

Selectividad de redes para capturar curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) en el Alto Golfo de California, México

Selectivity of gill-nets used in curvine (*Cynoscion othonopterus*) fishery in the upper Gulf of California, Mexico

Luis Rafael Solana-Sansores,¹ Irma Dicante,² Lehi Luna² y Raúl Villaseñor Talavera³

¹Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Baja California. Km 103 Carr. Tijuana-Ensenada, Ensenada, Baja California, 22860, México

²Biocología, Ingeniería, Innovación y Gestión. Av. Pirules # 735. Fracc. Valle Verde. Ensenada, Baja California, 22839, México

³Dirección General de Ordenamiento Pesquero, Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, SAGARPA. Av. Sábalo y Tiburón s/n, Mazatlán, Sinaloa, México
e-mail: solana_sansores@yahoo.com.mx

Solana-Sansores L. R., I. Dicante, L. Luna y R. Villaseñor Talavera. 2012. Selectividad de redes para capturar curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) en el Alto Golfo de California, México. *Hidrobiológica* 22(2): 132-141.

RESUMEN

Se presentan los resultados obtenidos de evaluar la selectividad de las redes de enmalle utilizadas en la pesca de curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*) en el Alto Golfo de California (AGC). En abril de 2009 se realizó un trabajo de campo en donde se evaluaron 187 lances de pesca comercial con tres diferentes tamaños de luz de malla, registrándose un total de 15,970 tallas de ejemplares de curvina golfina, con base en un diseño de muestreo probabilístico polietápico. Primeramente, un análisis exploratorio de los datos reveló que existe un patrón espacial en el esfuerzo pesquero y en los resultados de la captura (tanto en tallas como en peso total), que permitió estratificar de acuerdo a la zona de pesca. Bajo este marco, se obtuvieron diversos modelos de selectividad de los diferentes tamaños de las redes y frecuencia de tallas, por sitio de pesca, utilizando Modelos Lineales Generalizados. En este análisis se supone que la distribución del número de peces de una clase de talla es asintótica a una distribución de probabilidad de Poisson. Se ajustaron tres diferentes funciones de probabilidad exponencial: la función normal; la log-normal y la Gamma, evaluando el mejor ajuste en cada caso, utilizando como criterio la razón de máxima verosimilitud. De acuerdo con el modelo seleccionado, los resultados muestran que solamente el uso de redes de enmalle con 14.6 cm de luz de malla mantiene la pesca incidental de individuos menores a 65 cm por debajo del 35% y es la única que cumple con la normatividad mexicana.

Palabras clave: Alto Golfo de California, curvina golfina *Cynoscion othonopterus*, modelos lineales generalizados, red de enmalle, selectividad.

ABSTRACT

Results are presented for the evaluation of gillnet selectivity of gulf curvine (*Cynoscion othonopterus*) in the Upper Gulf of California (UGC). In April 2009, 187 commercial fishing hauls were evaluated using three different mesh sizes, registering a total of 15,970 fish sizes, based on a multistage probability sampling design. A first exploratory data analysis revealed a spatial pattern of fishing effort, related to astronomical tidal movements and schools of Gulf curvine moving toward the Colorado River Delta. Given this information, we performed a stratification of data according to the day of the tide and fishing area, to evaluate the selectivity of different gill nets used by the fishing fleet. This was accomplished

by means of a frequency analysis of the sizes of fish caught in each mesh, using generalized linear models. The analysis assumes that the distribution of the number of fish of a given size is asymptotic to a Poisson probability distribution. The different size distributions, according to the day of the tide and fishing area, were fitted to three different exponential probability functions including normal function, log-normal and Gamma in order to obtain the best model in each case, using maximum likelihood as fit criterion. Results show that only the use of gill nets with 14.6 cm mesh size maintains by catch below 35% for individuals smaller than 65 cm, as required by regulation.

Key words: *Cynoscion othonopterus*, generalized linear models, gulf curvine, upper Gulf of California gillnet, selectivity.

INTRODUCCIÓN

La norma oficial mexicana NOM-063-PESC-2005 es el instrumento que regula el aprovechamiento pesquero de la curvina golfina (*Cynoscion othonopterus*; Jordan & Gilbert, 1882) en el Alto Golfo de California. Su objetivo es "establecer los términos y condiciones para su aprovechamiento". Entre otros elementos se establece que el arte de pesca para la captura de dicha especie deberá ser una "red agallera construida con hilo de monofilamento de 14.6 cm (5 ¾ pulgadas) de luz de malla y una longitud máxima de 293 m (160 brazas) de paño relingado". Además, determina que la talla mínima de captura será de 65 cm de longitud total, estableciendo una tolerancia de 35% del número de ejemplares por debajo de dicha talla. De este modo, para evaluar el cumplimiento de las especificaciones mencionadas y para conocer la efectividad del instrumento de regulación para proteger a la especie se hace necesario un estudio de selectividad del arte de pesca.

La curvina golfina (*C. othonopterus*) es una especie endémica del Alto Golfo de California con hábitos demersales y un amplio espectro trófico. De acuerdo con la literatura alcanza una longitud máxima de 92 cm (Roman-Rodríguez, 2000). Una de las características principales de esta especie es que realiza un circuito migratorio desde el Alto Golfo de California hacia los lugares de desove, en el Delta del Río Colorado (Chao & Musick, 1977). Esta migración la realiza en un amplio periodo, desde octubre hasta junio del siguiente año. A su llegada, inicia un proceso de maduración y alimentación (Roman-Rodríguez, 1990), de tal forma que durante los meses de febrero y abril se observa un gran porcentaje de individuos maduros o madurando. A partir de finales de marzo se observa que la maduración es completada en toda la población, obteniéndose un pico de desove en abril, principalmente en los canales del Delta del Río Colorado.

