

Bienvenida nuevamente *Ciencia Pesquera*

La revista *Ciencia Pesquera* ha sido parte integral de la historia del Instituto Nacional de Pesca desde 1981, cuando con la dirección del doctor Jorge Carranza Fraser y del licenciado Fernando Rafful, en ese entonces jefe del Departamento de Pesca, se fundó con el propósito de publicar los resultados de las investigaciones que se realizaban de manera cotidiana en nuestra Institución. También ha estado abierta a investigadores, organismos e instituciones que han trabajado en el desarrollo de conocimientos sobre pesca y las ciencias marinas en general.

Tras un breve receso hemos retomado *Ciencia Pesquera*, pues si bien en México y Latinoamérica existen varias y muy buenas revistas relacionadas con las ciencias acuáticas, identificamos un nicho para la publicación especializada de artículos científicos y tecnológicos relacionados con la pesca y la acuicultura. En los inicios de la revista los artículos se ocupaban principalmente de la evaluación de los recursos explotados comercialmente; ahora pretendemos incluir trabajos con enfoques y estrategias de manejo moderno cuyo objetivo sea lograr la sustentabilidad y la conser-

vación de recursos naturales relacionados con la pesca, sin dejar de lado aspectos básicos de la biología y el estudio de recursos potenciales. Por otro lado, en esta nueva etapa de *Ciencia Pesquera* serán incluidos artículos relacionados con el cultivo y la engorda de organismos acuáticos, como una forma de reconocer su importancia económica y social, y como actividades productivas abastecedoras de proteínas en México y el mundo.

La publicación de trabajos se hará en estricto apego a normas de alto estándar y a rigurosos procedimientos editoriales. De esta manera aspiramos a contribuir a la difusión de resultados de investigaciones científicas y tecnológicas que impliquen la generación de conocimiento para el manejo pesquero y acuícola que demanda el siglo XXI.

Gracias y enhorabuena a la esforzada comunidad científica.

Dr. Miguel Ángel Cisneros Mata
Director en Jefe del INAPESCA

Experimento para determinar la selectividad y la eficiencia del palangre de deriva con tres tipos de anzuelo y dos tipos de carnada, en la pesca de tiburón con embarcaciones de mediana altura en el Pacífico central mexicano

Heriberto Santana-Hernández, Ignacio Méndez Gómez-Humarán,
Juan Javier Valdez-Flores y María del Carmen Jiménez-Quiroz*

El palangre pelágico de superficie es una de las artes de pesca más utilizadas para la captura de tiburón de la flota de Manzanillo, Colima, México. Este estudio informa de un experimento desarrollado en colaboración con los pescadores de esta flota, cuyo propósito fue evaluar la selectividad de los anzuelos tipo circular C16/0, recto 9/0 y atunero 9/0, combinados con dos tipos de carnada: barrilete (*Katsuwonus pelamis* y *Euthynnus lineatus*) y macarela (*Scomber japonicus*), para demostrar la factibilidad de sustituir los anzuelos utilizados tradicionalmente por la flota (atunero y recto), por el circular e incrementar la selectividad del arte con la carnada. El rendimiento de pesca de tiburón con el anzuelo circular fue similar al de los otros dos y la talla promedio de los tiburones sedosos (*Carcharhinus falciformis*) que se cebaron en el barrilete fue mayor; esta especie es el principal objetivo de la flota. La captura de organismos de especies reservadas a la pesca deportiva, como el pez vela (*Istiophorus platypterus*), el marlin rayado (*Tetrapturus audax*) y el dorado (*Coryphaena hippurus*), se incrementó significativamente con los anzuelos preparados con macarela. Las tortugas capturadas con anzuelo circular se engancharon con mayor frecuencia en el pico y las aletas que en la garganta, por lo que su probabilidad de supervivencia fue mayor. Se recomienda fomentar el uso del anzuelo circular en el palangre, y el barrilete como carnada.

Palabras clave: palangre de deriva, anzuelos y carnadas, selectividad y eficiencia, captura incidental, tiburones, tortugas marinas.

Drift longline selectivity and efficiency experiment with three hooks and two bait types in mid-sized vessels shark fishery at the central Mexican Pacific

Surface pelagic longline is one of the most used gears in the shark fishery of Manzanillo, Colima, Mexico. In collaboration with fishermen, an experimental research was conducted to evaluate characteristics of selectivity and efficiency of the C16/0 circle hook, 9/0 "J" hook and 9/0 Japanese tuna hook, combined with two types of bait: skipjack (*Katsuwonus pelamis* and *Euthynnus lineatus*) and mackerel (*Scomber japonicus*). The primary aim of the experiment was to demonstrate the feasibility to replace hooks traditionally used by the fleet (Japanese tuna hook and "J" hook) with the circle hook and to increase the longline selectivity with the bait. Results showed that using the circle hook did not affect the shark fishing yields compared to the traditional, and that when using skipjack as bait a better size of silky shark (*Carcharhinus falciformis*), main objective of the fleet, can be obtained. The capture of sport fishing reserved species, as sailfish (*Istiophorus platypterus*), stripped marlin (*Tetrapturus audax*) and dolphinfish (*Coryphaena hippurus*), were increased significantly with hooks baited with mackerel. Turtles captured with circle hook were more frequently hooked by the beak and flippers than by the throat, reason why their survival probability is higher. The use of circle hook in substitution of "J" hook and Japanese tuna hook is recommended, as well as the use of skipjack as bait.

Key words: drift longline, hooks and baits, selectivity and efficiency, bycatch, sharks, marine turtles.

* Centro Regional de Investigación Pesquera, INP, Playa Ventanas s/n, Apartado postal 591. Manzanillo, CP 28200, Colima, México.
Correo electrónico: hsantanah@gmail.com.

