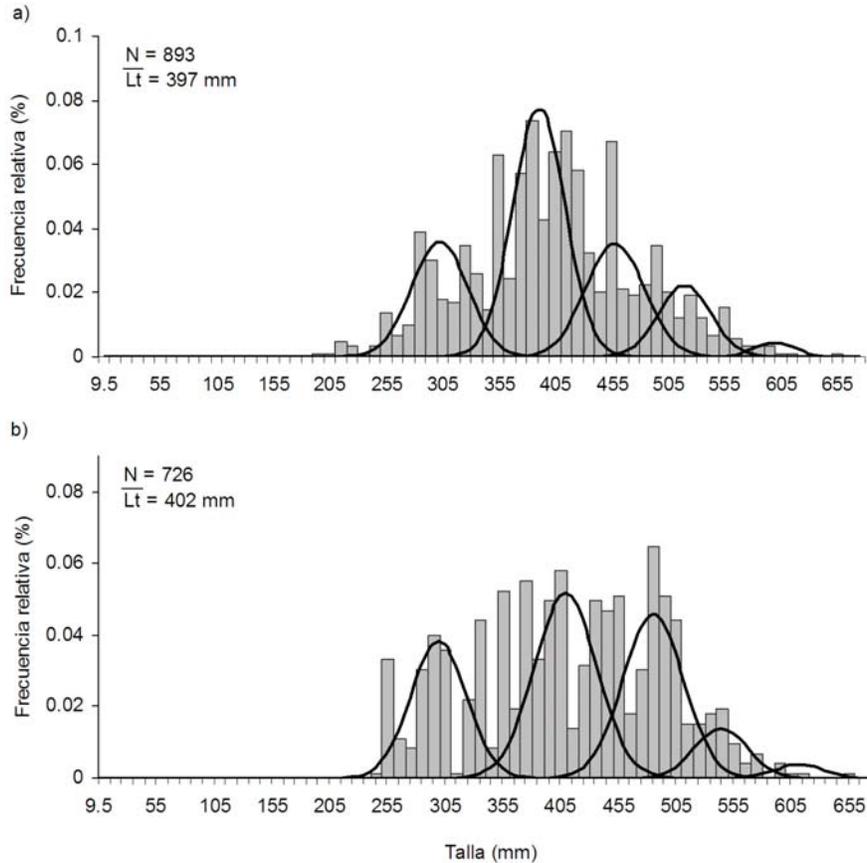


Fig. 8. Estructura de tallas de los ejemplares retenidos en las trampas de 200 dm³ (a) y de 50 dm³ (b). Las gráficas muestran las tallas modales de las cohortes de la bruja pintada vulnerables al arte de pesca.

dónde capturarlo, con qué y a qué profundidad, así como conocer algunos parámetros biológicos de los ejemplares capturados.

La CPUE promedio obtenida en las dos zonas donde se realizaron las campañas de pesca fue superior a la registrada en estudios similares desarrollados en otros países, en donde, como en el área de estudio, la CPUE fue mejor mas allá de los 100 m de profundidad (Tabla 5).

La bruja pintada fue más abundante en Bahía del Rosario, Punta San Carlos y Punta Colonet, cuyo tipo de fondo es fangoso-rocoso, mientras que en el resto del área es fangoso (Cap. José A. Carrillo⁷ com. pers.). Algunos autores mencionan que los mixínidos prefieren los

Tabla 4
Distribución de probabilidades para cada tiempo de reposo establecida según la prueba de Dunn

	12 h	24 h	36 h	48 h	60 h
12 h	1	0.02	0.00003	0.42	0.61
24 h	0.02	1	0.001	0.8	0.08
36 h	0.00003	0.001	1	0.11	0.003
48 h	0.42	0.8	0.11	1	0.43
60 h	0.61	0.08	0.003	0.43	1

fondos suaves; sin embargo, los ejemplares de *E. stoutii* pueden habitar también en fondos areno-fangosos e incluso con grava y rocas (Caillet *et al.*, 1991 tomado de Martini, 1998). Por otro lado, los miembros de esta especie son comunes más allá de los 100 m de profundidad (Martini, 1998), lo que explica por qué la CPUE fue mayor en las estaciones ubicadas frente a Bahía del Rosario y Punta San Carlos que frente a Punta

