

PARÁMETROS BIOLÓGICO-PESQUEROS DEL STRIPED CHUB (*KYPHOSUS INCISOR*) RELEVANTES PARA SU MANEJO Y CONSERVACIÓN EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL OLD PROVIDENCE McBEAN LAGOON

Mario Rueda¹, Vanburen Ward Bolívar², Diana Bustos-Montes¹, Santiago Posada Osorio², Eddie Sanjuanelo¹, Alfredo Rodríguez¹ y Marcela Cano Correa²

1 Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Invemar). Calle 25 No. 2-55, Playa Salguero, Santa Marta, Colombia. mario.rueda@invemar.org.co, diana.bustos@invemar.org.co, eddie.sanjuanelo@gmail.com, alfredo.rodriguez@invemar.org.co

2 Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN Old Providence McBean Lagoon), Isla de Providencia, Departamento de San Andrés, Colombia. vanburenwb@hotmail.com, posada_santiago@hotmail.com, marcela.cano@parquesnacionales.gov.co

RESUMEN

Se estimaron algunos parámetros de la biología pesquera de *Kyphosus incisor* (striped chub es el nombre común en creole) en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina a partir de un monitoreo pesquero y un experimento de selectividad con línea de mano en el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon, realizados en el período 2006 - 2012. Lo anterior con el fin de obtener información científica base para el manejo y conservación del recurso, con una activa participación y aporte del conocimiento tradicional de los pescadores isleños, lo que favoreció la obtención de resultados de interés para el Parque. Las tallas de captura fluctuaron entre 26.5 y 58.0 cm de longitud total (LT), mostrando un crecimiento alométrico [$W (g) = 0.02 LT (cm)^{2.95}$]. Durante los años evaluados no se presentó una desviación significativa de la proporción de sexos 1:1. La talla media de madurez sexual (TMM) de las hembras se estimó en 47.4 cm LT (IC 95% 47.1 - 47.6 cm), mientras que la proporción de estados de madurez avanzados aumentó durante el segundo semestre del año, sugiriendo picos de desove entre diciembre y marzo. La composición por tallas de las capturas a lo largo del tiempo, sugirió que esta especie es extraída en tamaños cercanos a la TMM; no obstante, la tendencia del indicador talla media de captura/TMM fue creciente. El experimento de selectividad consistió en comparar las tallas capturadas de tres diferentes tamaños de anzuelos tipo J, estandarizando otras fuentes de variación, con el fin de determinar el tamaño que maximiza la probabilidad de capturar peces por encima de la TMM (anzuelo No. 9). A partir de la información generada, se sugieren las siguientes medidas de manejo y conservación de *K. incisor* en el área del Parque: I) en el caso hipotético de establecerse una veda debe ser concordante con el pico reproductivo de la especie, es decir entre diciembre y marzo; II) talla mínima legal de captura debe estar entre 47 y 48 cm LT, III) restringir el uso de anzuelos pequeños (No. 10 o menores); IV) no permitirse el aumento del esfuerzo de pesca con el ingreso de nuevos pescadores; V) continuar el proceso de adopción de medidas de manejo mediante acuerdos de pesca con los usuarios del recurso.

PALABRAS CLAVES: Talla media de madurez, Selectividad, Anzuelos, Isla de Providencia, Caribe colombiano.