Introducción

El mejoramiento de la selectividad y la eficiencia de los sistemas de captura de especies pelágicas y altamente migratorias, como los tiburones y otras afines, aunado al uso sustentable de los recursos, es un tema de interés para los pescadores y gobiernos de todo el mundo, y por ello está documentado en el Código de Conducta para la Pesca Responsable (FAO, 1994), en el Plan de Acción Nacional para el Aprovechamiento y Conservación de los Tiburones (PANMACT) de México (CONAPESCA-INP, 2004) y en las Normas Oficiales Mexicanas, como la NOM-029-PESC-2006 (DOF, 2007).

El palangre de deriva utilizado en la pesca de tiburón también captura picudos y dorado, lo que ha suscitado conflictos entre los sectores industrial y deportivo debido a que estas especies están reservadas por la Ley de Pesca y su Reglamento (DOF, 2001) para los pescadores deportivos. Para mitigar estos problemas, las embarcaciones de altura y mediana altura deben trabajar más allá de las 50 mn en casi todo el Pacífico (NOM-029 en DOF, 2007); sin embargo, por las características biológicas de los organismos (amplia distribución y desplazamientos migratorios muy extensos) también es necesario buscar estrategias de pesca para incrementar la captura de tiburón y disminuir la de otras especies.

Por otro lado, el uso de palangre pelágico de superficie en las pesquerías de pez espada (*Xiphias gladius*), atunes (*Thunnus sp.*) y tiburones, es una de las causas de muerte de individuos juveniles y adultos de tortugas marinas (Lutcavage *et al.*, 1997; Oravetz, 1999; Spotila *et al.*, 2000) en todos los océanos del mundo (Lewison *et al.*, 2004). El impacto de esta actividad es más acusado en las especies de quelonios que según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001 (DOF, 2002a) se encuentran en riesgo de extinción, como la tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*) y la negra (*Chelonia mydas*).

Los anzuelos atuneros y rectos (también llamados tipo "J") utilizados tradicionalmente por las flotas que operan en el Pacífico mexicano causan daños de tal magnitud en las tortugas, que éstas difícilmente sobreviven después de ser liberadas, por ello se ha experimentado con varios tipos de anzuelos para disminuir la

mortalidad; así por ejemplo, Watson *et al.* (2004) describieron cómo los de tipo circular (también conocidos como "garra de águila") se enganchan en el pico y no en la garganta, lo que incrementa la probabilidad de supervivencia de los organismos. Sobre la base de éste y otros experimentos (Bjorndal, 1989¹; Bolten y Bjorndal, 2002), este anzuelo se incorporó en el proyecto de la NOM-029 (DOF, 2002b); empero, en México no había trabajos que abordaran su selectividad. Por otro lado, los pescadores se resisten a modificar sus artes de pesca, si no se les han demostrado *in situ* las ventajas de los cambios propuestos. Por tanto, se diseñó un experimento para evaluar la selectividad del anzuelo circular, en colaboración con los pescadores para que éstos fueran testigos de su funcionamiento y de los resultados obtenidos. La intención era demostrar que este anzuelo reducía la pesca incidental sin detrimiento de la captura de especies objetivo, ya sea en el tamaño de los peces o en su abundancia.

La flota pesquera de Manzanillo (Colima, México) dedicada al tiburón está conformada por embarcaciones con casco de fibra de vidrio (Fig. 1a), adaptadas para realizar viajes de aproximadamente 10 días². El área de operación se ubica frente a los estados de Jalisco, Colima y Michoacán, más allá de las 50 mn a partir de la línea costera (Santana-Hernández y Valdez-Flores, 2004³). El palangre consiste de una línea madre de entre 12 y 21 mn (22.22-38.89 km), banderas como dispositivos de señalamiento y orinques que sostienen la línea madre construidos con líneas de polietileno y boyas atuneras (Fig. 1b). El reinal consta de dos secciones de línea de monofilamento separadas con un "destorcedor" y termina con una sección de alambre con un anzuelo en su extremo. Los pescadores

1. BJORNDAL, K. 1989. Recent development in longline fishing - catching performance and conservation aspects. *Proc. World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessel Design*. Marine Inst., St. John's, Newfoundland. pp:19-24.
2. Estas embarcaciones son similares a los barcos palangreros tipo americano dedicados al pez espada en el océano Atlántico. Originalmente se destinaban a la pesca ribereña.
3. SANTANA-HERNÁNDEZ, H. y J.J. Valdez-Flores. 2004. Caracterización del sistema de pesca de mediana altura dirigido al tiburón en el puerto de Manzanillo. Informe de investigación (documento interno). CRIP-Manzanillo. Instituto Nacional de la Pesca. México. 25p.

han utilizado por tradición anzuelos tipo recto o "J" y atunero japonés cebados con barrilete (*Katsuwonus pelamis* y *Euthynnus lineatus*), aunque en años recientes lo sustituyeron por macarela (*Scomber japonicus*). Las especies objetivo son el tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*) y el azul (*Prionace glauca*); sin embargo, aunque una alta proporción de la captura es de tiburones, también se obtiene un porcentaje variable entre 10% y 25% de pez vela, marlin y dorado (Santana-Hernández y Valdez-Flores, 2004³).

Los estudios previos fueron de corta duración y abarcaban áreas pequeñas, por lo que presentaban información fragmentada; este trabajo, realizado a lo largo de un año y frente a la costa comprendida entre Jalisco y Michoacán, evalúa la selectividad y la eficiencia de tres tipos de anzuelo (circular, recto y atunero) y de dos clases de carnada (macarela y barrilete), para la captura de tiburones, de especies reservadas a la pesca deportiva (pez vela, marlin y dorado)

y de tortugas marinas. También muestra el efecto de los anzuelos y carnadas en el tamaño de los ejemplares capturados del tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*), la especie objetivo de esta pesquería.