La flota pesquera del Alto Golfo de California de esta especie se compone de pequeñas embarcaciones de aproximadamente 6 m de eslora, dotadas con motores fuera de borda de 60 a 120 HP. La flota tiene su base en tres principales puertos: 1) Santa Clara, Sonora con aproximadamente 400 embarcaciones; 2) San Felipe, B.C. con 300 embarcaciones y 3) El Valle de Mexicali, BC con 100 unidades pesqueras. De acuerdo con la norma mexicana, las actividades de pesca de curvina golfina se verifican desde octubre hasta abril; sin embargo, en marzo y abril es cuando se

obtienen los mayores rendimientos pesqueros. Las maniobras de pesca se realizan durante los movimientos de marea, aproximadamente tres a cuatro días por evento, utilizando una red de enmalle. Las dimensiones de las artes de pesca, materiales para su construcción, número de plomos, etc., son semejantes entre flotas pesqueras (Roman-Rodríguez, 2000). Sin embargo, hasta la temporada de pesca 2008-2009 la luz de malla de las redes registraba diferentes tamaños desde 7.6 cm (3.0 pulgadas) hasta 16.5 cm (6.5 pulgadas) y, en su mayoría, no cumplían con las especificaciones consignadas en el instrumento de regulación.

Es importante mencionar que la norma mexicana supone que las especificaciones del arte de pesca está íntimamente relacionada con los eventos más importantes del ciclo biológico de la curvina golfina (NOM-063-PESC-2005). Por ejemplo, la talla mínima de captura de 65 cm está relacionada con el primer evento de reproducción que experimenta la curvina golfina (Acosta Valenzuela, 2008). De esta forma, este instrumento de regulación protege los eventos reproductivos y por tanto ayuda a la conservación de la especie, protegiendo a los ejemplares que no han realizado al menos un primer desove.

Por lo comentado en los párrafos precedentes, la falta de conformidad observada entre las artes de pesca utilizadas anteriormente, de acuerdo a lo especificado en la norma oficial mexicana NOM-063-PESC-2005, no permitía cumplir con los objetivos de Conservación y Aprovechamiento Sustentable de ese recurso. Por ello, el gobierno mexicano a través de su organismo regulador pesquero implementó un programa de sustitución de artes de pesca, donde se le dotaría al sector pesquero con equipo de dimensiones especificadas en la norma. Posteriormente, para evaluar los resultados del programa se realizó una comparación de las características de las capturas de las nuevas artes de pesca contra las tradicionales. De esta forma, en este escrito se presentan los resultados de dicha evaluación, en relación a la selectividad de las nuevas artes de pesca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en la Reserva del Alto Golfo de California (AGC). Como su nombre lo indica, se localiza en la parte norte del Golfo de California, en los municipios de San Luis Río Colorado y Puerto Peñasco, Sonora y de Mexicali, Baja California, entre los

paralelos 31°00' - 32°10' N y 113°30' - 115°15' O; y se extiende sobre 934,756 hectáreas (Campoy & Román, 2002), en zona terrestre y marina. Los sitios donde se observaron las operaciones de las flotas pesqueras y donde se extrajeron las muestras correspondientes para el estudio de Selectividad de la Red son las zonas costeras de los poblados de San Felipe y la zona del Zanjón en Mexicali, Baja California y en Santa Clara, Sonora. Dichas operaciones fueron realizadas desde dos hasta 50 m de profundidad.

Se realizaron dos campañas de muestreo durante las mareas de abril del 2009, con el fin de obtener información de la pesca de curvina golfina. En ellas se definieron dos fuentes de información: 1) Observadores a bordo de viajes de pesca y 2) Muestreos de desembarco. La primera consistió en el traslado de observadores a bordo de las embarcaciones, donde cada embarcación se eligió siguiendo un diseño de muestreo en tres etapas, bajo un esquema de muestreo sistemático con arranque aleatorio y una fracción de muestra cercana al 10% de los viajes de pesca (Solana-Sansores *et al.*, 2001). La información registrada consistió en la ubicación geográfica de la embarcación al momento de realizar un lance de pesca, la hora en que se realizó y la duración del mismo. Además, en cada lance de pesca se registró la captura total en kg, tanto de la especie objetivo como de las especies incidentales. Por último, obteniendo un submuestreo de ejemplares de curvina golfina capturados por lance, se registraron algunas mediciones biométricas, como la longitud total (en centímetros) y el peso individual en gramos. Por su parte, el muestreo de desembarco consistió en la obtención de embarcaciones muestras siguiendo un diseño de muestreo probabilístico bietápico (Cochran, 1980; Solana-Sansores & Arreguín-Sánchez, 1991). Para este caso, las unidades primarias fueron las embarcaciones que arribaron al sitio y las unidades secundarias los peces; en estas últimas se registraron las medidas biométricas mencionadas arriba. La información obtenida en las dos fuentes fue digitalizada en una base de datos para su posterior análisis.

En el análisis exploratorio de datos se generaron histogramas para representar las distribuciones de las longitudes totales (tallas), por luz de malla, sitio de pesca, marea y posibles combinaciones de estos factores. Asimismo, se generó un histograma para representar las formas de captura en cada lance. Con la información de la distribución de tallas, también se analizó las formas en que los peces fueron atrapados. En general se observaron tres formas de pesca con el enmalle: a) Aprisionados, b) Enmallados (atrapados por el opérculo) y c) Enredados. Esto último permitió filtrar posibles datos aberrantes e influyentes que pudieran dar un sesgo no deseado a la información. Las distribuciones muestrales de las tallas, por zona y tamaño de malla, fueron contrastadas por medio de la prueba de hipótesis de Kolmogorov-Smirnov, en su versión de múltiples muestras (Chakravarti, Laha, & Roy, 1967).