7. Cap. José A. Carrillo, capitán del barco *Antonia*.

Tabla 5

Capturas de mixínidos de los géneros *Eptatretus* y *Mixine*, obtenidas en trampas que permanecieron durante 24 h en reposo

Autor	Especie	Área geográfica	CPUE (kg•trampa ⁻¹)
Arancibia (1999) ¹⁰	<i>E. polytrema</i>	Chile central	1.72
Barss (1993)	<i>E. stoutii</i>	Oregón, EU	1.44
Fernholm (1974)	<i>E. burgueri</i>	Taiwán	1.22
Gorbman <i>et al.</i> (1990)	<i>E. burgueri</i>	Japón	2.22
Martini <i>et al.</i> (1998)	<i>M. glutinosa</i>	Golfo de Maine, EU	3.44
McQuinn <i>et al.</i> (1988)	<i>E. deani</i>	Columbia Británica, Canadá	2.45
El presente estudio	<i>E. stoutii</i>	Baja California, México	1.80

Colonet y en los sitios donde las trampas se depositaron a más profundidad (140-150 metros).

Las campañas de pesca se realizaron en periodos diferentes y entre ambas abarcan desde el final de la primavera hasta el final del invierno. Los datos de la CPUE de los dos periodos (mayo 2006-enero 2007 y noviembre 2007-marzo 2008) indican que la abundancia se incrementa entre verano y otoño, cuando alcanza su valor máximo, y disminuye entre invierno y primavera. La información generada en este trabajo no permite establecer si esta variación es cíclica, aunque la población que habita frente a California presenta cambios estacionales relacionados con la reproducción; allí se ha detectado que *E. stoutii* se desplaza hacia la costa para desovar entre diciembre y marzo, por lo que se incrementa la abundancia de individuos pequeños (hembras y jóvenes) que normalmente viven a mayor profundidad. Los animales retornan a las aguas más profundas entre abril y noviembre, por lo que sólo permanecen los machos más grandes en aguas más superficiales (Benson *et al.*, 2001).

La trampa de 50 dm³ fue la más apropiada para pescar a la bruja pintada; su forma y su tamaño son similares a las de la que se utiliza en la pesquería de esta misma especie en Estados Unidos y Chile (Barss, 1993; Leask y Beamish, 1999), y tiene la ventaja de que es más fácil de manipular que la trampa de 200 dm³.

Lamacarela fue más eficaz que la sardina cuando se utilizó como carnada; en otros países los mejores rendimientos también se alcanzaron cuando se le empleó, ya fuese *Trachurus symmetricus* y/o *Scomber japonicus* (Fernholm, 1974; Reid,

1990⁸) y merluza (Araya, 2007). La carne de estos peces es grasosa y libera grandes cantidades de materia orgánica, lo que atrae a los peces carroñeros, como la bruja pintada (Bjordal, 1983⁹; Ikeda *et al.*, 1988).

En California (EU) la talla de primera madurez, es decir, aquella a la que 50% de organismos está sexualmente maduro, es de 35 cm en los machos (Barss, 1993) y entre 35.4 (Nakamura, 1994 en Benson *et al.*, 2001) y 42 cm en hembras (Barss, 1993). Suponiendo que las características reproductivas de la población que habita frente a la costa noroccidental de BC fueran similares, la mayoría de los ejemplares capturados en este trabajo se habría reproducido al menos una vez, ya que 71% de organismos capturados con ambas trampas rebasó los 350 mm y 45% los 420 mm. En lo que respecta a la estructura de tallas de los ejemplares retenidos en cada tipo de trampa, se encontró que 72% de organismos atrapados en la de 50 dm³ excedió los 350 mm, por lo que el esfuerzo se aplicaría principalmente sobre los peces que ya se han reproducido. Al respecto, Kato (1990) y Barss (1993) mencionan que el Departamento de Vida Silvestre y Pesca de Oregón (ODFW) estableció como talla mínima de captura el equivalente a 370 mm de *Lt* y 118 g de peso, medidas que fueron

8. REID, R. 1990. Research on the fishery and biology of the hagfish. California Environmental Protection Agency Contract Number A8020-185. Carpinteria, CA. EU. 36p. Disponible en: <http://www.arb.ca.gov/research/apr/past/a800-185.pdf>
9. BJORDAL, A. 1983. Effect of different longline baits (mackerel, squid) on catch rates and selectivity for tusk and ling. ICES CM 1983/B:31, 9 pp. (mimeo).

superadas por más de 65% de los ejemplares atrapados en este estudio.