Para promover la colaboración de los pescadores tiburoneros de Manzanillo en este experimento, se realizó una intensa campaña de convencimiento dirigida a los dueños de barcos, patrones de pesca y a las tripulaciones.

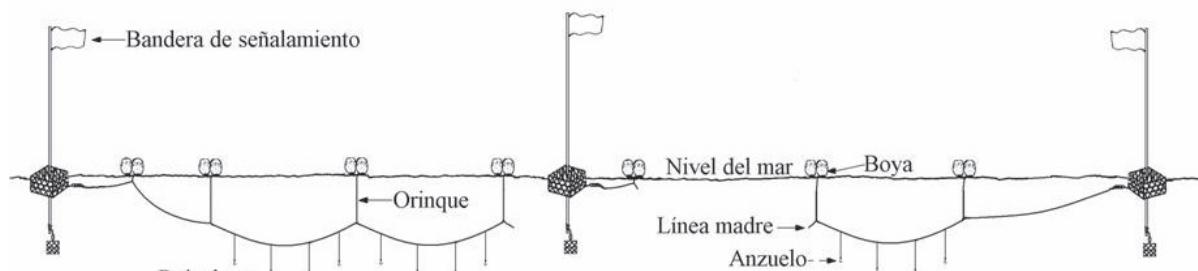
Materiales y métodos

Características de las embarcaciones y operaciones de pesca. Las embarcaciones de esta flota (Fig. 1a) son similares a las que se utilizan en la pesca ribereña, pero con las siguientes modificaciones: se les ampliaron la eslora a 12–14 m, la manga y el puntal; asimismo se les construyeron compartimentos para bodegas y componentes del palangre, se les instalaron máquinas, tanques para combustible, una cubierta corrida y una caseta en la que se distribuyen puente de mando, cocina y dos o tres literas. Las maniobras de pesca realizadas en estas embarcaciones son similares a la pesquería dedicada a la captura de pelágicos mayores que se conoce como "palangre tipo americano".

Las operaciones se realizan principalmente con un carrete o tambor, movido con fuerza hidráulica a partir de una toma de la máquina principal, en el que se embobina la línea madre, cuya longitud varía entre 22.22–38.89 km, constituida por hilo monofilamento de 3.5



a)



b)

Fig. 1. a) Barco palangrero de mediana altura (10.5 a 14 m de eslora) con sede en el puerto de Manzanillo y dedicado a la captura de tiburón frente al litoral de Colima, Jalisco y Michoacán, adaptado para trabajar por varios días; se aprecia el carrete hidráulico, b) Palangre de deriva, con sus componentes en posición teórica de trabajo.

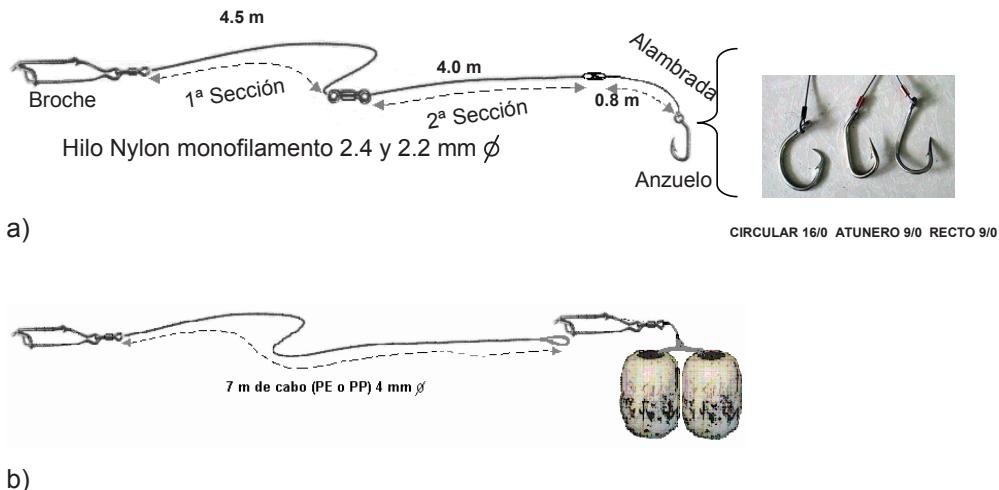


Fig. 2. a) Características de los reinales y los anzuelos y b) orinques, empleados por los pescadores y en los palangres experimentales. Las medidas fueron estándar.

a 4 mm de diámetro; las líneas con los anzuelos (reinales) y las boyas (orinques) son de este mismo material, pero de menor calibre (Fig. 2). Ambos aparejos se colocan durante la maniobra de tendido del palangre y se separan durante el cobrado para que ocupen el menor espacio posible a bordo.

Como ya se mencionó, las operaciones de pesca se realizaron frente a las costas de los estados de Jalisco, Colima y Michoacán; las coordenadas geográficas de la figura 3 indican el sitio donde se inició el tendido del palangre en los 160 lances efectuados en 30 viajes de pesca, entre el 23 de marzo de 2004 y el 22 de marzo de 2005. Cada viaje duró de seis a diez días, en los que se hicieron entre cuatro y ocho lances, aplicando un esfuerzo de 300 a 600 anzuelos por lance; lo que hizo un total de 75 457 anzuelos durante el año de trabajo.

