SAGARPA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

Instituto Nacional de Pesca

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

DIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE INVESTIGACIÓN PESQUERA EN EL ATLÁNTICO

DICTAMEN TÉCNICO

ESTABLECIMIENTO DE CUOTA DE CAPTURA DE PULPO *Octopus maya* PARA LA TEMPORADA DE PESCA 2014

Julio de 2014

INTRODUCCIÓN

En el ámbito nacional el pulpo ocupa el noveno lugar por sus volúmenes de captura, sin embargo por su valor económico se ubica en el cuarto lugar (CONAPESCA, 2012). Los estados costeros del Golfo de México aportan más del 90 % de la producción nacional, principalmente por las capturas de Yucatán y Campeche. En esta zona, la pesquería de pulpo se sustenta en dos especies, el pulpo rojo (*Octopus maya*), que se captura en ambos estados y el pulpo patón (*O. vulgaris*), que se captura predominantemente en Yucatán. La captura histórica del recurso durante el periodo de 1993 a 2013 ha sido fluctuante, con varios picos de magnitud superiores a las 20 mil toneladas anuales.

Las medidas de regulación actuales incluyen una talla mínima de captura de 110 mm de longitud del manto, el establecimiento de una cuota de captura previo el inicio de la temporada de captura (NOM-008-PESC-1993) y una veda temporal del 16 de diciembre al 31 de julio de cada año (NOM-009-PESC-1993). Esta última con la finalidad de proteger el principal periodo de reproducción de diciembre del stock adulto que sobrevive a la temporada de pesca y el crecimiento de los reclutas que se reproducirán durante la veda en el segundo pico reproductivo que ocurre en la primavera, y cuya cohorte sostiene la pesquería conforme ésta avanza. Asimismo, el establecimiento de una cuota de captura basada en una fracción de la población adulta favorece la capacidad de renovación, al mantener un tamaño de stock desovante base.

De esta manera, en el presente documento se incluyen indicadores poblacionales dependientes de la pesquería y la recomendación de la cuota de captura máxima permisible de pulpo *Octopus maya* en la plataforma continental de la península de Yucatán para la temporada de pesca 2014.

MÉTODOS

MONITOREO DEL RECURSO DURANTE LA TEMPORADA DE CAPTURA

Se realizaron muestreos biológicos de las capturas de pulpo desembarcadas en diez puertos pesqueros ubicados en la zona costera de la península de Yucatán (Figura 1) en la temporada de pesca 2013. Los ejemplares se identificaron a nivel de especie, posteriormente fueron medidos, pesados y sexados. En Yucatán se realizaron biometrías de las dos especies (*O. maya* y *O. vulgaris*) procedente de las flotas menor y de mediana altura.

A partir de esta información se realizó un análisis de la distribución de tallas espacio-temporal, el cual sirvió como base para realizar el análisis de la composición de edades extrapolada a la captura registrada por mes y puerto. Asimismo, se obtuvo la estructura poblacional y se estimó el nivel de reclutamiento a la pesquería. Esta estimación se realizó de manera mensual y se consideró la información biológico-pesquera recabada desde la temporada de pesca 2007 a la 2013.

ESTIMACIÓN DE LA CUOTA DE CAPTURA PARA TEMPORADA DE PESCA 2014

Para estimar la cuota de captura de *O. maya*, se utilizó como índice de abundancia, las estimaciones de biomasa del recurso obtenidas por el INAPESCA de 2002 a 2012 mediante campañas de muestreo realizadas con buceo autónomo en el área de mayor ocurrencia y pesca de la especie en los estados de Campeche y Yucatán. Además, se usó como fuente de entrada, la serie de capturas comerciales registradas durante el mismo periodo para ambos estados. Para la estimación de la cuota de captura se utilizó un modelo de producción excedente como una manera de caracterizar el estado de salud y la productividad del recurso en el área de estudio, a través del cálculo de la captura que puede ser sostenible sin afectar la productividad del stock en el largo plazo, esto es, la captura al máximo rendimiento sostenible. En este estudio, la dinámica de la población del pulpo rojo se realizó con el modelo de producción de Schaefer (1954):

$$B_{t+1} = B_t + rB_t\left(1 - \frac{B_t}{K}\right) - C_t \qquad (1)$$

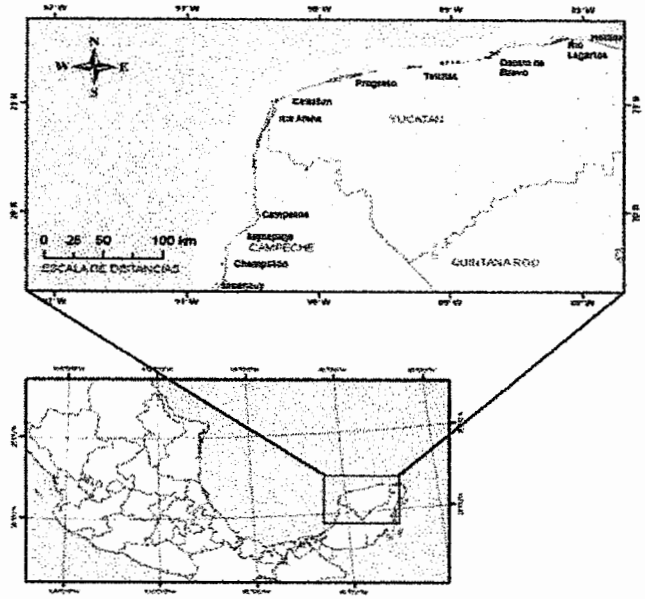

Figura 1. Puertos pesqueros monitoreados durante la temporada de captura de pulpo 2012 en la península de Yucatán.