Para el análisis de la selectividad, se adaptó el método propuesto por Millar & Holst (1997), que consiste en definir un mode-

lo Log-lineal para estimar las curvas de selectividad de los diferentes tamaños de luz de malla simultáneamente. Su ventaja es la amplia variedad de modelos de tipo exponencial que permiten modelar diversas estructuras de distribución empírica, resultado de muestreos aleatorios (McCullag & Nelder, 1989; Chambers & Hastie, 1992; Hastie & Tibshiranie, 1990). De esta forma, para ajustar algún modelo Log-Lineal, se supone que en cada clase de longitud definida (L), la captura del número de peces y_{ij} en un j -ésimo tamaño de luz de malla se distribuye asintóticamente como un función de probabilidad Poisson; es decir:

$$Y_{Lj} \sim P(p_j \lambda_L) \quad (1)$$

Donde el valor esperado del conteo ($p_j \lambda_L$) es el producto de la abundancia de la clase de longitud L (λ_L) y la intensidad de pesca (p_j) relativa al tamaño de luz de malla j -ésimo de una red de enmalle.

Ahora, sea $r_j(L)$, la probabilidad de retención (curva de selectividad) de un pez de longitud L en el j -ésimo tamaño de luz de malla. Entonces, el número de peces de la clase de longitud L capturados en el j -ésimo tamaño de luz de malla, N_{Lj} es también una Poisson. Es decir:

$$N_{Lj} \sim P(p_j \lambda_L r_j(L)) \quad (2)$$

Con los supuestos anteriores es posible construir un modelo Log-lineal para la estimación de los parámetros de una curva de selectividad, de la siguiente manera. Sea $v_{Lj} = p_j \lambda_L r_j(L)$, el valor esperado del número de peces de talla L , capturados por el j -ésimo tamaño de luz de malla. Si se obtienen logaritmos en ambos lados de la expresión, el modelo queda de la siguiente forma:

$$\log(v_{Lj}) = \log(p_j) + \log(\lambda_L) + \log(r_j(L)) = \sum_i \beta_i f_i(j, L) \quad (3)$$

Donde $f_i(j, L)$ denota un término que solamente es función de j , de L o de ambos. De este modo el modelo de Máxima Verosimilitud es un modelo log-lineal. Esto puede ajustarse empíricamente por el uso de Modelos Lineales Generalizados suponiendo diferentes funciones de enlace; algunos modelos utilizados como función de enlace para este tipo de modelos se presentan en la Tabla 1. Estas funciones son aplicadas bajo los siguientes supuestos: 1) El poder de pesca no varía con el tamaño de la malla, o 2) El poder de pesca varía con el tamaño de la malla. Cada modelo y supuesto se aplicó de manera separada en los dos sitios de desembarco: Valle de Mexicali ("El Zanjón"), B.C. y Golfo de Santa Clara, Son. De esta forma, en la modelación de los datos se probaron 16 modelos diferentes, de los cuales sólo dos fueron escogidos, uno para cada sitio. La modelación se desarrolló mediante la implementación y adaptación de algoritmos en S-plus versión 8.0 y en MatLab versión 7.6.

Tabla 1. Modelos de probabilidad para estimar las curvas de selectividad.

Modelo	Curva de Selectividad	Componentes de la sumatoria (i > 0)
Normal, con varianza fija	$e^{\left(-\frac{(L-km_j)^2}{2\sigma^2}\right)}$	$\left[\frac{k}{\sigma^2}\right]\{Lm_j\} + \left[-\frac{k^2}{2\sigma^2}\right]\{m_j^2\}$
Normal, con varianza proporcional al tamaño de la malla, m_j	$e^{\left(-\frac{(L-k_1m_j)^2}{2k_2m_j^2}\right)}$	$\left[\frac{k_1}{k_2}\right]\left\{\frac{L}{m_j}\right\} + \left[-\frac{1}{2k_2}\right]\left\{\left(\frac{L}{m_j}\right)^2\right\}$
Gamma, con varianza proporcional al tamaño de la malla, m_j	$\left(\frac{L}{(\alpha-1)km_j}\right)^{\alpha-1} e^{\left(\alpha-1-\frac{L}{km_j}\right)}$	$[\alpha-1]\left\{\log\left(\frac{L}{m_j}\right)\right\} + \left[-\frac{1}{k}\right]\left\{\left(\frac{L}{m_j}\right)\right\}$
Log-normal, con varianza proporcional al tamaño de la malla, m_j	$\frac{1}{L} e^{\left(\mu_1 + \log\left(\frac{m_j}{m_1}\right) - \frac{\sigma^2}{2} \frac{\left(\log(L) - \mu_1 \log\left(\frac{m_j}{m_1}\right)\right)^2}{2\sigma^2}\right)}$	$\left[\frac{1}{\sigma^2}\right]\left\{\log(L) \log\left(\frac{m_j}{m_1}\right) - \frac{1}{2} \log^2\left(\frac{m_j}{m_1}\right)\right\} + \left[1 - \frac{\mu_1}{\sigma^2}\right]\left\{\log\left(\frac{m_j}{m_1}\right)^2\right\}$

RESULTADOS

Se obtuvo información de la captura de tres diferentes aberturas de malla: 12.7 cm (5.0 pulgadas); 13.9 cm (5.5 pulgadas) y 14.6 cm (5.75 pulgadas) en dos flotas pesqueras: Valle de Mexicali, B.C. y Golfo de Santa Clara, Son. Para cada lugar y flota pesquera se observó una dinámica espacial de pesca diferente, como se observa en la Figura 1, donde se clasifican tres zonas: zona A, de los dos a los 6 metros de profundidad; zona B, de los seis hasta 10 metros de profundidad y zona C, de diez a 30 metros de profundidad. Se observa que la flota pesquera de Santa Clara mostró un patrón espacial más amplio que la del Valle de Mexicali, realizando lances de pesca tanto en la zona marina, como en las cercanías del Delta del Río Colorado. Las profundidades en las cuales realizó las maniobras de pesca fueron desde los dos hasta los 30 metros, durante todos los días de la marea. Por su parte, la flota del Valle de Mexicali restringió sus actividades de pesca en la zona del Delta del Río Colorado.