La zona, los horarios de inicio de lance, el inicio de cobrado y la duración del viaje de pesca fueron determinados por el patrón del barco. La velocidad y el tiempo de tendido se regularon empíricamente para que la profundidad de trabajo máxima de los anzuelos fuera de 60 m, según la tipificación establecida por Santana-Hernández y Valdez-Flores (2004³), como estándar. Las coordenadas geográficas del tendido y el cobrado se definieron con un navegador GPS marca Garmin 12.

El experimento se llevó a cabo siempre con la supervisión de personal científico a bordo, quien

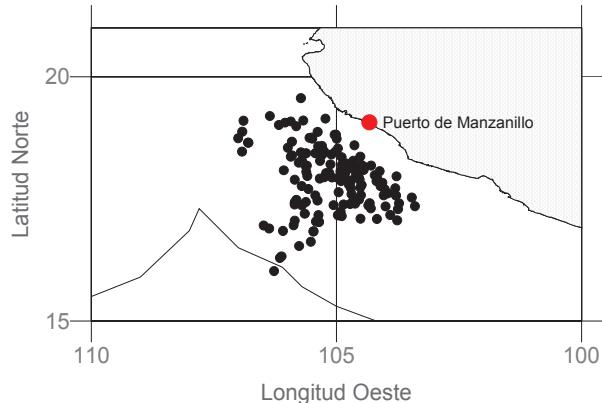


Fig. 3. Posición de inicio de 160 lances de pesca realizados entre el 23 de marzo de 2004 y el 22 de marzo de 2005.

organizó los lances, determinó la posición geográfica, registró el tipo de anzuelo y la carnada con que fueron obtenidas las presas e identificó y midió los organismos y la parte del cuerpo donde se engancharon. Para la determinación taxonómica se usaron las claves de Fischer *et al.* (1995). Las biometrías realizadas dependieron de la especie: a los tiburones se les midió la longitud total y a la horquilla, mientras que a las tortugas marinas, el largo y el ancho del carapacho.

Diseño experimental. El diseño del palangre base consistió de una línea madre de 33.336 km (18 mn) dividida en tres secciones, cada una de ellas con 150 anzuelos de cada tipo; sin embargo, fue

Tabla 1
Características y medidas (mm) de los tres tipos de anzuelos usados en el experimento

<i>Tipo</i>	<i>Largo</i>	<i>Ancho</i>	<i>Abertura</i>	<i>Calibre</i>	<i>Desviación</i>	<i>Marca</i>
Recto 9/0	78	38.0	28	4.0	30° – 35°	Eagle 9015
Atunero 9/0	68	33.5	21	6.0	0° – 10°	Mustad 9202 SKR
Circular C16/0	72	57.0	21	5.0	10°	Mustad 39966 DT

necesario hacer algunos ajustes al número de anzuelos, debido a que al incluir diferentes barcos, se presentaron variaciones de la distancia de la línea madre que, en algunos casos, fue mayor y en otros menor. De tal forma, la longitud de la línea madre varió entre 22.22-38.89 km (12 y 21 mn) y el número de anzuelos entre 300 y 600. Las medidas de los reinales no variaron, independientemente del barco en el que se estuviera trabajando (Fig. 2a), y la distancia entre ellos fue de aproximadamente sesenta metros. Los orinques (Fig. 2b) fueron proporcionados por los pescadores y sólo se sustituyeron cuando su longitud era diferente a la establecida en el diseño experimental (6.5 m y 7.0 m). Las características técnicas de los tres anzuelos utilizados en el experimento se muestran en la *tabla 1*.

En cada sección se organizaron, de acuerdo con un diseño factorial de 3 x 2, las combinaciones con el tipo de anzuelo y carnada (por ejemplo, atunero–barrilete, atunero–macarela; circular–barrilete, circular–macarela, etc.). El proceso para hacerlo aleatorio, necesario para reducir el sesgo causado por la posición de cada combinación en el palangre, consistió en cambiar la posición de cada anzuelo y cada carnada en las diferentes secciones entre lances, de modo que el ciclo completo se cubrió cada seis lances (Fig. 4).

En virtud de que el tiempo de tendido y cobrado determina el periodo que permanecen los anzuelos en su posición de trabajo, y de que los peces pueden ser atraídos en menor o mayor grado hacia la carnada dependiendo de la hora

y el tiempo que aquéllos permanecen en el agua, se analizó la diferencia entre la captura obtenida en las tres secciones en que se ubicaron los tres tipos de anzuelo y las carnadas.

El análisis se hizo por grupos: captura total, especies objetivo (tiburones), captura incidental total, especies reservadas a la pesca deportiva (pez vela, marlin y dorado), y tortugas marinas. En primera instancia se aplicó un análisis de regresión logística (Jovell, 1995), para determinar el cambio en las probabilidades de captura debidos a los factores en estudio. La prueba estadística aplicada a los diferentes grupos de especies consistió en un análisis de varianza (ANDEVA) de dos factores y su interacción (Zar, 1996), mientras que en el caso del análisis de las tallas de los especímenes de tiburón sedoso por tipo de anzuelo y carnada, se utilizó un ANDEVA de un factor.

Las comparaciones entre la cantidad de tortugas atrapadas se llevaron a cabo con el método de χ^2 aplicado a tres tablas de contingencia, una de 3 x 2, y dos de 2 x 2 (Zar, 1996). En la primera se incluyeron los tres anzuelos, y en las otras dos se compararon primero los anzuelos circular y atunero, y después la combinación de estos dos (porque no hubo diferencia significativa entre ellos) se contrastó con el recto. Por otro lado, para determinar si había diferencias significativas en la cantidad de enganches en la parte del cuerpo donde éste es más dañino (mandíbula o garganta), se aplicó la prueba exacta de Fisher para tablas de 2 x 2 porque, aunque las frecuencias promedio fueron mayores a seis, algunas esperadas



Fig. 4. Esquema del palangre experimental de deriva con una línea madre de aproximadamente 33.336 km (18 mn). La separación de los reinales fue de 60 m. Los anzuelos y carnadas estuvieron distribuidos de acuerdo con un diseño factorial de 3 X 2, cuyo proceso de aleatorización se cumplió cada seis lances.

fueron menores a cinco (Zar, 1996; Everitt, 1977). Los anzuelos comparados fueron la combinación de atunero y recto, contra circular. En todas las tablas se incluyeron los dos tipos de carnada.