Donde B_t es la biomasa en el año t; r es la tasa intrínseca de crecimiento de la población e incluye fenómenos de reclutamiento y crecimiento; K es la capacidad de carga poblacional y C_t es la captura comercial del año t. La estimación anual de la biomasa se realizó a través del ajuste de dos índices de abundancia ($I_{i,t}^{obs}$) que como primer caso corresponde, como se mencionó anteriormente, a los valores de biomasa estimados por el INAPESCA previo a la apertura de la temporada de captura durante 2002 a 2012[1].

De lo anterior, se estima un indicador de la abundancia del recurso que se vincula a la biomasa, B_t, a través del coeficiente de capturabilidad, q, que representa la proporción de la biomasa tomada por unidad de esfuerzo. El siguiente índice de abundancia corresponde a los valores de captura por unidad de esfuerzo (CPUE), expresados en kilogramos de pulpo por viaje de pesca que fueron recopilados de los muestreos biológicos en los puertos pesqueros de Campeche durante 2002 a 2009. De esta manera, la capturabilidad fue estimada con dos fuentes de información dependiente de la pesquería ($I_{i,t}$), como:

$$I_{i,t}^{est} = q_i B_t \tag{2}$$

El ajuste de la ecuación (2), se llevó a cabo a través de la minimización de la siguiente función objetivo:

$$-\ln L(D \mid \theta) = \prod_i \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \exp \frac{\left[\ln\left(I_{i,t}^{obs}\right) - \ln\left(I_{i,t}^{est}\right)\right]^2}{2\sigma_i^2} \tag{3}$$

Donde L es la verosimilitud, σ_i es la desviación estándar del logaritmo del índice de abundancia observado $I_{i,t}^{obs}$ y θ representa el conjunto de parámetros del modelo (K, r, qi, σ_i). El modelo se ajustó a los datos del índice de abundancia asumiendo que los valores observados ($I_{i,t}^{obs}$) están

[1] http://www.inapesca.gob.mx/portal/publicaciones/dictamenes/cat_view/15-pulpo

normalmente distribuidos alrededor de los valores estimados ($I_{i,t}^{est}$). A través de este enfoque, la captura al máximo rendimiento sostenible (C_{MRS}) se estima como:

$$C_{MRS} = rk / 4 \qquad (4)$$

En este caso, la C_{RMS} representa la cuota de captura de *O. maya* para la temporada de pesca 2014 en la Península de Yucatán. La incertidumbre asociada a la evaluación del recurso fue examinada a través de una simulación tipo Monte Carlo, donde la C_{MRS} fue considerada la variable crítica en función de los parámetros con mayor sesgo en el modelo (K, r, y q_i) asumiendo una distribución de probabilidad conocida para cada uno de los parámetros. Se realizaron 50,000 iteraciones del modelo, registrando para cada iteración el valor de la C_{MRS}.

RESULTADOS

La producción de pulpo en el Golfo de México y Mar Caribe se obtiene principalmente de las costas de Yucatán y Campeche; el pulpo rojo se captura en ambos estados, mientras que, el pulpo patón se captura predominantemente en Yucatán y Veracruz. La captura histórica del recurso ha sido fluctuante, con varios picos de magnitud superior a las 20 mil t. Durante la década de los años ochenta hasta 1995, la captura promedió 9 mil t. A partir de 1996 se observa un incremento en las capturas anuales del recurso, alcanzando en 2006 su valor máximo con cerca de 26 mil t. En las temporadas de pesca 2009 a 2012, la captura promedio de ambas especies se ha mantuvo por arriba de las 21 mil t/año y en la temporada de pesca 2013 disminuyó a cerca de 18 mil t/año (Figura 2).

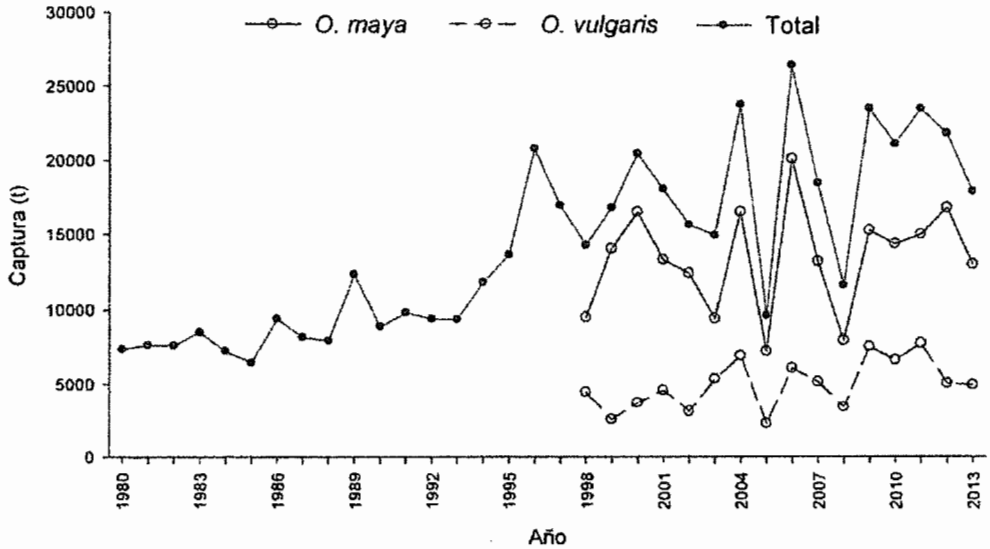

Figura 2. Tendencia histórica de la captura de pulpo (*Octopus maya* y *O. vulgaris*) en el Golfo de México y Mar Caribe durante 1980 a 2013.