Las relaciones P-L calculadas en centímetros para los ejemplares capturados en Oregón (Barss, 1993) fueron $P_{\text{MACHOS}} = 0.00608 \cdot L_t^{2.65009}$ y $P_{\text{HEMBRAS}} = 0.00505 \cdot L_t^{2.6813}$. Los pesos calculados con estas funciones y con las obtenidas por Reid (1990⁸) fueron inferiores a los calculados en este estudio.

La tasa de crecimiento estimada en este trabajo fue relativamente elevada, por lo que la talla de madurez establecida por Barss (1993) se alcanzaría a los tres años de edad en el caso de los machos y de cuatro en el de las hembras; sin embargo, Nakamura (1994 en Benson *et al.*, 2001) calculó que los ejemplares que habitan frente al centro de la costa californiana mediría 35.4 cm entre los ocho y 12 años de edad. Esta diferencia indica que es necesario ampliar los estudios de edad y crecimiento, básicos para establecer las estrategias de administración del recurso.

Los ejemplares de esta especie aparentemente presentan variaciones en la distribución dependiendo del sexo y la edad; en California los machos grandes son más comunes en áreas cuya profundidad es cercana a los 100 m, las hembras a los 500 m y los jóvenes a los 250 m (Martini, 1998), así pues, es necesario ampliar los estudios biológicos para establecer si este patrón de distribución también se presenta frente a BC; de ser así, y de aplicarse el esfuerzo en el intervalo de profundidad que se utilizó en este estudio, la pesca afectaría en mayor proporción a los machos. Por ello, sería conveniente obtener información a ese respecto para evitar que las labores extractivas de este nuevo recurso afecten a los segmentos de la población que sean más vulnerables.

La abundancia de la bruja pintada y el amplio intervalo de profundidad en el que se distribuye sugieren que es un recurso con buenas perspectivas para ser explotado; aunque es necesario ampliar el estudio biológico para lograr que la pesca sea sustentable. Por su tamaño, los ejemplares proporcionan carne en abundancia, con buena textura y buen sabor. Los mixínidos tienen buena aceptación y demanda en los mercados internacionales, por lo que otros miembros de esta familia son explotados en diversos lugares del mundo, como la anguila babosa (*E. polytrema*), que se pesca desde hace varios

años en aguas jurisdiccionales del sur de Perú y Chile (Arancibia, 1999¹⁰).

La abundancia de la bruja pintada y los parámetros poblacionales sugieren que los pescadores de la costa occidental de la Baja California, cuya especie objetivo es la langosta (*Panulirus interruptus*), podrían explotarla. Los estudios preliminares de biomasa (Flores, 2009¹¹) indican que se podría extraer un total de 70-90 t al año por embarcación, dado que el método estructurado para la talla indica que podría haber una biomasa explotable de 24 000 t en toda el área de estudio, equivalente a un desembarque de la actual pesquería en Oregón, EU. Esto repercutiría positivamente en la economía regional y beneficiaría a los pescadores que se dedicaran a la extracción de este nuevo recurso.

Conclusiones

- Los mayores rendimientos de pesca se obtuvieron en la fase exploratoria, con valores promedio de 2.8 kg·trampa⁻¹; por otra parte, en la etapa experimental la CPUE promedio fue de 2.2 kg·trampa⁻¹.
- Las capturas fueron más abundantes en Bahía del Rosario, Punta San Carlos y Punta Colonet.
- La bruja pintada se distribuye desde los 50 hasta los 160 m de profundidad. Los mayores rendimientos se encontraron entre 141 y 150 m, con valores superiores a 5.14 kg·trampa⁻¹.
- El mayor rendimiento se obtuvo en las trampas de 50 dm³ (3.5 kg·trampa⁻¹), con macarela (3.6 kg·trampa⁻¹) como carnada y con un tiempo de reposo de 24 horas (1.56 kg·trampa⁻¹).

10. ARANCIBIA, H. 1999. Desarrollo de nuevas pesquerías en recursos marinos bentónicos gamba de profundidad, pelágicas calamar común y demersal anguila de profundidad, en Chile central. Informe cuatrimestral, Universidad de Concepción. Chile. 230p.