Resultados

Composición de especies. De las 21 especies que se identificaron en las operaciones de pesca (Tabla 2), la mayor parte fue de tiburones (77.41%). Los más abundantes fueron el sedoso y el azul. Los organismos de otras nueve especies registradas representaron menos de 2% cada una.

La captura incidental estuvo integrada por ejemplares de diez especies (Tabla 2). De ellas, las más abundantes fueron de las reservadas para la pesca deportiva (16.31%), en particular el pez vela. Las tortugas capturadas fueron golfinas (*Lepidochelys olivacea*) y su número (42) representó un pequeño porcentaje (1.38%) del total. Otras especies importantes fueron la raya violeta (*Dasyatis violacea*) y el pez luna (*Mola mola*), que habitualmente son descartadas y, por tanto, no habían sido identificadas en las descargas.

Ánálisis con el modelo logístico. Los resultados del modelo logístico aplicado para evaluar el efecto del tipo de carnada, del anzuelo y la posición de éstos en el palangre, indican que el uso del barrilete incrementa entre 4.3% y 7.6% la probabilidad de captura del tiburón, y que ese intervalo es muy significativo ($p < 0.0001$). Por otro lado, el anzuelo circular incrementa esa probabilidad entre 1.5% y 7.9%, en comparación con el anzuelo recto, aunque la diferencia es menos significativa ($p = 0.056$). También se encontró que la permanencia en el agua incrementa de manera gradual la probabilidad de captura, ya que los anzuelos colocados en las secciones que se encuentran en los extremos del palangre, presentaron diferencias de hasta 6.3% ($p = 0.0083$).

Captura por tipo de anzuelo y tipo de carnada. De los 2 981 organismos capturados en total, 36.98% se obtuvo con el anzuelo tipo circular, 31.38% con el recto y 31.64% con el atunero, mientras que 47.62% se enganchó con la carnada de barrilete y el resto con macarela (Tabla 3a).

Tabla 2
Especies capturadas con el palangre experimental

Nombre común	Nombre científico	Captura	%	CPUE*
Tiburones				
Tiburón sedoso	<i>Carcharhinus falciformis</i>	1 384	46.44	19.03
Tiburón azul	<i>Prionace glauca</i>	717	24.06	9.86
Tiburón martillo	<i>Sphyraena zygaena</i>	109	3.66	1.50
Tiburón zorro	<i>Alopias pelagicus</i>	50	1.68	0.69
Tiburón mako	<i>Isurus oxyrinchus</i>	14	0.47	0.19
Tiburón aleta blanca	<i>Carcharhinus longimanus</i>	8	0.27	0.11
Tiburón chato	<i>Carcharhinus leucas</i>	7	0.23	0.10
Tiburón grillo	<i>Alopias superciliosus</i>	6	0.20	0.08
Tiburón cornuda negra	<i>Sphyraena lewini</i>	6	0.20	0.08
Tiburón volador	<i>Carcharhinus limbatus</i>	5	0.17	0.07
Tiburón puntas blancas	<i>Carcharhinus albimarginatus</i>	1	0.03	0.01
Especies reservadas a la pesca deportiva				
Pez vela	<i>Istiophorus platypterus</i>	230	7.72	3.16
Dorado	<i>Coryphaena hippurus</i>	132	4.43	1.81
Marlin rayado	<i>Tetrapturus audax</i>	114	3.83	1.57
Pez espada	<i>Xiphias gladius</i>	6	0.20	0.08
Marlin azul	<i>Makaira nigricans</i>	4	0.13	0.05
Otras especies				
Raya látigo	<i>Dasyatis violacea</i>	100	3.36	1.37
Tortuga golfinas	<i>Lepidochelys olivacea</i>	42	1.38	0.56
Atún aleta amarilla	<i>Thunnus albacares</i>	12	0.40	0.16
Pez luna	<i>Mola mola</i>	2	0.07	0.03
Mantarraya	<i>No identificada</i>	1	0.03	0.01
Escapes**	<i>No identificados</i>	31	1.04	0.43
	Total	2 981	100	40.97

*Organismos capturados por cada mil anzuelos utilizados en el periodo analizado.

**Organismos que mordieron el anzuelo y se desprendieron antes de llegar a la cubierta del barco.

Sobre la captura total, el ANDEVA de dos factores indicó que el efecto del tipo de anzuelo fue significativo ($p = 0.022$), mientras que el de la carnada lo fue poco ($p = 0.089$), y el de la interacción de ambos factores no lo fue en absoluto.