A partir de 1998, la producción de pulpo de la península de Yucatán reportan a las dos principales especies que componen la captura, el pulpo rojo (*O. maya*) y el pulpo patón (*O. vulgaris*). La captura del pulpo patón de 1998 a 2003, se mantuvo entre las 2 t y 5 mil t; a partir de 2004 se observa una alternancia entre altos (2004, 2006, 2009, 2011) y bajos (2005, 2008, 2012 y 2013) valores de captura, aunque con una tendencia general de aumento en los valores de captura anuales. En 2011 se obtuvo el valor máximo de la serie con 7,749 t y el valor mínimo se obtuvo en 2005 con 2,255 t. En las últimas cinco temporadas de pesca, la producción anual se ha mantenido alrededor de las 5 mil t, con un promedio cercano a 6 mil t/año (Figura 2).

La tendencia de la captura anual de pulpo rojo durante el periodo de 1998 a 2013 ha experimentado fluctuaciones importantes. En ésta se identifican seis años con producciones por arriba de las 15 mil t/año (2000, 2004, 2006, 2009, 2011, 2012) con alternancia de valores por debajo de las 10 mil t/año (1998, 203, 2005, 2008); para los años restantes la captura del pulpo rojo se ha mantenido alrededor del valor promedio de todo el periodo disponible (13 mil t/año). En 2006 se obtuvo el valor máximo de la serie con 20,138 t y el valor mínimo se obtuvo en 2008 con 7,206 t (Figura 2).

La proporción de la captura total anual de pulpo rojo que proveniente de los estados de Campeche y Yucatán no presenta un patrón definido. De 1998 a 2000, la mayor captura de esta especie se registró en Yucatán; sin embargo de 2001 a 2009 la mayor proporción de la captura se alternó de manera sucesiva entre ambos estados, excepto en 2003, 2008, 2010 y 2013 donde la proporción de la captura fue de proporción similar. En las temporadas de pesca 2011 y 2012 la mayor proporción de la captura se obtuvo en Yucatán (Figura 3).

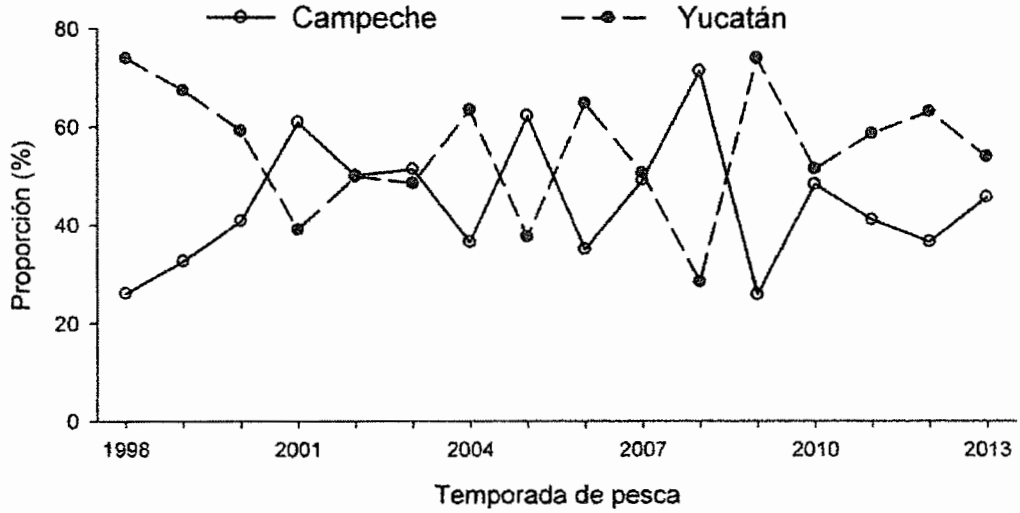

Figura 3. Proporción de la captura comercial de pulpo rojo (*Octopus maya*) para Campeche y Yucatán durante las temporadas de pesca 1998-2013. Fuente: Subdelegaciones de Pesca, SAGARPA.

Durante la temporada de pesca 2013, se capturaron 17,965 t de pulpo (ambas especies) en la Península de Yucatán, de éstas, 13,026 t corresponden al pulpo rojo. Yucatán registró un mayor volumen de esta especie con 7,050 t y el restante se obtuvo en las costas de Campeche. De los muestreos mensuales biológicos a los puertos pesqueros más importantes de Campeche, Yucatán y Quintana Roo dedicados a la pesca de pulpo durante la temporada de pesca 2013, se muestrearon 15,815 organismos de *O. maya*; de éstos, el 53 % fueron machos y 47 % hembras.

La estructura de tallas temporal muestra un ligero desplazamiento de la talla promedio conforme avanza la temporada de captura (Figura 4). Las hembras presentaron una talla promedio de 117 mm de longitud de manto (LM) en agosto, alcanzando en diciembre 127 mm de LM; mientras que en los machos varió de 119 mm de LM a 130 mm de LM, de agosto a diciembre, respectivamente.