11. FLORES, J. 2009. Informe Técnico Final del proyecto denominado: Pesca exploratoria y experimental de la bruja pintada (*Eptatretus stoutii*) con el uso de trampas en la costa occidental de la Baja California. Objetivo 2 "Estimación de abundancia y biomasa de la bruja pintada (*Eptatretus stoutii*), en la costa occidental de la Baja California, México". CONAPESCA-INP. En revisión.

- La talla promedio de los ejemplares fue de 393 mm y los valores mínimo y máximo fueron de 130 y 650 mm, respectivamente. Por otro lado, los datos extremos de peso correspondieron a 10 y 392 g y el promedio de 136 g. En ambas trampas se capturaron ejemplares de cinco cohortes.
- La ecuación de crecimiento en talla fue: $L_t = 686[1 - e^{-0.215(t+0.624)}]$, y en peso: $P = 495.34[1 - e^{-0.215(t+0.624)}]^{2.3115}$ con una longevidad de 14 años.

Agradecimientos

Al Dr. Héctor Chapa Saldaña por sus revisiones en la etapa inicial del trabajo, a los observadores científicos que recabaron la información utilizada, al Ing. Jorge Fonseca y al Biol. Pesq. Oscar Fonseca, a Kima Corporation por las facilidades para la toma de información a bordo.

Literatura citada

- ADAM, H. y R. Strahan. 1963. Notes on the habitat, aquarium maintenance, and experimental use of hagfishes. *En*: A. Brodal y R. Fange (eds.). The biology of *Myxine*. Scandinavian Univ. Books, Oslo, pp: 33-41.
- ARAYA, J. 2007. Determinación del tipo de trampa y tiempo de reposo diurno para la captura de anguila babosa (*Eptatretus polytrema*) en la zona de Quintay, Valparaíso, Chile. Tesis Profesional. Escuela de Ciencias del Mar, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Chile. 12p.
- BAGENAL, T. 1978. Aspects of fish fecundity. *En*: S.D. Gerking (ed.). Ecology of freshwater fish production. Blackwell Scientific, Oxford, Gran Bretaña, pp: 75-101.
- BARSS, W. 1993. Pacific hagfish *Eptatretus stoutii*, and black hagfish *E. deani*. The Oregon fishery and port sampling observations, 1988-92. *Marine Fisheries Review* 55(4):19-30.
- BENSON, A.J., C.M. Neville y G.A. McFarlane. 2001. An update for the British Columbia experimental fishery for Pacific hagfish (*Eptatretus stoutii*). Department of Fisheries and Oceans Canada, Pacific Biological Station, British Columbia, Canada. Disponible en: http://www.dfompo.gc.ca/csas/Csas/DocREC/2001/RES2001_149e.pdf
- CAILLIET, G.C. 1991. The biology and fisheries potential of hagfish. Moss Landing Mar. Lab., Moss Landing, Calif., Calif. Sea Grant Final Rep., RIF-129.
- CHIRICHIGNO, N. 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Informes Instituto del Mar del Perú-IMAPRE. Callao, Perú. 44:1-387.
- CHIRICHIGNO, N. 1978. Nuevas adiciones a la ictiofauna marina del Perú. Informe Instituto del Mar del Perú- IMAPRE. Callao, Perú. 46:1-109.
- CONOVER, W.J. 1999. *Practical nonparametric statistics*. 2nd ed. John Wiley and Sons, EU. 493p.
- DAWSON, J.A. 1963. The oral cavity, the 'jaws' and the horny teeth of *Myxine glutinosa*. *En*: A. Brodal y R. Fange (ed.). The biology of *Mixine*. Scandinavian Univ. Books, Oslo, pp: 231-255.
- FERNHOLM, B. 1974. Diurnal variations in the behaviour of the hagfish *Eptatretus burgeri*. *Marine Biology* 27(1):351-356.
- FERNHOLM, B. 1998. Hagfish systematics. *En*: J.M. Jørgensen, J.P. Lomholt, R.E. Weber y H. Malte (eds.). The biology of hagfishes. Chapman and Hall. Londres. Reino Unido, pp: 33-44.
- GARMAN, S. 1899. Reports of an exploration of west coast of Mexico, Central and South America and the Galapagos Island, in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. Fish Commission Steamer "Albatross", during 1891, Lieut. Cmdr. Z. L. Tanner, U.S.N. commanding. XXVI: The Fishes. *Memory Museum Comparative Zoology* 24:1-431.
- GORBMAN, A., H. Kobayashi, Y. Honma y M. Matsuyama. 1990. The hagfishery of Japan. *Fisheries* 15(4):12-18.
- HONMA, Y. 1998. Asian hagfishes and their fisheries biology. *En*: J.M. Jørgensen, J.P. Lomholt, R.E. Weber y H. Malte (eds.). The biology of hagfishes. Chapman y Hall. London, pp: 45-56.
- IKEDA, I., Hosokawa, H., Shimeno, S. y Takeda, M. 1988. Identification of feeding stimulants