ABSTRACT

Fisheries biology parameters of the yellow chub (*Kyphosus incisor*) for management and conservation in the Old Providence McBean Lagoon National Park. Some parameters of the fisheries biology of *Kyphosus incisor* (yellow chub) were estimated from fisheries monitoring and a hand line and hook size selectivity experiment carried out in the Old Providence McBean Lagoon National Park from 2006 to 2012. Both monitoring and fishing experiment were conducted to obtain scientific information for management and conservation of *K. incisor*, including the active participation of islander fisherman, which favored outcomes of interest to the management of the Park. Size range for fishes was 26.5-58.0 cm total length (TL), showing allometric growth [W (g) = 0.02 LT (cm)^{2.95}]. There was no statistically significant deviation from the 1:1 sex ratio. The mean size at maturity (MSM) for females was estimated at 47.4 cm TL (95% CI, 47.1 - 47.6 cm), whereas the proportion of advanced stages of maturity increased during the second half of year, which suggests that spawning peaks occur between December and March. Size composition of catch time series suggested that this species is harvested in sizes close to the MSM; however, the indicator (mean catch size /MSM) trend was growing. The selectivity experiment aimed at comparing the fish size caught by three different J-style hook sizes, standardizing other sources of variation, in order to determine the hook size that maximizes the probability of catching fish above the MSM (9 hook). Management and conservation measures of *K. incisor* obtained from this study are as follow: I) in the hypothetical case of a ban, it must be established consistent with the reproductive peak of the species, i.e. between December and March; II) minimum capture legal size should be between 47 and 48 cm total length, III) restrict the use of small hooks (10 or lower); IV) increase in fishing effort with the entry of new fishermen should not be allowed; V) process of management measures by fishing agreements with resource users should continue.

KEY WORDS: Mean size at maturity, Selectivity, Hooks, Old Providence Island, Colombian Caribbean.

INTRODUCCIÓN

En adición a la idea original que las Áreas Marinas Protegidas (AMP) son una herramienta valiosa para la conservación de la biodiversidad, los hábitats esenciales y la protección de procesos reproductivos claves en poblaciones de interés para pesca (Botsford *et al.*, 1997; Palumbi, 2003), ha surgido en la última década la necesidad de involucrar a los pescadores en los procesos de manejo y conservación dentro y fuera de las AMP, como una extensión del enfoque de manejo basado en ecosistemas (Castilla y Defeo, 2005; PISCO, 2008; Hilborn, 2011). Este enfoque, más allá de perseguir la exclusión de pescadores, busca combinar metas de manejo y conservación con fines de minimizar la presión pesquera mediante el uso de buenas prácticas con una reducción significativa del poder de pesca. Lo anterior cobra relevancia en pesquerías artesanales asociadas a AMP en Latinoamérica (Defeo y Castilla, 2005).

En Colombia, cuando existen situaciones donde comunidades étnicas desarrollan actividades tradicionales de uso de recursos hidrobiológicos al interior de áreas marinas protegidas, como la que ocurre en el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon por parte de la comunidad raizal de las islas de Providencia y Santa Catalina que, a su vez, tienen derechos jurídicos especiales, el Estado está obligado a desarrollar procesos de ordenamiento pesquero. Dichos procesos permiten no solo garantizar el cumplimiento de los objetivos de conservación del área protegida, sino traer beneficios a los pobladores que hacen uso de los recursos del área (Ward *et al.*, 2009). En este sentido, se podría combinar el conocimiento tradicional del pescador junto con evidencias científicas disponibles para minimizar los posibles impactos de la pesca. Como área marina protegida, el Parque resguarda muestras representativas de la diversidad biológica, por lo que se debe ejercer un manejo y ordenación de los recursos consistente con políticas de gestión adecuadas a sus características biológicas, ecológicas y socio-económicas. Sin embargo, la falta de información ecológica y tecnológica de pesca no ha permitido la toma de decisiones que además de impactar positivamente la administración del Parque tengan aceptación entre los pescadores. Por lo anterior, se han realizado varios esfuerzos de investigación para que la implementación de los planes de manejo en el Parque Old Providence McBean Lagoon cuente con la mayor cantidad de información posible (Cano *et al.*, 2006, 2007, 2012; PNN, 2006).