Hasta la temporada 2008-2009, las dos flotas pesqueras difieren en las características de las artes de pesca. Por ejemplo, el armado de la red fue diferente y estaba relacionado con las características de la zona y la profundidad en donde fue utilizado. En la Figura 1, se presenta además los patrones de distribución espacial y las profundidades a las que se efectuaron los lances de pesca, relacionado con el número de flotadores y plomos. En la zona A, se utilizaron redes con 2 flotadores y 18 plomos por cada metro de longitud; en la zona B, se utilizaron redes con 3 flotadores y 18 plomos por cada metro de longitud y en la zona C, se utilizaron 7 flotadores y 30 plomos por cada metro de longitud (Tabla 2). Se observa que las redes operadas desde las embarcaciones de Santa Clara utilizaron mayor cantidad de flotadores y plomos (zonas B y C), tal vez para que el arte de pesca abarcara

una mayor superficie en su operación. Por su parte, las embarcaciones del Valle de Mexicali, muestran que el número de plomos por cada 10 m de longitud de red es en menor cantidad debido a la gran cantidad de sedimentos.

En cuanto a las características de la captura se observaron importantes diferencias en un sentido espacial y en los días de la marea; algunas estadísticas básicas por profundidad y características de la red se presentan en la Tabla 2. Así se observa que, por ejemplo, a menor profundidad la captura promedio por lance de pesca se incrementa. De esta forma, los lances de pesca efectuados entre los diez y treinta metros de profundidad tuvieron un rendimiento promedio de 70 kg, mientras que en los efectuados a una profundidad de dos a seis metros se registro una captura promedio de 267 kg, lo cual representa una proporción aproximada de un tercio a los realizados en las inmediaciones del Delta del Río Colorado. Así, los niveles de captura por lance muestran un gradiente de profundidad desde la zona oceánica hacia el río. Este gradiente coincide también con los días de marea.

En cuanto al análisis de las tallas, se registraron un total de 15,970 mediciones de la longitud total (cm) de ejemplares de cur-

Tabla 2. Captura promedio de curvina golfina (*C. othonopterus*) en relación con la profundidad de operación de las redes y cantidad de flotadores y plomos por cada 10 metros de longitud.

Profundidad (m)	Número de flotadores/m	Número de plomos/m	Captura kg/lance
10-30 m	7	30	70.4
6-10 m	3	18	103.1
2-6 m	2	18	267.4

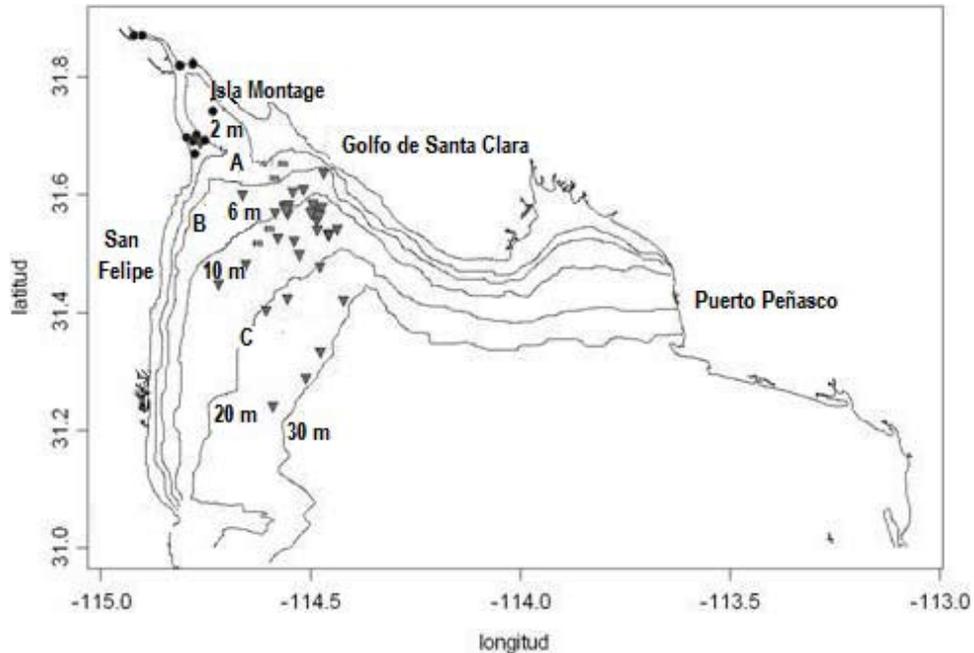


Figura 1. Patrones espaciales de los lances de pesca con respecto a la profundidad, el número de plomos en la relinga y número de flotadores utilizados por las flotas pesqueras del Valle de Mexicali, Baja California (VM) y Golfo de Santa Clara, Sonora (GSC). Zona A, 2 flotadores y 18 plomos por cada metro de longitud de la red; zona B, 3 flotadores y 18 plomos por cada metro de red; y zona C, 7 flotadores y 30 plomos por cada metro de longitud de red. Los triángulos representan los lances de pesca efectuados por la flota pesquera de GSC, los círculos representan los lances de pesca realizados por la flota pesquera de VM.

vina golfina (*C. othonopterus*) en la muestra. El 99% de los valores de longitud se incluyen en un intervalo entre 51 y 88 cm, registrándose una media aritmética de 69 cm igual que la mediana, lo que significa que la distribución de frecuencias es simétrica con respecto a su valor central (Tabla 3). Asimismo, se observó que el 50% de los registros centrales de tallas (longitud total en centímetros), estuvo entre 67 y 71 cm. Con los valores resultantes de estas estadísticas es posible concluir que la muestra de tallas tiene una forma simétrica en torno al valor de 69 cm y que muestra una baja variabilidad, de tal forma que en un intervalo de 4 cm se tiene el 50% de los datos centrales (Fig. 2).

Los valores de las medias aritméticas de la longitud total mostraron un valor semejante, cercano a 69 cm, con una ligera diferencia para la malla de 12.7 cm (5.0 pulgadas), donde se registró una media aritmética de 68.0 cm de LT. Sin embargo, al aplicar la prueba de Kolmogorov-Smirnov, las tres estructuras de tallas fueron significativamente diferentes ($p < 0.001$). La falta de diferencias en los estadísticos centrales en las tallas por tamaño de malla, pueden deberse a que existen factores naturales tales como la profundidad en la zona de pesca, las corrientes de agua y el incremento en la vulnerabilidad, que están involucrados con el lugar donde se operó la red.