Tabla 3

Número total de organismos capturados por tipo de anzuelo y carnada durante el experimento

a) Total

Tipo de carnada	Tipo de anzuelo		
	Atunero	Circular	Recto
Macarela	513 (54.40)	563 (51.09)	485 (51.87)
Barrilete	430 (45.60)	539 (48.91)	450 (48.13)
Total	943 (100)	1102 (100)	935 (100)

b) Tiburón

Tipo de carnada	Tipo de anzuelo		
	Atunero	Circular	Recto
Macarela	377 (52.88)	441 (49.49)	343 (48.79)
Barrilete	336 (47.12)	450 (50.51)	360 (51.21)
Total	713 (100)	891 (100)	703 (100)

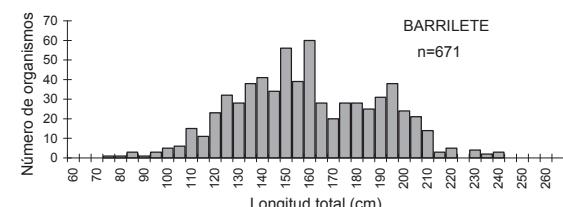
c) Especies reservadas a la pesca deportiva (marlin, pez vela y dorado)

Tipo de carnada	Tipo de anzuelo		
	Atunero	Circular	Recto
Macarela	98 (66.22)	97 (59.51)	111 (63.43)
Barrilete	50 (33.78)	66 (40.49)	64 (36.57)
Total	148 (100)	163 (100)	175 (100)

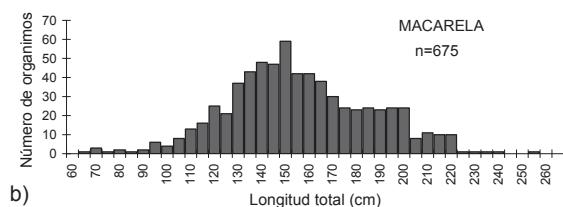
Nota: Los valores entre paréntesis son los porcentajes correspondientes.

En la tabla 3b es evidente que el número de tiburones capturado con el anzuelo circular fue significativamente superior al capturado con el atunero y el recto ($p = 0.032$); en contraste, ni el análisis aplicado para detectar el efecto de la carnada ni la interacción entre los factores arrojaron diferencias significativas.

Efecto del anzuelo sobre la talla del tiburón sedoso. En los histogramas de las distribuciones de frecuencias de las tallas del tiburón sedoso (Fig. 5) se observa que se capturaron individuos de una amplia gama de tamaños (65–240 cm) con las dos carnadas; sin embargo, los peces que prefirieron el barrilete fueron un poco más grandes y la distribución de frecuencias tendió a ser bimodal, la primera moda se ubicó alrededor de los 150–160 cm y la segunda a los 195 cm. Con la macarela se recogieron individuos pequeños (65 cm) y la forma del histograma fue más acampanada, en este caso la moda se encontró alrededor de los 150 cm. Las longitudes totales promedio de los peces obtenidos con cada carnada fueron significativamente diferentes, como lo indicó el ANDEVA ($p = 0.038$).



a)



b)

Fig. 5. Histograma con la longitud total de *C. falciformis* capturado con dos tipos de carnada: a) barrilete y b) macarela.

En la figura 6 se presenta la distribución de frecuencias de la longitud total de los ejemplares de *C. falciformis* capturados con los tres tipos de anzuelo. A pesar de que el anzuelo circular capturó mayor cantidad de organismos, su longitud total promedio fue menor que la de los tiburones retenidos en los anzuelos atunero y recto. El ANDEVA indica que hubo diferencias significativas entre las tallas de los peces, debido al anzuelo ($p = 0.000$).

Captura de especies reservadas a la pesca deportiva por tipo de anzuelo y carnada. La captura por unidad de esfuerzo del pez vela, del marlin y del pez espada fue de 6.02 organismos por cada mil anzuelos (Tabla 3c). El ANDEVA de dos factores con interacción mostró que la captura obtenida con barrilete fue significativamente menor que con macarela ($p = 0.001$), mientras que ni el efecto del anzuelo ni la interacción entre ambos factores fue significativa ($p = 0.139$ y $p = 0.387$, respectivamente).

Captura de tortugas marinas. Las tortugas registradas durante el desarrollo del experimento, incluyendo las que se enredaron en las líneas (una en orinque y dos en reinales), sumaron 42 (Tabla 4a), y la mayoría de ellas fueron hembras adultas. La longitud del carapacho de las tortugas golfinas varió entre 25 y 66 centímetros.

La prueba de χ^2 aplicada a la tabla de contingencia de 3 x 2, indicó que había diferencias sig-

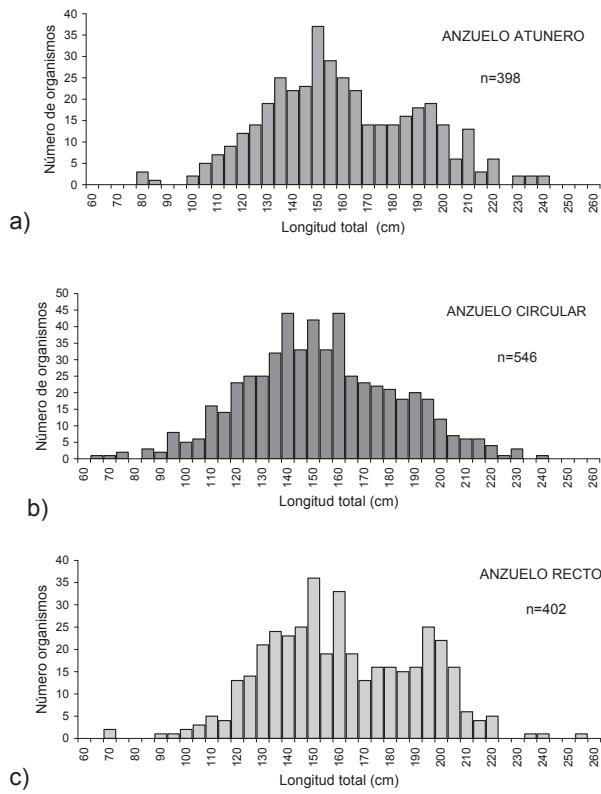


Fig. 6. Longitud total promedio de tiburón sedoso capturado durante el experimento con tres tipos de anzuelo: a) atunero 9/0, b) circular C16/0 y c) recto 9/0.

nificativas entre las frecuencias de los organismos capturados ($p < 0.05$) por anzuelo y por carnada, por lo que para distinguir cuáles eran distintas, se elaboraron otras dos tablas. En la primera se compararon las frecuencias obtenidas con los anzuelos circular y atunero: el parámetro ($\chi^2 = 0.0036$) indica que no hubo diferencias significativas entre ellos, por lo que se sumaron las frecuencias observadas en esos anzuelos y se compararon con la del recto. Esta segunda prueba ($\chi^2 = 5.081 > \chi^2$ crítica_(0.5,2) = 3.841) mostró que la cantidad (11) en el anzuelo recto con macarela fue diferente.