De las capturas artesanales al interior del parque, los peces representan 91.3%, mientras que los invertebrados 8.7%. Entre los peces, *Kyphosus incisor* (striped chub) constituye 52.9% de los desembarcos y es capturado en su mayoría con línea de mano (98%) (Cano *et al.*, 2007; Ward *et al.*, 2009). La abundancia relativa (CPUE) del chub pasó de 15.3 kg/faena en 2006 a 105.4 kg/faena en 2008 (Cano *et al.*, 2007; Ward *et al.*, 2009); no obstante, a partir de ese año decayó a 40.4 kg/faena en 2011 (Cano *et al.*, 2012). El striped chub es una especie que alcanza longitudes de hasta 67 cm, habita sobre fondos duros en aguas someras y se distribuye en el Atlántico occidental desde Nueva Inglaterra, pasando por el Caribe, hasta el sur de Brasil (Carpenter, 2002). De otro lado, este pez es relevante cultural y gastronómicamente en la isla de Providencia, especialmente para la comunidad del sector Rocky Point (Punta Rocosa), en donde existe un grupo de pescadores expertos en su captura (Márquez, 2005). El arte y método de captura del chub es muy particular y ancestral, de acuerdo con la descripción de varios autores (Cano *et al.*, 2007; Medina *et al.*, 2007); en este documento será denominado línea de mano chub.



La unidad económica de pesca (UEP) típica que aprovecha este recurso está conformada por una embarcación de fibra de vidrio (4.2 m de eslora aproximadamente), un motor fuera de borda de 25 hp, dos a tres pescadores y una o dos líneas de mano con sedales de monofilamento de 14 a 23 kg con un solo anzuelo tipo J, generalmente No. 9, el cual es lastrado con una pequeña plomada (Cano *et al.*, 2006, 2007). El esfuerzo de pesca hacia *K. incisor* es reducido y, según Cano *et al.* (2012), a 2012 la actividad era realizada únicamente por dos pescadores permanentes y tres ocasionales. Para la captura se utiliza como cebo white crab (*Cardisoma guanhumi*), el cual es macerado y arrojado al agua; con el apoyo de una caja de madera con fondo de vidrio como visor (water glass) se revisa la presencia y agregación del cardumen, mientras que trozos del cefalotórax de crab fish (*Panulirus argus*) se colocan en el anzuelo para atrapar los peces (Cano *et al.*, 2007; Ward *et al.*, 2009). Las faenas tienen una duración de seis horas diurnas y una frecuencia semanal de dos a tres días (Ward *et al.*, 2009). La mayoría de las faenas de la línea de mano chub se concentran en la parte externa del arrecife, a unos 500 m afuera de la barrera arrecifal, sobre el denominado sistema de surcos y espolones (Cano *et al.*, 2007). *Kyphosus incisor* es la especie objetivo de la línea de mano chub, ya que constituye entre 75 y 85% de las capturas, mientras que el porcentaje restante incluye peces como black chub (*K. sectatrix*), yellow tail (*Ocyurus chrysurus*), turbit (*Canthidermis sufflamen*) y cramantí old wife (*Melichthys niger*) (Ward *et al.*, 2009; Cano *et al.*, 2012).

Hasta la realización del presente trabajo, existía incertidumbre sobre el patrón reproductivo de *K. incisor* y sobre el efecto de la pesca con anzuelo sobre la estructura de tallas de la población, desconociéndose si estaba afectando su renovación natural. Atendiendo a esta necesidad de información, con base en revisiones de bases de datos sobre estadios de madurez gonadal (Cano *et al.*, 2007; Ward *et al.*, 2009; Mora, 2013) y del monitoreo de la pesca artesanal llevado a cabo por el parque mediante el Sistema de Información Pesquera del Invemar (SIPEIN), el presente estudio analizó información entre 2006 y 2012 con el objetivo de actualizar la estimación de la talla media de madurez, los periodos reproductivos y las tallas medias de captura de *K. incisor*. Adicionalmente, se evaluó el efecto del tamaño del anzuelo utilizado en las líneas de mano chub sobre la estructura de tallas de la población, mediante un experimento de selectividad que involucró la activa participación de pescadores de chub que replicaron las condiciones de pesca tradicional bajo condiciones controladas (igual

poder de pesca exceptuando el tamaño de anzuelo, misma área de pesca, misma experiencia de los pescadores). Lo anterior representa un aporte valioso para los procesos que el PNN Old Providence McBean Lagoon viene realizando para cuantificar indicadores de presión sobre los recursos y llegar a acuerdos de uso y aprovechamiento con los pescadores que minimicen el impacto sobre la biodiversidad y más específicamente sobre la población de *K. incisor*.

ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon (municipio de Providencia y Santa Catalina, departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Colombia), creado en 1995, hace parte de una de las zonas núcleo de la Reserva de Biósfera Seaflower y es administrado por la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales (Cano *et al.*, 2012). El parque se ubica en el extremo nororiental de Providencia, entre Maracaibo Hill y Smith Bay, ocupando una extensión aproximada de 995 Ha, 90 de las cuales son terrestres y 905 marinas (Cano *et al.*, 2012; Figura 1). En su reducido tamaño, el parque alberga ecosistemas terrestres, costeros y marinos que incluyen bosques secos, matorrales subxerofíticos, manglares, praderas de pastos marinos y arrecifes coralinos, así como la presencia de paisajes singulares como los cayos volcánicos de Crab Cay y Three Brothers Cays, lo que evidencia su especial valor ecológico (Vásquez y Serrano, 2009). Sumado a esto, el área marina ha sido tradicionalmente usada por las comunidades aledañas para actividades de pesca artesanal, especialmente con línea de mano (PNN, 2006), debido al fácil acceso al mar, la presencia de agregaciones de peces, así como la transparencia y calma del mar aún en épocas de fuertes brisas (Cano *et al.*, 2007).

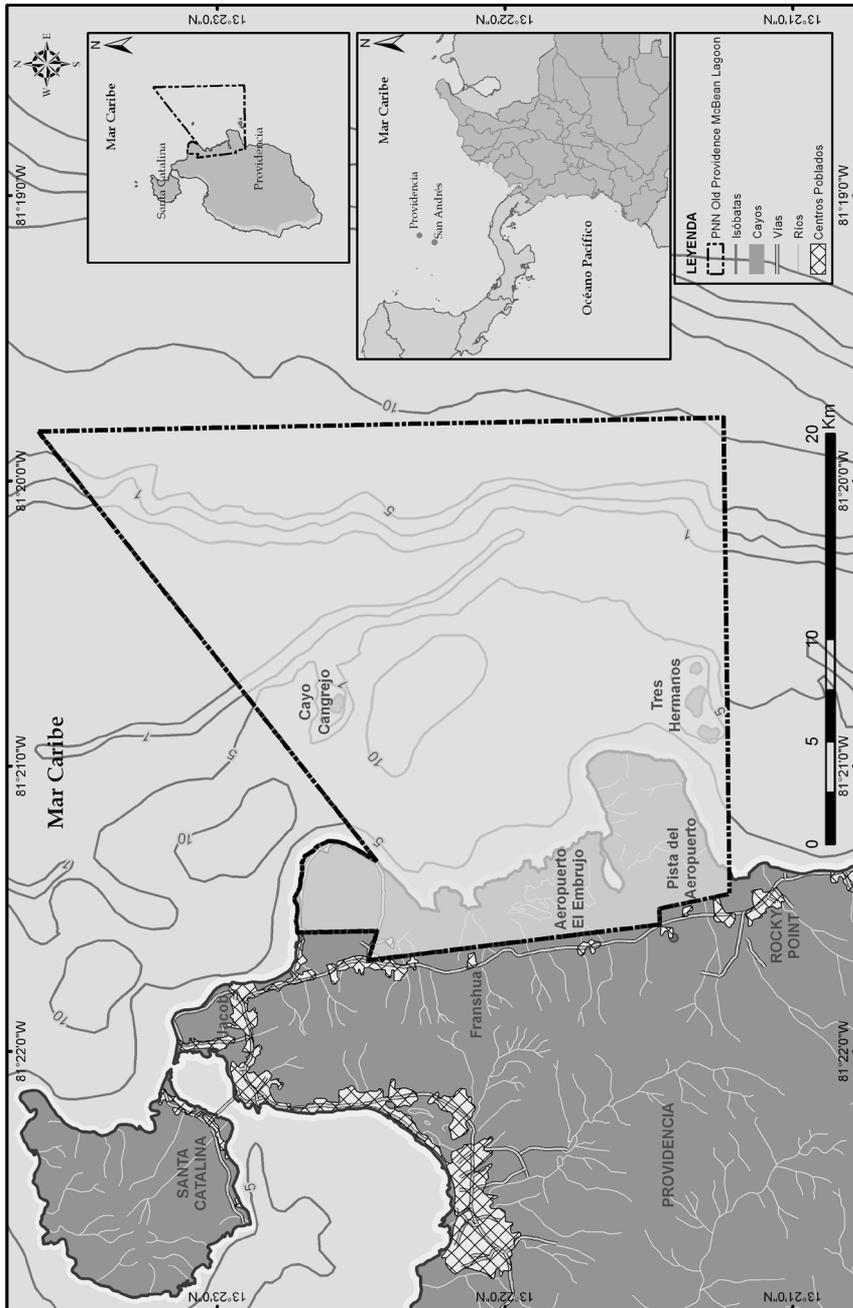


Figura 1. Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon, Isla de Providencia, Caribe colombiano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aspectos reproductivos y estructura de tallas de las capturas

El monitoreo de la pesca artesanal en el PNN Old Providence McBean Lagoon fue efectuado por personal adscrito al mismo, entre mayo de 2006 y noviembre de 2012. En este monitoreo se hizo énfasis en las capturas de *K. incisor* con líneas de mano. El uso del Programa SIPEIN permitió, con base en un muestreo aleatorio simple, estimar la producción pesquera y la composición por tallas de las capturas realizadas en horas de la mañana. Para esto último, a cada individuo muestreado se le midió la longitud total (LT) aproximada al medio centímetro inferior y se registró su peso total con una balanza de reloj (precisión 100 g).