Asimismo, la estructura de tallas obtenida muestra que alrededor del 28% de los organismos muestreados presentaron tallas inferiores a la talla mínima de captura reglamentada en la normatividad vigente de 110 mm de LM. El patrón temporal de este indicador muestra que al inicio de la temporada de captura, se alcanzan los mayores porcentajes de organismos con tallas inferiores a 110 mm de LM, con alrededor del 30% de la población (agosto y septiembre), y disminuye hacia el final de la temporada de captura, llegando al 21% (diciembre).

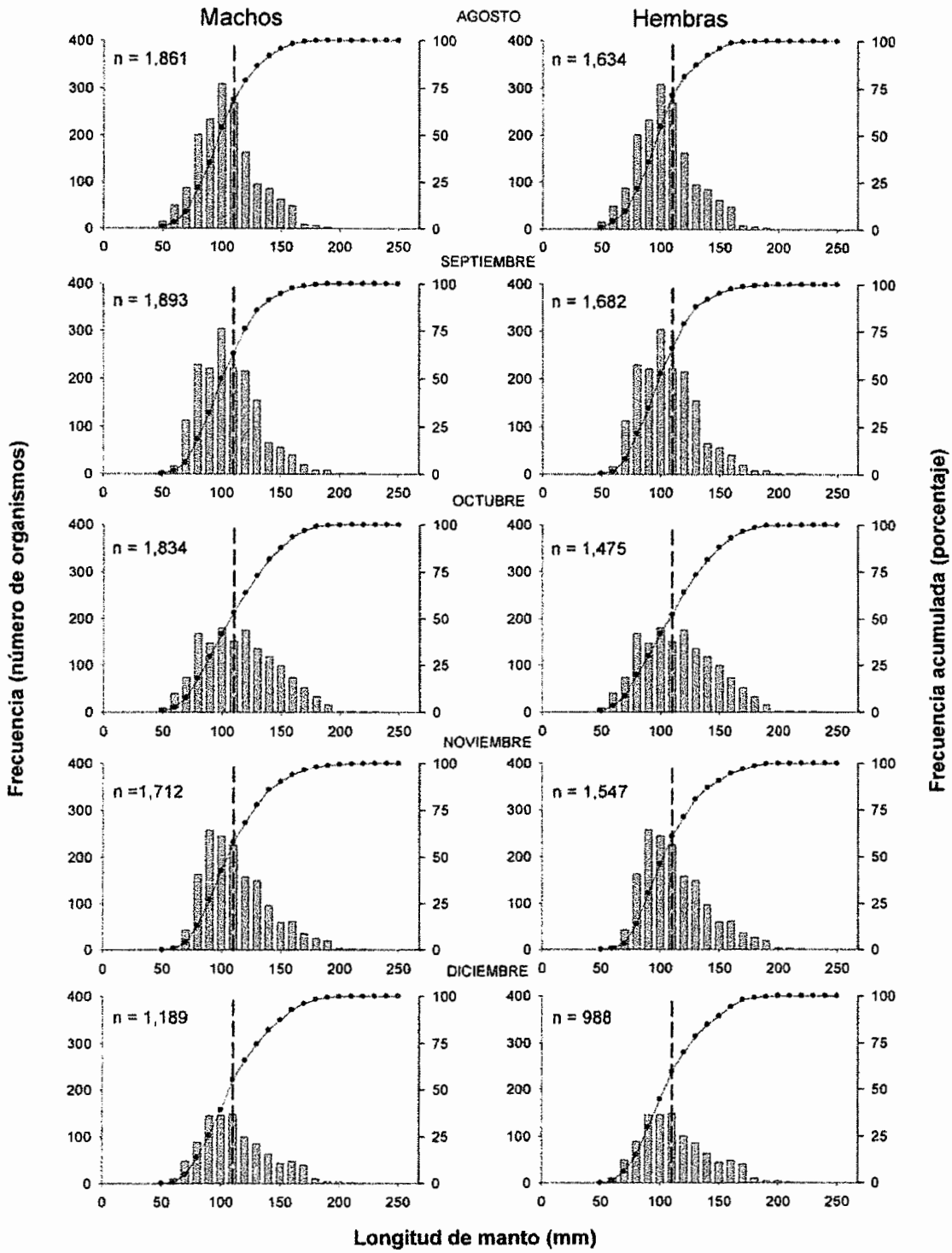

Figura 4. Distribución de longitudes de manto del pulpo rojo *Octopus maya* en la península de Yucatán durante la temporada de captura 2013. n = 15,815 organismos. Línea de referencia vertical corresponde a la talla mínima de captura, 110 mm de longitud de manto.

Respecto a la longitud promedio del pulpo rojo durante la temporada de pesca 2013 en la península de Yucatán, se observó el patrón distintivo donde el promedio de tallas es menor en los puertos pesqueros de Campeche, en comparación con los obtenidos en un mismo mes en Yucatán, con excepción de Celestún, que presentó valores promedio mensuales menores en la mayoría de los meses a los de los puertos del poniente de Yucatán (Figura 5). Asimismo, se observó de manera general en Campeche una tendencia de aumento de la talla promedio hacia diciembre, lo mismo que en Yucatán con excepción de diciembre, que registró una disminución marcada en este valor en Celestún y Rio Lagartos.