Los daños causados a las tortugas por cada anzuelo fueron distintos, ya que el circular, a diferencia del atunero y el recto, no se enganchó en la parte profunda del esófago en el transcurso de este experimento (Tabla 4b) a pesar de que se aplicó un total de 75 457 anzuelos, de los cuales 21 153 eran circulares. La prueba exacta de Fisher aplicada para contrastar la cantidad de animales sujetos por la garganta o la mandíbula con los anzuelos atunero, recto y circular, fue significativa ($p_0 = 0.0197$).

Tabla 4
Captura incidental de la tortuga marina
Lepidochelys olivacea: a) por tipo de anzuelo y carnada; b) parte del cuerpo en que se engancharon o enredaron

a)

Tipo de carnada	Tipo de anzuelo		
	Atunero	Circular	Recto
Macarela	6 (37.50)	4 (36.36)	11 (73.33)
Barrilete	10 (62.50)	7 (63.64)	4 (26.67)
Total	16 (100)	11 (100)	15 (100)

b)

Parte del cuerpo	Tipo de anzuelo		
	Atunero	Circular	Recto
Aleta	5 (31.25)	3 (27.27)	4 (26.67)
Garganta	3 (18.75)	0 (0.00)	6 (40.00)
Mandíbula	7 (43.75)	8 (72.73)	3 (20.00)
Otra parte	1 (6.25)	0 (0.00)	2 (13.33)
Total	16 (100)	11 (100)	15 (100)

Nota: Los valores entre paréntesis son los porcentajes correspondientes.

Captura por sección del palangre. La cantidad de tiburón obtenida en cada una de las tres secciones en que de manera natural se ordenó el palangre durante el tendido y el cobrado fue significativamente diferente ($p = 0.004$), ya que disminuyó entre la primera y la tercera secciones (Tabla 5). Este resultado es congruente con el tiempo de operación promedio de cada una de ellas, ya que la diferencia en el tiempo de operación entre las secciones 1 y 2 varió entre dos y tres horas, y entre la sección 1 y 3, de cinco a siete horas.

Tabla 5
Captura de tiburones obtenida en las tres secciones en que trabajaron los anzuelos durante el experimento

Sección del palangre	Tipo de anzuelo		
	Atunero	Circular	Recto
1	257 (36.04)	373 (41.86)	260 (36.98)
2	264 (37.03)	344 (38.61)	277 (39.40)
3	192 (26.93)	174 (19.53)	166 (23.61)
Total	713 (100)	891 (100)	703 (100)

Nota: Los valores entre paréntesis son los porcentajes correspondientes. La primera sección es la que se tiende primero y la última en levantarse.

Discusión

Los cambios a los sistemas tradicionales de captura son muy difíciles de llevar a cabo porque los

pescadores siempre cuestionan la eficiencia y la selectividad de las artes de pesca modificadas. Afortunadamente, desde los primeros lances fue evidente que el anzuelo circular capturaba mayor cantidad de organismos debido a que las fugas post-enganche eran menos frecuentes porque el anzuelo atraviesa por completo la mandíbula.

Tradicionalmente los tiburoneros del puerto de Manzanillo habían utilizado barrilete como carnada; sin embargo, mencionan que a partir de 1998 incrementaron el uso de macarela hasta sustituir al barrilete totalmente, pues éste es más costoso y difícil de conseguir. Aunque el análisis no mostró diferencias significativas en la cantidad de tiburones capturados con cada tipo de carnada, como ya habían comentado pescadores y dueños de barcos que sucedía, la ventaja de usar barrilete fue que las tallas promedio del tiburón sedoso fueron mayores. Este organismo es el que tiene más demanda en el mercado nacional y su precio justifica el trabajo extra que implica cortar en trozos esta carnada, lo que además produce escurrimientos y olores desagradables.

El experimento también demostró que la carnada de macarela incrementó significativamente la probabilidad de obtener pez vela, marlin y dorado, a pesar de que prácticamente la totalidad de los lances se realizaron fuera de la franja de 50 mn, donde la abundancia es menor (Santana-Hernández y Valdez-Flores, 2007⁴). Un inconveniente de usar esta carnada fue que, al combinarla con el anzuelo recto, se favoreció la captura de tortugas marinas. Por otro lado, los resultados de este experimento coincidieron con los de Watson *et al.* (2004), quienes señalaron que los anzuelos de tipo circular facilitan la protección de las tortugas marinas porque es raro que se enganchen por la garganta; ellos trabajaron en el Atlántico norte y encontraron que con este tipo de anzuelo disminuía la captura de caguamas (*Caretta caretta*) y laúd (*Dermochelys coriacea*).

El análisis de la captura por sección de palangre indica que la cantidad de tiburones en-

ganchados está relacionada con el tiempo que trabajan los anzuelos; aunque también es probable que el horario influya, ya que aquéllos son más activos durante las primeras horas del día, cuando se inicia el tendido del palangre. Por otro lado, el que la cantidad de ejemplares por tipo de anzuelo fuese estadísticamente mayor con el circular, pudo deberse a que menor número de tiburones se desprendieron de los anzuelos, lo que favoreció la colaboración de los pescadores.