Comparando las estadísticas básicas, por sitio de captura, se observó que las tallas registradas en el Valle de Mexicali (Delta

del Río Colorado), se encuentran alrededor de 71 cm, tanto para la media aritmética como para la mediana; tres centímetros mayor a las registradas en Santa Clara (Tabla 3). En Santa Clara, Son., las tres mallas mostraron una media aritmética semejante con los valores de 68.3, 69 y 69.2 cm para las redes de 12.7, 13.97 y 14.6 cm de luz de malla, respectivamente. El valor ligeramente menor en la malla de 12.7 cm (5 pulgadas) también se observó en los valores de la mediana. Por su parte, en el Valle de Mexicali los valores de las medias aritméticas y las medianas fueron ligeramente superiores a los del otro sitio, obteniéndose los valores de 70.8 y 70.7 cm para las redes de 12.7 y 14.6 cm respectivamente. Asimismo, los valores de los cuartiles en los dos tamaños de malla que se utilizaron en el Valle de Mexicali también fueron ligeramente mayores a los de Santa Clara (Tabla 3). Esto podría indicar que el factor espacial y la profundidad juegan un papel fundamental en las características de la captura.

Para determinar la efectividad de captura de las redes de enmalle de acuerdo al tamaño de la luz de malla y tipo de captura (enmallados, atrapados o enredados), se realizó una inspección del tipo de captura de cada uno de los 792 individuos de las submuestras y su relación con la talla. En la figura 3 se presenta las proporciones de las categorías de captura por clase de longitud total. Se puede observar que más de 95% de los peces fueron capturados a través de su abertura opercular (enmallados); ésta es la forma adecuada como debe funcionar una red agallera o

Tabla 3. Estadísticas descriptivas de las longitudes totales (cm) de 15,970 ejemplares de curvina golfina (*C. othonopterus*), dividida por los criterios: luz de malla, sitio de captura y mareas (primera y segunda de abril de 2009).

Característica	Tamaño de muestra	Media aritmética	Mediana	Cuartil 1	Cuartil 2	Distancia intercuartil	Prueba de Kolmogorov-Smirnov
Total	15,970	69.1	69.0	67.0	71.0	4.0	No aplica
Luz de malla							
5.00 pulg	4705	65.6	68.0	66.0	70.0	4.0	ks = 0.24445; p = 0.0036
5.50 pulg	2000	69.0	69.0	66.0	71.0	5.0	
5.75 pulg	8966	69.2	69.0	67.0	71.0	4.0	
Sitio de Captura							
Santa Clara	9106	69.0	69.0	67.0	71.0	4.0	ks = 0.1098; p = 0.0001
Valle de Mexicali	6864	70.8	71.0	68.0	74.0	6.0	
Mareas de abril							
Primera	6,408	69.5	69.0	67.0	72.0	5.0	ks = 0.1411; p = 0.0005
Segunda	8,261	68.3	68.0	66.0	71.0	5.0	
Por sitio y luz de malla							
Santa Clara							
5.00 pulg	Nd	68.3	68.0	66.0	70.0	4.0	Nd
5.50 pulg	Nd	69.0	69.0	66.0	71.0	5.0	
5.75 pulg	Nd	69.2	69.0	67.0	71.0	4.0	
Valle de Mexicali							
5.00 pulg	Nd	70.8	71.0	68.0	74.0	6.0	Nd
5.75 pulg	Nd	70.7	70.5	68.0	74.0	6.0	

Nd: No disponible.

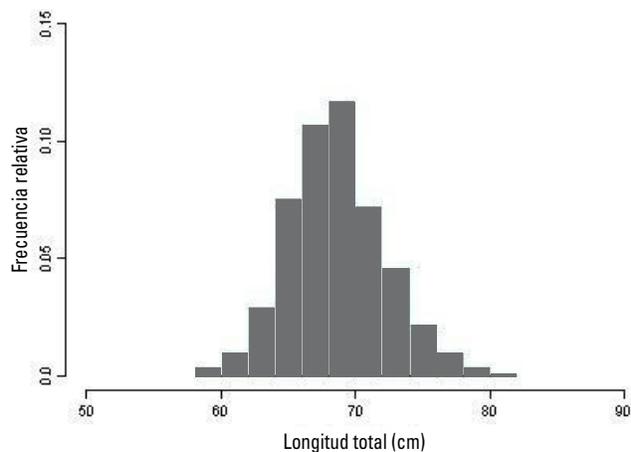


Figura 2. Histograma de frecuencias relativas de longitudes totales en centímetros registradas en todos los lances de pesca de la muestra (n = 15,970 peces)

de enmalle (Sparre & Venema, 1997). También se observó que en todas las clases de talla representadas se registraron ejemplares aprisionados en la red; sin embargo, los mayores porcentajes de este tipo de captura se encontraron en las clases de 68.5 cm y 70.5 cm. Por otro lado, los peces “enredados” solamente se ob-

servaron para las tallas grandes. Lo anterior indica que la relación entre los peces y las redes agalleras es muy compleja.