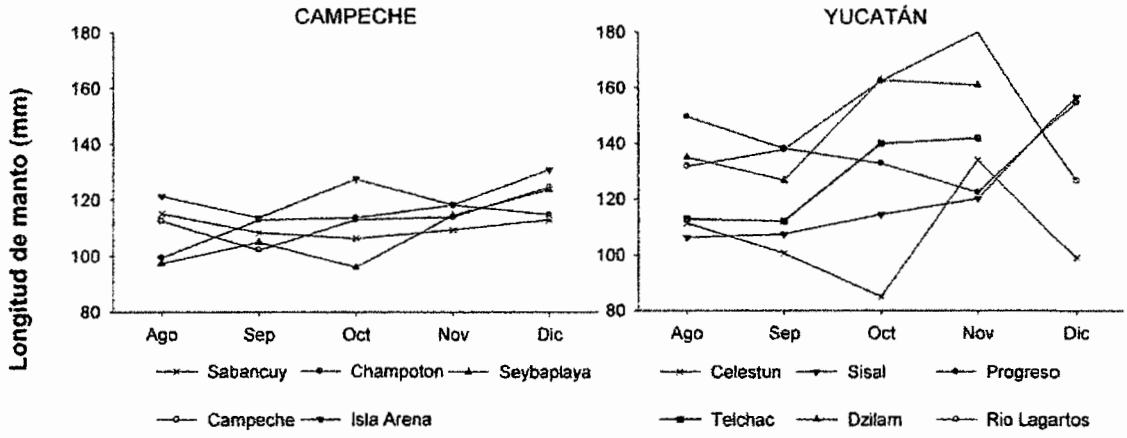

Figura 5. Longitud promedio mensual de pulpo rojo *Octopus maya* por estado y sitio de pesca durante la temporada de pesca 2013.

La estructura de edades de las capturas de pulpo rojo se conformó con organismos desde 1 mes hasta 18 meses de edad; los machos mayormente representados fueron de 3 meses de edad y las hembras mayormente capturadas presentaron entre 3 y 4 meses de edad. Asimismo, tanto para hembras como para machos, cerca del 90% de los organismos capturados presentaron edades hasta 7 meses de edad (Figura 6).

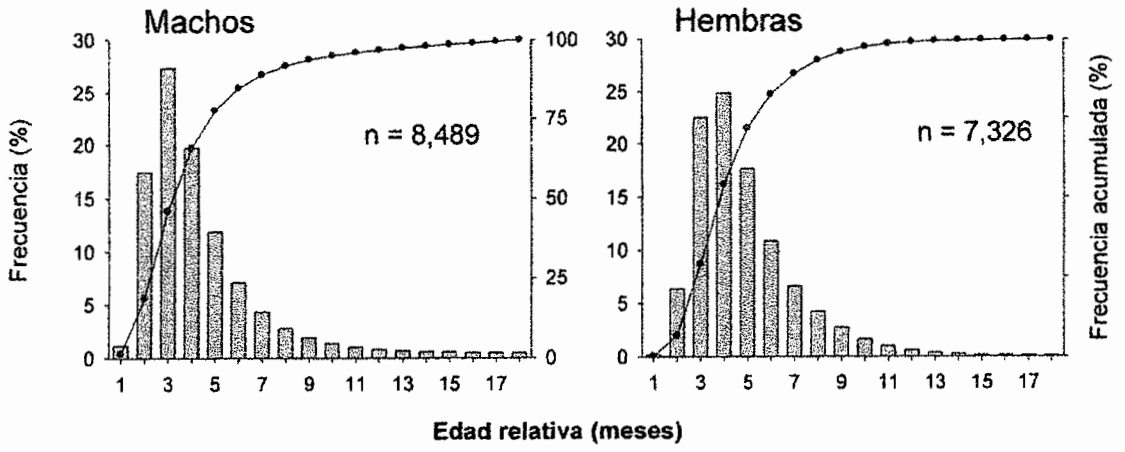

Figura 6. Estructura de edades de la captura de pulpo rojo (*Octopus maya*) durante la temporada de pesca 2013 en la península de Yucatán.

Con base en la más reciente evaluación del stock del pulpo rojo (*O. maya*), a través del *análisis de población virtual*, se estimó que los niveles de biomasa de los organismos totalmente reclutados a la pesquería y de reclutamiento (número de organismos de 4 meses de edad para los machos y 5 meses para las hembras) han presentado fluctuaciones importantes entre las temporadas de pesca analizadas con patrón variable (Figura 7).

De acuerdo al análisis presentado en la Figura 7, en la temporada de pesca 2008 se estimaron los valores de biomasa y reclutamiento consistentemente más bajos de toda la serie y en 2012 se estimaron valores de biomasa y reclutamiento mensuales más altos que los valores promedio. Sin embargo, tanto la biomasa como el reclutamiento observado durante 2013, presentó una disminución posterior a los valores máximos observados, para alcanzar en agosto y septiembre los valores de biomasa y reclutamiento más bajos de la serie, al inicio de la última temporada de pesca.

Respecto a la variación en los niveles de reclutamiento durante las temporadas de pesca analizadas, se observa que el reclutamiento máximo a la pesquería se ha alcanzado entre septiembre y octubre y disminuye para los meses subsecuentes. Esta entrada de organismos a la pesquería es producto de la reproducción que ocurre entre abril y mayo y son los que sostienen la pesquería en los meses posteriores (Figura 7).