A partir de 2008 se determinó macroscópicamente el estado de madurez gonadal, teniendo en cuenta la escala propuesta por Holden y Rait (1975) para desovadores parciales y la ajustada en 2012 específicamente para *K. incisor* (Mora, 2013), como se detalla a continuación: las gónadas de hembras presentan colores que van desde el transparente, pasando por el blanco, en estado inmaduro (A), rosado, en maduración (estado B), amarillo claro en la madurez (estado C), donde se observan los ovocitos esféricos y los vasos sanguíneos en su superficie, y finalmente presentan un color rojo oscuro después del desove (estado D). En los machos de las especies estudiadas las gónadas son blancas y filiformes en los primeros estados (A y B) y aumentan su tamaño a lo largo del desarrollo, llegando a una forma piramidal alargada de color habano en su madurez (estado C) y, al igual que en las hembras, un color rojo oscuro en el estado D; sin embargo, se pueden diferenciar ya que las de las hembras presentan aspecto de bolsas vacías, mientras que en los machos la forma y tamaño es similar al estado B, pero mucho más flácidas.

La revisión y depuración de esta base de datos consistió en corregir algunas asignaciones de estadios de madurez según tamaño de los individuos, en especial el caso de los desovados a los que se asignaban estados iniciales de madurez gonadal, dada la inexperiencia de los observadores. Al final se obtuvo una base de datos que permitió identificar el patrón estacional de madurez de la especie con base en la progresión temporal de estados gonadales, así como la estimación de la talla media de madurez sexual. Se estimó la relación longitud-peso como: $\text{Peso total (g)} = [a * (\text{Longitud total (LT cm)}^b)]$, y por medio de la prueba *t*-student se evaluó la isometría del

crecimiento ($b = 3$; $p > 0.05$). Igualmente, a través de una prueba de Chi-cuadrado (χ^2), con la corrección de continuidad de Yates (Zar, 2010), se evaluó si la proporción de sexos de la población difería de la razón 1:1.