En los análisis exploratorios de la información de tallas de curvina golfina capturadas por redes de enmalle con diferentes aperturas de luz de malla se detectaron diferencias importantes en las capturas en un lance de pesca. Estas diferencias fueron debidas a diversos factores como: profundidad, presencia de corrientes marinas, cercanía con el Delta del Río Colorado, etc. Por ello fue necesario un tratamiento de los datos que permitiera discriminar la presencia de diferencias de capturas utilizando diferentes tamaños de malla. De esta forma y, observando que el sitio de procedencia de las embarcaciones (Santa Clara o Valle de Mexicali) sintetizaba la variabilidad producida por otros factores, la modelación de la selectividad de las redes se realizó estratificando los datos por lugar de origen: Santa Clara, Sonora y Valle de Mexicali, Baja California. En las Tablas 4 y 5 se presentan por separado los ajustes para cada sitio, respectivamente. En la Tabla 4 se presentan los valores resultantes de las estimaciones de máxima verosimilitud obtenidos en los ocho diferentes modelos de selectividad para los tres tamaños de mallas utilizadas en el puerto de Santa Clara, Son. Para este caso, de acuerdo con el valor de la desviación de los residuales y bajo el criterio de la razón de verosimilitud, el que mejor representó la curva de selectividad

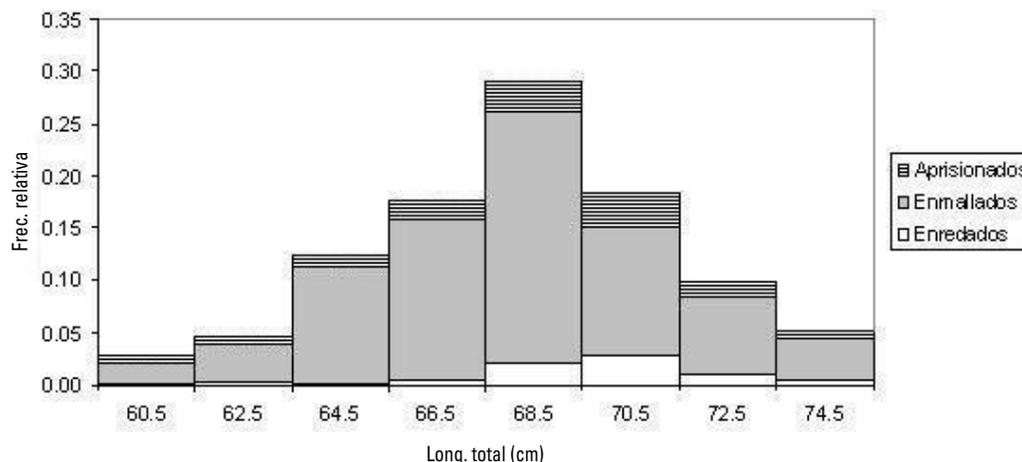


Figura 3. Proporción de capturas de peces, de acuerdo como fueron atrapados en la red de enmalle y clase de longitud total. Las formas de retención o captura de un pez son: Aprisionados, Enmallados y Enredados.

de la red de enmalle fue el modelo normal con igual varianza (homocedástico) e igual poder de pesca. Según el ajuste con los valores paramétricos obtenidos en este modelo y bajo el principio de similitud geométrica, la longitud a la cual se obtuviera el 100% de retención de una clase por tamaño de malla fueron: 1) con una malla de 12.7 cm: 78 cm; 2) malla de 13.97 cm: 85.6 cm y 3) malla de 14.6 cm: 89.7 cm. Las curvas de selectividad normalizadas de acuerdo con este modelo se muestran en la Figura 4. Aplicando el criterio de la Norma Oficial Mexicana sobre el porcentaje del 35% de retención de organismos de tallas menores a 65 cm de longitud total, la única luz de malla que cumple esta regulación es la de 14.6 cm de luz de malla.

Por su parte, en la Tabla 5 se presentan los valores estimados de los diferentes modelos obtenidos para las mallas utilizadas en el Valle de Mexicali (El Zanjón). Para este caso, de acuerdo con la desviación de los residuales, el mejor modelo fue la función de probabilidad normal con varianzas diferentes para cada malla (heterocedástico). Obsérvese que en esta zona solamente se utilizan dos tamaños de malla. Según los parámetros de este modelo y bajo el principio de similitud geométrica, la longitud a la cual se obtuviera 100% de retención de esa clase en la malla de 12.7 cm. fue de 71.3 cm y para la malla de 14.6 cm. fue de 90 cm. En la Figura 5 se muestran las curvas de selectividad normalizadas de acuerdo con el modelo escogido. Como en el caso anterior,

Tabla 4. Estimación de Parámetros de los modelos utilizados para la selectividad de la red de los diferentes mallas utilizadas en Santa Clara, Son.

Modelo	Poder de pesca igual para todas las mallas		Poder de pesca proporcional al tamaño de la malla	
	Parámetros	Desviación del modelo	Parámetros	Desviación del modelo
Normal homoscedástico	$(k, \sigma) = (6.24, 10.56)$	1040.2	$(k, \sigma) = (6.14, 10.44)$	1049.5
Normal heteroscedástico	$(k_1, k_2) = (6.07, 0.41)$	1170.4	$(k_1, k_2) = (6.0, 0.42)$	1170.1
Gamma	$(\alpha, k) = (64.74, 0.09)$	1156.7	$(\alpha, k) = (63.74, 0.09)$	1156.7
Log normal	$(\mu_1, \sigma) = (4.34, 0.13)$	1156.7	$(\mu_1, \sigma) = (4.32, 0.13)$	1151.8

Tabla 5. Estimación de parámetros de los modelos utilizados la selectividad de las redes utilizadas en el Valle de Mexicali, B.C.

Modelo	Poder de pesca igual para todas las mallas		Poder de pesca proporcional al tamaño de la malla	
	Parámetros	Desviación del modelo	Parámetros	Desviación del modelo
Normal homoscedástico	$(k, \sigma) = (5.67, 12.92)$	60.52	$(k, \sigma) = (5.71, 12.73)$	60.50
Normal heteroscedástico	$(k_1, k_2) = (5.67, 0.78)$	58.18	$(k_1, k_2) = (5.53, 0.80)$	58.23
Gamma	$(\alpha, k) = (33.81, 0.16)$	60.52	$(\alpha, k) = (32.81, 0.16)$	60.52
Log normal	$(\mu_1, \sigma) = (4.23, 0.17)$	61.78	$(\mu_1, \sigma) = (4.20, 0.17)$	61.78

se observó que solamente las redes con luz de malla de 14.6 cm cumplen con la normatividad vigente para la pesca de curvina golfina.