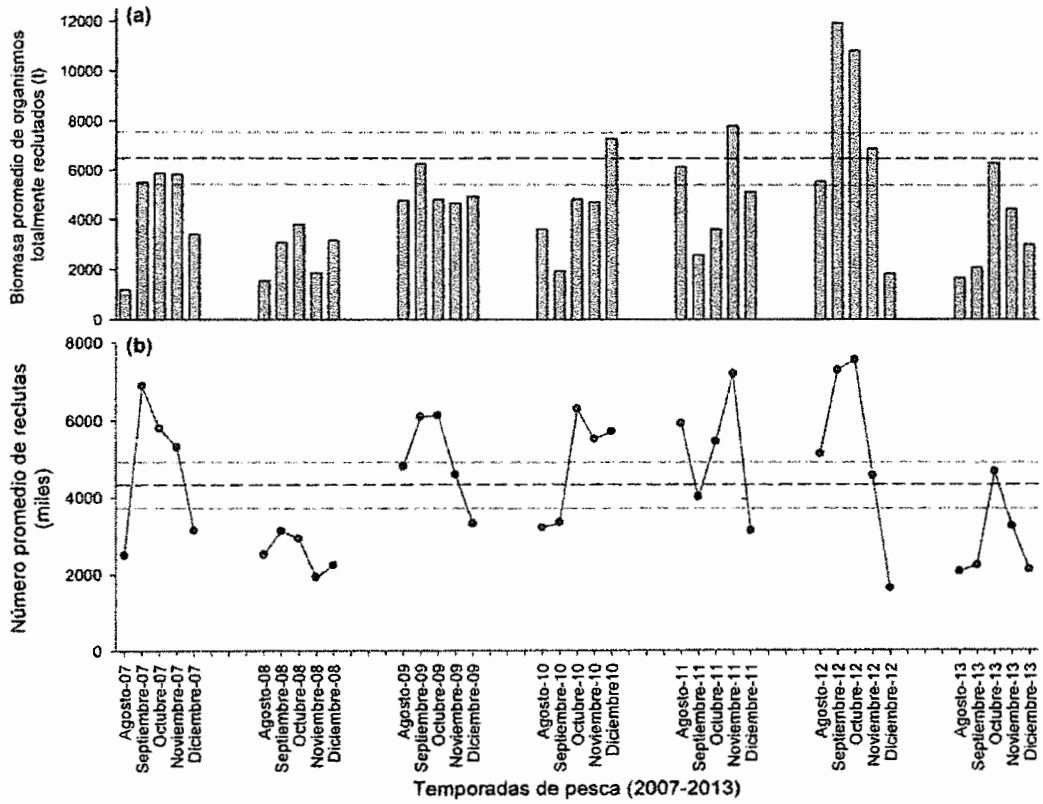

Figura 7. Trayectoria temporal de la biomasa para las edades completamente reclutadas a la pesquería (a) y reclutas (b) del pulpo rojo (*Octopus maya*) durante siete temporadas de pesca en la península de Yucatán (2007-2013). Las líneas de referencia horizontal representan el promedio y los intervalos de confianza al 95% de la biomasa y de los reclutas. La separación temporal entre las temporadas de pesca es arbitraria.

Durante 2013, la tendencia mensual de los valores de reclutamiento presentó un patrón consistente respecto a las temporadas de pesca precedentes, sin embargo los niveles mensuales de

reclutamiento en lo general estuvieron por debajo del promedio de la serie, excepto para octubre, cuyo valor fue ligeramente mayor que el valor promedio de la serie (Figura 7).

Se ha observado que otros indicadores de la abundancia poblacional del pulpo rojo presentan un patrón similar en la escala temporal al descrito para los reclutas, esto es, la abundancia del recurso en el área de pesca disminuye gradualmente después de alcanzar el valor máximo en octubre (Figura 8a), lo cual también fue observado en la captura mensual durante 2013 (Figura 8b).

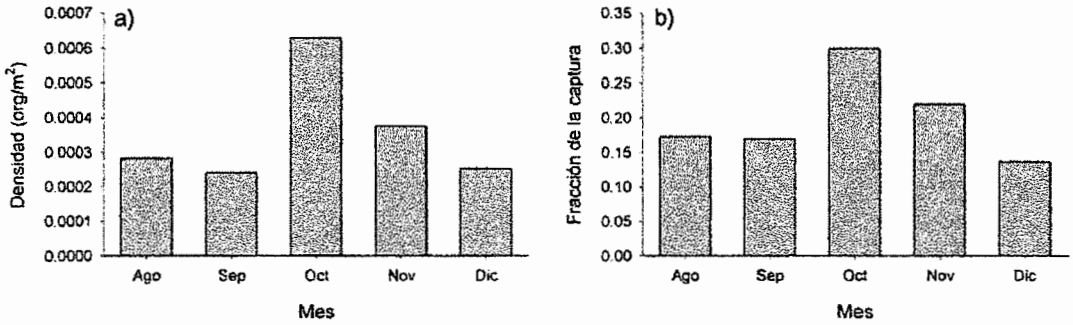

Figura 8. Valores de densidad estimados con el método del área barrida durante 2012 (a) y proporción mensual de la captura total durante 2013 (b) para el pulpo rojo (*Octopus maya*) en la península de Yucatán.