- for jack mackerel in its muscle extract. *Nippon Suisan Gakkaishi* 54:229-233.
- KATO, S. 1990. Report on the biology of Pacific hagfish, *Eptatretus stoutii*, and development of its fishery in California. National Marine Fisheries Service, Tiburon, CA. Technical Report, EU. 39p.
- KNAGGS, E.H., J.S. Sunada y R.N. Lea. 1975. Notes on some fishes collected off the outer coast of Baja California. *California Fish and Game* 61:56-59.
- KRUTCHKOF, R.G. 1988. One-way fixed effect analysis of variance when the error variances may be unequal. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 30:259-271.
- LEASK, K.D. y R.J. Beamish. 1999. Review of the fisheries and biology of the Pacific hagfish (*Eptatretus stoutii*) in British Columbia, with recommendations for biological sampling in a developmental fishery. Research Document 99-205, Canadian Stock Assessment Secretariat. 47p. Disponible en: http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/csas/DocREC/1999/pdf/99_205e.pdf
- MARTINI, F., M. Lesser y J. B. Heiser. 1997. Ecology of the hagfish, *Myxine glutinosa* L., in the Gulf of Maine: II. Potential impact on benthic communities and commercial fisheries. *Journal of Experimental Biology* 214:97-106.
- MARTINI, F.H. 1998. Ecology of hagfishes. En: J.M. Jørgensen, J.P. Lomholt, R.E. Weber y H. Malte (eds.). The biology of hagfish. Chapman y Hall, Londres, Reino Unido, pp: 57-77.
- MARTINI, F.H., M.P. Lesser y J.B. Heiser. 1998. A population profile for hagfish, *Myxine glutinosa*, in the Gulf of Maine. Part 2: Morphological variation in population of *Myxine* in the North Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin* 96(3):516-524.
- MCQUINN, I. H., L. Gendron y J. H. Himmelman. 1988. Area of attraction and effective area fished by a whelk (*Buccinum undatum*) trap under variable conditions. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45:2054-2060.
- MELVIN, E.E. y S.A. Osborn. 1992. Development of the west coast fishery for Pacific hagfish. U.S. Dep. Commer., NOAA, Wash. Sea Grant Prog., Final Rep. NMFS, NA90AA-HSK142, EU. 47p.
- POWELL, M., S. Kavanaugh y S. Sower. 2005. Current knowledge of hagfish reproduction: Implication for fisheries management. *Integrative and Comparative Biology* 45:158-165.
- SOKAL, R.R. y F.J. Rohlf. 1981. *Biometry*. Freeman, EU. 859p.
- SPARRE, P. y S.C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. *FAO Documento Técnico de Pesca*, 306.1 Rev. 2: 420p.
- TAYLOR, C.C. 1960. Temperature, growth and mortality. The Pacific cockle. *Journal du Conseil* 26(1):177-224.
- TRAC. 2001. TRAC advisory report on stock status: a report of the fourth meeting of the Transboundary Resources Assessment Committee (TRAC), St. Andrews Biological Station, St. Andrews, New Brunswick, April 17-20, 2001. Northeast Fisheries Science Center Reference Document 01-08; 18p. Disponible en: http://www.mar.dfo-mpo.gc.ca/science/TRAC/reports%5Ccrd_01_08.pdf
- WISNER, L.R y C.B. McMillan. 1995. Review of new world hagfish of the genus *Myxine* (Agnatha, Myxinidae) with descriptions of nine new species. *Fishery Bulletin* 93: 530-550.
- ZAR, J.H. 1999. *Biostatistical analysis*. 4th ed. Prentice Hall, Nueva Jersey, 663p.

Recibido: 12 de diciembre de 2008.

Aceptado: 7 de septiembre 2009.