DISCUSIÓN

Los patrones espaciales de la pesca observados en las flotas pesqueras del Alto Golfo de California siguen el proceso de la migración reproductiva de la curvina golfina (*C. othonopterus*). De esta forma, las flotas pesqueras han observado que esta especie utiliza los eventos de marea viva para realizar su recorrido desde las zonas de alimentación hacia el Delta del Río Colorado, el cual es un sitio importante para el desove y la protección de las crías (Rowell *et al.*, 2005). Los movimientos que realiza esta especie durante los meses de primavera son también observados en el comportamiento reproductivo de otras especies de la familia de peces que agrupa a las curvinas y los roncadores (Norbis & Varocai, 2005). Conociendo esto, los pescadores siguen estrategias de pesca para maximizar sus rendimientos y minimizar los costos de operación, como por ejemplo la disminución del consumo de energéticos.

Las características de la captura de curvina golfina (*C. othonopterus*) se mostraron diferentes y estas diferencias se debieron a diversos factores. Por ejemplo, en cada tamaño de luz de malla, las tallas promedio variaron y esta variación estuvo mejor explicada por las diferencias entre los sitios de captura y de desembarco. Esto indica la necesidad de cuantificar los efectos de factores externos para contar con una evaluación más ver-

símil de las posibles diferencias en la selectividad de las redes de enmalle que cuentan con diferentes tamaños de luz de malla. Este problema fue evaluado por medio del uso de modelos lineales generalizados, los cuales fueron capaces de utilizar toda la información y permitieron un mejor ajuste. Este enfoque adapta el método propuesto por Millar y Holst (1997) para la pesca de la curvina golfina y permitió obtener valores estimados de parámetros de selectividad más eficientes, a través de estimadores de máxima verosimilitud. De este modo, se obtuvieron modelos para las curvas de selectividad de cada tamaño de malla más adecuados.

Para los datos provenientes del puerto de Santa Clara, Sonora las curvas de selectividad de cada tamaño de malla fueron parametrizadas por medio del modelo de probabilidad normal, suponiendo igual varianza y poder de pesca. El modelo permitió estimar los valores de tallas óptimas de captura de las tres aberturas de malla 12.7, 13.9 y 14.6 cm. Los valores óptimos se situaron en 78.0, 85.6 y 89.7 cm., respectivamente. Con estas tallas se obtuvieron las respectivas curvas de selectividad donde se sugiere que las redes con luz de malla de 14.6 cm cumplen con el precepto de norma en cuanto a la talla de primera reproducción de curvina golfina que es estimada en 65 cm. Esta misma conclusión se deriva del análisis efectuado para la información proveniente del sitio de desembarco del Valle de Mexicali, B.C. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana, se recomienda que en las capturas no se retenga más del 35% de ejemplares menores a los 65 cm.

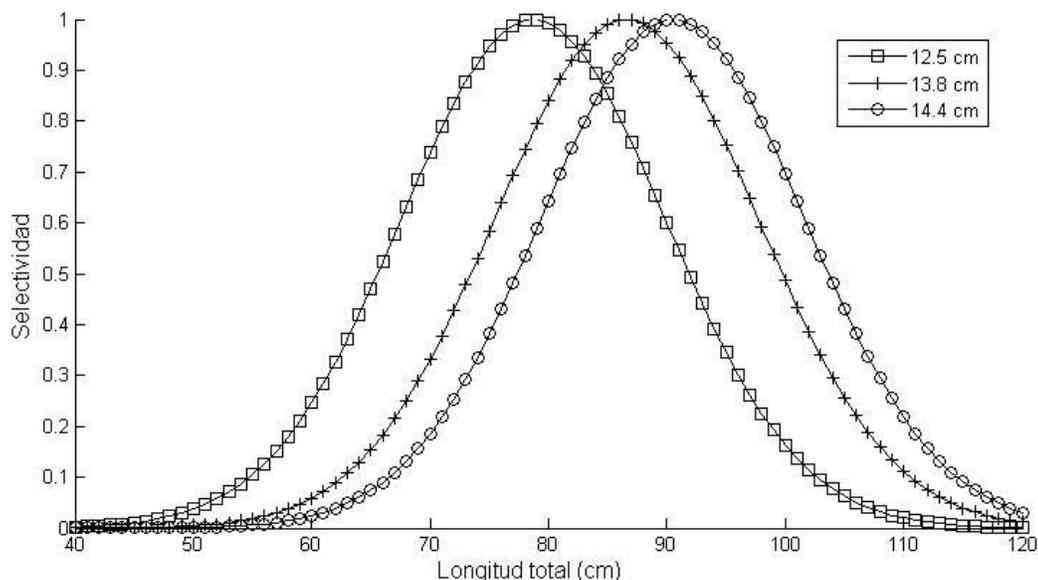


Figura 4. Curvas de Selectividad Normalizadas obtenidas con el modelo Normal bajo el supuesto de Homoscedasticidad ($k = 6.24$ y $\sigma = 10.56$). Las curvas modelan la distribución de tallas (cm) de los peces capturados en redes de diferente luz de malla utilizada por la flota pesquera de Santa Clara, Sonora.