Los resultados de este experimento y el contacto con los investigadores a bordo de las embarcaciones han repercutido en la conducta de los pescadores, y actualmente tienen mejor disposición para participar en la protección de especies en riesgo. De tal forma, y dado que el rendimiento obtenido por el anzuelo circular es mayor que el de los anzuelos tradicionales, es posible suponer que éstos podrán ser sustituidos con su apoyo. Por otro lado, si bien el uso del barrilete resulta problemático, también incrementa la selectividad hacia las especies objetivo y favorece la captura de ejemplares de mayor talla. Esta información apoya las medidas sobre el manejo y la administración de los pelágicos mayores en México, así como las de protección de especies amenazadas o en peligro de extinción y de las especies reservadas para la pesca deportiva.

Es importante mencionar que existen factores bióticos y abióticos que generan variaciones en el resultado de pesca de las diferentes especies vulnerables, relacionadas con el espacio y con las escalas temporales, intra e interanuales. Las variaciones de la captura podrían ser atribuibles tanto a la disponibilidad de alimento como al comportamiento migratorio de las especies.

Conclusiones

Los anzuelos tipo atunero (9/0) y recto o "J" (9/0), pueden ser reemplazados por el anzuelo tipo circular C16/0, sin detrimento de la captura habitualmente obtenida por la flota tiburonera.

La carnada de barrilete favorece la captura de ejemplares de tiburón sedoso de mayor talla; en contraste, la macarela incrementa la probabilidad de que se pesquen especies reservadas a la pesca deportiva.

4. SANTANA-HERNÁNDEZ, H. y J.J. Valdez-Flores. 2007. Efecto de la distancia de la costa sobre la captura de tiburones y especies destinadas a la pesca deportiva, en la pesquería palangrera del Pacífico central mexicano. Informe de investigación (documento interno). CRIP-Manzanillo. Instituto Nacional de la Pesca. México. 19p.

La combinación de anzuelo recto y macarela contribuye al enganche de tortugas marinas, mientras que la probabilidad de que el anzuelo tipo circular lo haga en la garganta de éstas es menor que con los otros anzuelos, lo que incrementa su probabilidad de sobrevivir.

Es necesario establecer un programa permanente de observadores científicos a bordo de los barcos dedicados a la pesca de tiburón y de otras especies de pelágicos mayores, para incrementar el conocimiento biológico-pesquero de estas especies y sensibilizar a los pescadores para que disminuyan la captura incidental y su actividad sea sustentable.

Literatura citada

BOLTON, A. y K. Bjorndal. 2002. *Experiments to evaluate gear modification on rates of sea turtle bycatch in the swordfish longline fishery in the Azores*. NOAA Final Project Report March 2002.

CONAPESCA-INP. 2004. *Plan de acción nacional para el manejo y conservación de tiburones, rayas y especies afines en México*. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca; Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, México, 85p.

DOF. 2001. Ley de Pesca y su Reglamento. *Diario Oficial de la Federación*. México. 8 de enero de 2001, 113p.

DOF. 2002a. Norma Oficial Mexicana 059-ECOL-2001, Protección ambiental—especies nativas de México de flora y fauna silvestres—Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio—Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. México. 6 de marzo de 2002.

DOF. 2002b. PROY-NOM-029-PESC-2000, Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento. *Diario Oficial de la Federación*. México. 12 de julio de 2002.

DOF. 2007. NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento. *Diario Oficial de la Federación*. México. 14 de febrero de 2007.

EVERITT, B.S. 1977. *The analysis of contingency tables*. Monographs on applied probability and statistics. Halsted Press, EU. 128p.

FAO. 1994. Examen de la situación mundial de las especies altamente migratorias y las poblaciones transzonales. *FAO Documento Técnico de Pesca* 337. Roma, 75p.

FISCHER, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem. 1995. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico centro-oriental*. Vertebrados, Parte I. FAO. Roma, Italia, 646p.

JOVELL, A.J. 1995. *Ánálisis de regresión logística*. Cuaderno Metodológico, 15. Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid, España, 118p.

LEWISON, R.L., S.A. Freeman y L.B. Crowder. 2004. Quantifying the effects of fisheries on threatened species: the impact of pelagic longlines on loggerhead and leatherback sea turtles. *Ecology Letters*, 7(3): 221–231.

LUTCAVAGE, M.E., P. Plotkin, B. Witherington y P.L. Lutz. 1997. Human impacts on sea turtles survival. En: P.J. Lutz y J.A. Musik (eds.), *The Biology of sea turtles*. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp: 387–409.

ORAVETZ, C.A. 1999. Reducing incidental catch in fisheries. En: K.L. Eckert, K.A. Bjorndal, F.A. Abreu-Grobois y M. Donnelly (eds), *Research and management techniques for the conservation of sea turtles*. IUCN/SSC. Marine turtles Specialist Group Publication, 4: 217–222.

SPOTILA, J.R., R.R. Reina, A.C. Steyermark, P.T. Plotkin y F.V. Paladino. 2000. Pacific leatherback turtles face extinction. *Nature*, 405: 529–530.

WATSON, J.W., D.G. Foster, S. Epperly y A. Shah. 2004. *Experiments in the Western Atlantic northeast distant waters to evaluate sea turtle migration measures in the pelagic longline fishery*. Report on experiments conducted in 2001-2003. <http://www.mslabs.noaa.gov/ms-labs/docs/watson4.pdf>

ZAR, J.H. 1996. *Biostatistical analysis*. 3^a ed. Prentice Hall. EU, 662p.