Cuotas de captura

En la tabla 1 se presentan las cuotas de captura de pulpo rojo que el INAPESCA sugiere a la autoridad, así como la captura oficial registrada en las oficinas de pesca de Campeche y Yucatán. En ésta se evidencia que los niveles de captura del pulpo rojo registrados en Campeche y Yucatán, han excedido las cuotas de captura sugeridas por este Instituto, en ocho de las 12 temporadas de pesca consideradas, hasta en un 86% con respecto a la cuota recomendada.

Tabla 1. Cuotas de captura sugeridas y niveles de captura registrados para el pulpo rojo (*Octopus maya*) en la península de Yucatán para las temporadas de pesca 2002-2013.

Temporada de pesca	Cuota de captura (t)	Captura registrada (t)*	Diferencia entre cuota de captura recomendada y captura registrada (%)
2002	13,000	12,425	-4.42
2003	11,000	9,415	-14.41
2004	12,000	16,535	37.79
2005	10,500	7,206	-31.37
2006	11,270	20,138	78.69
2007	10,200	13,200	29.41
2008	8,100	7,939	-1.99
2009	8,195	15,289	86.56
2010	11,609	14,371	23.79
2011	12,071	14,745	22.15
2012	10,000	16,835	68.35
2013	10,000	13,027	30.27

*Incluye la captura registrada en Campeche y Yucatán.

Del análisis de la captura mensual acumulada por temporada de pesca se tiene que típicamente alrededor del 80% de la captura recomendada es alcanzada en octubre. El mismo patrón continuó durante la temporada de pesca 2013, donde el 80% de la cuota fue alcanzada en octubre, lo cual afecta a la fracción del stock adulto sobreviviente a la temporada de captura.

Cuota de captura para la temporada de pesca 2014

Para la estimación de la cuota de captura para la temporada 2014, se ajustó el modelo de producción excedente de Schaefer, considerando las estimaciones de biomasa estimadas por el INAPESCA de 2002 a 2012, la captura por unidad de esfuerzo (kg/día de pesca) estimada con la información de los puertos pesqueros de Campeche, así como la serie histórica de la captura de pulpo rojo registrada en las subdelegaciones de pesca de Campeche y Yucatán. Los resultados indican que el modelo se ajustó bien a los datos observados del índice de abundancia de 2002 a 2012 (Figura 9).

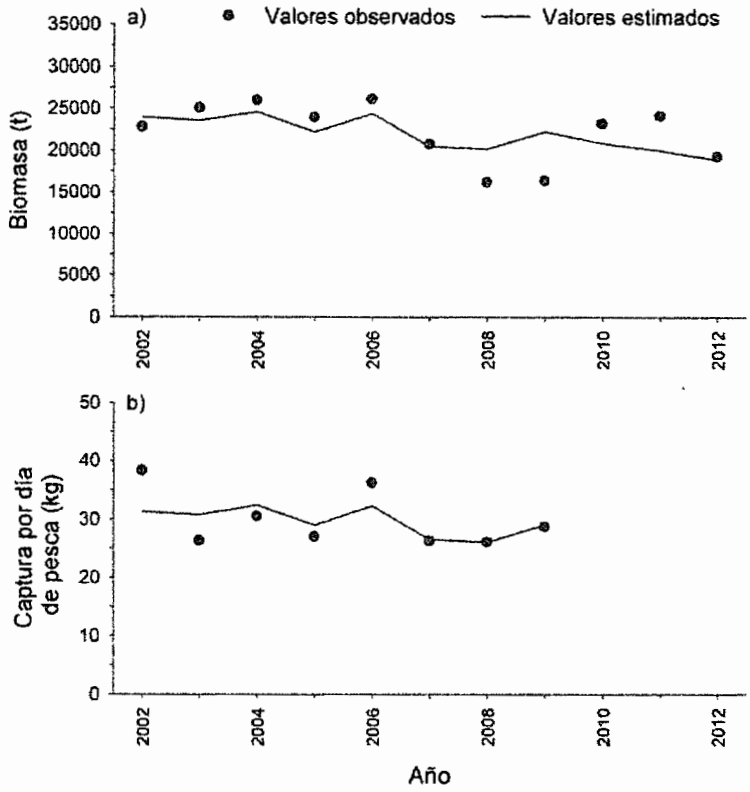

Figura 9. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer para los datos observados de pulpo rojo (*Octopus maya*) de la península de Yucatán, considerando como índice de abundancia la estimación de la biomasa a inicio de la temporada de captura estimada por el INAPESCA durante 2002 a 2012 (a) y la captura por unidad de esfuerzo (kg/día de pesca) estimada para Campeche durante 2002 a 2009 (b).

La capacidad de carga, *K*, estimada para la población del pulpo rojo en la península de Yucatán fue de 75,032 t y la tasa intrínseca de crecimiento poblacional fue *r* fue 0.67 y el coeficiente de capturabilidad, *q*, fue de 0.51 t/año. La incertidumbre en el modelo fue incorporada en estos tres parámetros a través de una simulación tipo Monte Carlo, asumiendo que cada parámetro presenta una distribución normal. Se examinó como variable de salida la captura al máximo rendimiento sostenible, C_{MRS} (ec. 4).

Como resultado de la simulación de la dinámica de la población de pulpo rojo se obtuvo la distribución de probabilidad de la variable de interés (C_{MRS}), con base en ésta se tiene un valor promedio de la C_{MRS} de 12,007 t, con un intervalo de 9,786 en el límite inferior y de 14,111 t en el límite superior de los cuartiles al 25% y 75%, respectivamente (Figura 10).