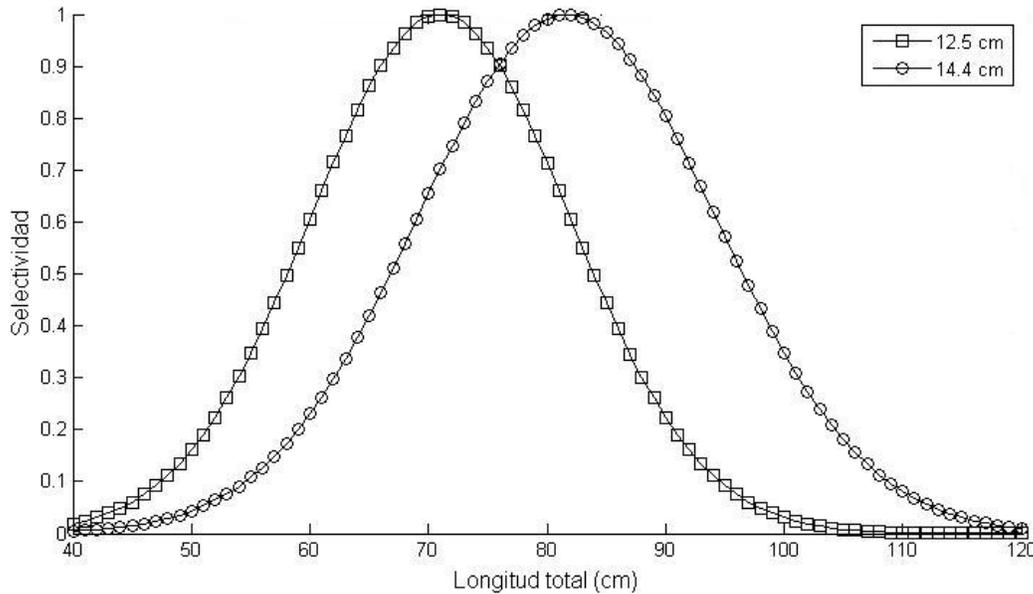


Figura 5. Curvas de Selectividad Normalizadas obtenidas con el modelo Normal Heteroscedástico ($k_1 = 5.67$ y $k_2 = 0.78$). Las curvas modelan la distribución de tallas (cm) de los peces capturados en redes de diferente luz de malla utilizada por la flota pesquera del Valle de Mexicali, Baja California

De esta forma, los resultados de este trabajo sugieren que sólo se recomienda utilizar redes de enmalle con luz de malla de 14.6 cm (5% de pulgadas) para la pesca de curvina golfina, para dar cumplimiento a lo estipulado en la norma oficial mexicana NOM-063-PESC-2005.

AGRADECIMIENTOS

A todos los grupos pesqueros del puerto de Santa Clara, Sonora y del Valle de Mexicali, Baja California, por haber permitido la permanencia de los observadores en los viajes de pesca. El financiamiento del proyecto estuvo a cargo de la Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura, SAGARPA, a través de la Dirección General de Ordenamiento Pesquero. Agradecemos los comentarios hechos por Francisco Arreguín-Sánchez, Armando Wakida, Daniel Gaertner y los revisores anónimos para la mejora del escrito.

REFERENCIAS

- ACOSTA VALENZUELA, Y. 2008. Aspectos de la biología reproductiva de la *Curvina golfina* (*Cynoscion othonopterus*) en el Alto Golfo de California. Tesis de Licenciatura en Biología, Instituto Tecnológico del Valle del Yaqui, Sonora. SEP, México. 65 p.
- CAMPOY F, J. R. & M. J. ROMÁN. 2002. *Observaciones sobre la biología y pesquería de la curvina golfina (Cynoscion othonopterus) en la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado*, IMADES, México. 13 p.
- CHAKRAVARTI, I. M., R. G. LAHA & J. ROY. 1967. *Handbook of Methods of Applied Statistics, Volume I*, John Wiley and Sons, pp. 392-394.
- CHAMBERS, J. M. & T. J. HASTIE. 1993. *Statistical models in S*. Chapman & Hall/CSS. 608 p.
- CHAO, L. N. & J. A. MUSICK. 1977. Life history, feeding habits, and functional morphology of juvenile sciaenids fishes in the York River Estuary, Virginia. *Fish Bulletin* 75 (4): 657-702.
- COCHRAN, W. W. 1980. *Técnicas de Muestreo*. CECSA, México. 360 p.
- HASTIE, T. J. & R. J. TIBSHIRANIE. 1990. *Generalized additive models*. Chapman & Hall, Londres. 335 p.
- MCCULLAG, P. & J. A. NELDER. 1989. *Generalized linear models*. Chapman & Hall, London. 511 p.
- MILLAR, R. B. & R. HOLST. 1997. Estimation of gillnet and hook selectivity using log-linear models. *ICES Journal of Marine Science* 54: 471-477.
- MILLAR R. B. 1999. Untangling the confusion surrounding the estimation of gillnet selectivity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 57: 507-211.
- NORBIS, W. & J. VAROCCI. 2005. Presence of two whitemouth crocker (*Micropogonias furnieri*, Pisces: Scianidae) groups in the Río de la Plata spawning coastal area as consequence of reproductive migration. *Fisheries Research Bulletin* 74 (1): 1-3.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-063-PESC-MX. 2007. *Diario Oficial de la Federación (DOF)*. México.

- ROMÁN-RODRÍGUEZ, M. J. 1990. Alimentación de *Totoaba macdonaldi* (Gilbert) (Pises: Sciaenidae) en la parte norte del Alto Golfo de California. *Ecológica* 1 (2): 1-9.
- ROMAN-RODRIGUEZ, M. J. 2000. Estudio población del chano norteño *Micropogonias megalops* y la curvina golfina *Cynoscion othonopterus* (Gilbert) (Pisces: Sciaenidae), especies endémicas del Alto Golfo de California, México. Instituto del Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora. *Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. L298*, México D.F. 154 p.
- SOLANA-SANSORES, R. & F. ARREGUÍN-SÁNCHEZ. 1991. Probability sampling design for the artisanal fishery of the red grouper (*Epinephelus morio*) off Yucatán, México. *Ciencias Marinas* 17 (1): 51-72.
- SOLANA-SANSORES, R., G. ALDANA-FLORES & G. COMPEÁN JIMÉNEZ. 2001. Muestreo a bordo de barcos mexicanos para estimar la estructura poblacional del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) del Pacífico Oriental. *Hidrobiológica* 11 (2): 123-132.
- SPARRE, P. & S. C. VENEMA. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. *Manual FAO Documento Técnico de Pesca*. No. 306.1 Rev. 2: 420 p.

Recibido: 29 de octubre de 2010.

Aceptado: 30 de abril de 2012.