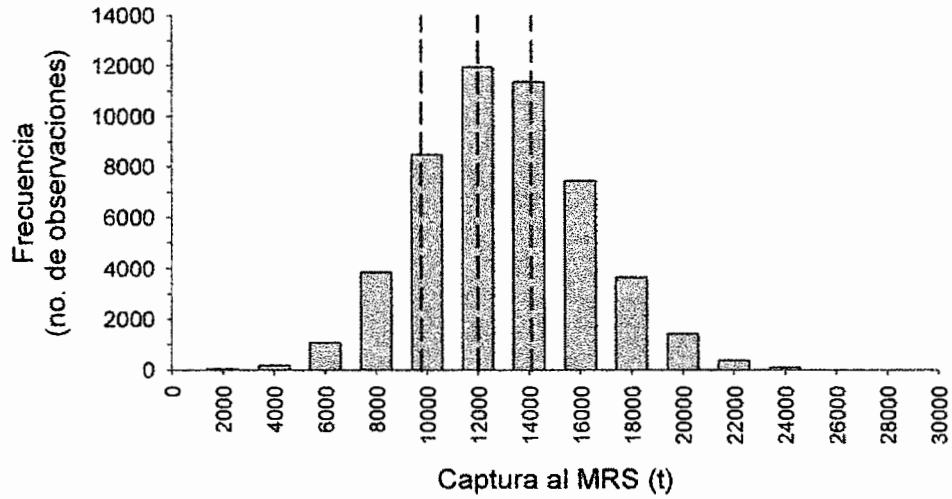

Figura 10. Proyección de los valores de captura al máximo rendimiento sostenible (MRS) del pulpo rojo (*Octopus maya*) de la península de Yucatán. Se señala con líneas verticales el valor promedio y los cuartiles al 25% y 75%.

CONCLUSIONES

1) El patrón espacial de las tallas del pulpo rojo (*O. maya*) en 2013 fue consistente con el obtenido en temporadas pasadas; esto es, los organismos de mayor talla se capturan predominantemente en los puertos pesqueros de Yucatán.
2) En el análisis temporal de las tallas del pulpo rojo en 2013, se observaron ligeros cambios en la progresión mensual de las tallas promedio, lo cual no es consistente con otras temporadas de pesca, donde se han observado aumentos de mayor magnitud en la talla promedio conforme avanza la temporada de pesca.
3) La estructura de edades de las capturas obtenida en 2013 presentó una tendencia consistente respecto a otras temporadas de pesca, esto es, los machos se capturan mayormente a una edad más temprana que las hembras. Sin embargo en la temporada 2013, se observó una disminución en las edades mayormente capturadas por la pesquería con respecto temporadas de pesca anteriores.
4) El nivel de reclutamiento a la pesquería del pulpo rojo durante las temporadas de pesca analizadas (2007 a 2013) alcanzó su mayor valor entre septiembre y octubre. Este reclutamiento es importante ya que sostiene la pesquería en los meses subsecuentes.
5) En la temporada de pesca 2013, los valores mensuales de la biomasa de la fracción de la población completamente reclutada y el reclutamiento se mantuvieron, en su mayoría por debajo de los valores promedio de la serie.
6) Los niveles de biomasa y reclutamiento para el pulpo rojo estimados al inicio de la temporada de captura de 2013 son los más bajos registrados en las temporadas analizadas, esto puede estar relacionado con los altos niveles de captura mensual que se alcanzaron en las temporadas de pesca 2012, excediendo en un 68% la cuota recomendada.
7) De acuerdo a los resultados obtenidos de la simulación Monte Carlo sobre la captura al máximo rendimiento sostenible (C_{MRS}) promedio para el pulpo rojo en la península de Yucatán es de 12,007 t, sin embargo, considerando que durante la temporada de pesca 2013 se alcanzaron los niveles históricos más bajos de biomasa adulta y reclutamiento y la tendencia de los niveles de producción excedente es a la baja, se espera que los niveles de abundancia del recurso sean bajos durante la temporada de pesca 2014, sobre todo al inicio de ésta.
8) Por lo anterior, es necesario aplicar un enfoque precautorio y establecer como captura máxima permisible para la temporada de pesca 2014, aquella que se produce al nivel inferior del intervalo de confianza de la distribución de la C_{MRS}; esto es, **10,000 toneladas**.

RECOMENDACIONES

1) Se recomienda reforzar la vigilancia en el cumplimiento de la talla mínima de captura para el pulpo rojo, ya que en la temporada de pesca 2013 se capturó una proporción significativa de organismos menores a la talla mínima de captura.

2) Se requiera también establecer un mecanismo de monitoreo de las capturas en relación a la cuota de captura recomendada.

3) En caso de que la cuota de captura estimada de *O. maya* para la presente temporada de pesca no sea alcanzada antes del inicio de la veda, no se deberá ampliar el periodo de captura, ya que en diciembre se presenta el pico de reproducción más importante del recurso. Esto deberá incluir al pulpo patón *O. vulgaris*, dado que la distribución de estas especies en ciertas áreas de pesca, sobre todo al oriente de Yucatán, se sobreponen.

4) Continuar con el monitoreo de la pesquería para advertir oportunamente sobre situaciones que pongan en riesgo la sustentabilidad del recurso.