La función de madurez se obtuvo mediante un modelo lineal generalizado (GLM) con función de enlace logística (Dobson, 2002; Wheeler *et al.*, 2009), utilizando la función GLM en el paquete estadístico de distribución libre “R” (R Development Core Team, 2012), donde la probabilidad de madurez se modeló como una función de la longitud. La talla media de madurez (TMM) fue estimada mediante la división del intercepto negativo de la regresión y la pendiente, mientras que los intervalos de confianza se calcularon a través de un procedimiento Bootstrap de mil iteraciones, resultando en una familia de modelos y estimados de L50%, por lo que los percentiles al 2.5 y 97.5 de L50% fueron usados como intervalos de confianza (IC) (Haddon, 2001). Con el fin de determinar el efecto de la pesca con línea de mano sobre la población, se comparó gráficamente desde 2006 a 2012 la talla media de captura (TMC) mensual con la TMM, además se calculó y evaluó la tendencia del indicador pesquero TMC/TMM en el tiempo, mediante una regresión lineal simple entre los meses codificados de manera secuencial y el indicador. Finalmente, se estimó la composición de la captura por tallas anuales y se calculó el porcentaje por debajo de la talla media de madurez.

Selectividad del arte de pesca línea de mano

El experimento de selectividad se desarrolló entre septiembre y noviembre de 2012 y consistió en la operación simultánea de tres líneas de mano de sedal poliamida monofilamento de 18 kg, con anzuelos tipo J de diferentes tamaños (No. 8, No. 9 y No. 10). En consecuencia, el factor a evaluar fue el tamaño de anzuelo (tres niveles o tratamientos), siendo la unidad de muestreo cada calada del anzuelo. La nomenclatura de los anzuelos es inversa a su tamaño, es decir que el anzuelo más pequeño es el No. 10, siendo el No. 8 el de mayor tamaño. Las faenas de pesca experimental tuvieron una duración de cinco horas cada una y se realizaron un total de 25 faenas (tres por semana en la mayoría de los casos). La operación de las líneas estuvo a cargo de dos pescadores raizales de amplia experiencia en la pesca del chub. El tamaño de anzuelo para cada pescador fue rotado por faena para evitar el efecto de la experticia del pescador sobre las capturas de peces. Todos los anzuelos fueron encarnados manual y homogéneamente con restos de crab fish.

Para cada tamaño de anzuelo se registró el número de peces capturado, las longitudes totales y horquilla y el peso total individual. Se evaluó la existencia de diferencias estadísticamente significativas en la longitud de los peces capturados por tamaño de anzuelo, usando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, dada la existencia de valores atípicos y la gran variabilidad de tallas capturadas por tipo de anzuelos que incidieron en el no cumplimiento de supuestos del ANOVA paramétrico. Se estimaron las curvas de selección para artes pasivos que siguen una distribución gaussiana y asumen proporcionalidad entre el tamaño del anzuelo y la longitud de peces a capturar e igual poder de pesca (Millar y Fryer, 1999). El proceso de estimación fue realizado utilizando el paquete estadístico “R” (R Development Core Team, 2012) y aplicando el método Select (Share Each Length’s Catch Total), que permitió estimar los parámetros de las curvas de selectividad por tamaño de anzuelo (Millar, 1992; Millar y Holst, 1997; Millar y Fryer, 1999) a partir de las frecuencias por clases de longitud de *K. incisor* en el experimento. La curva de selectividad a la que fue ajustada la estructura de tallas capturadas con cada anzuelo se fundamenta en la siguiente ecuación:

$$Pr(l) = e^{-\frac{(l-k.m_j)^2}{2.\delta^2}}$$

Donde $Pr(l)$ es la probabilidad de retención a la longitud l , k es el parámetro de selección para el tamaño de anzuelo j y δ es la desviación estándar. Se evaluó el ajuste de los datos a los modelos de selectividad usando la desviación o devianza con los grados de libertad para las distribuciones normal, gamma y Lognormal.

RESULTADOS

Estructura de tallas de las capturas y aspectos reproductivos

Se registraron tallas y pesos de 845 ejemplares de *K. incisor*, las tallas de captura estuvieron comprendidas en el intervalo 26.5 - 58.0 cm LT, siendo la clase modal 42.0 - 44.0 cm LT. La relación talla-peso reflejó un crecimiento alométrico [W (g) = 0.02 LT (cm)^{2.95}] ($t_{844,2} = 2.13$; $p < 0.05$). Al discriminar por sexos, los machos ($n = 348$) también mostraron alometría negativa [W (g) = 0.13 LT (cm)^{2.39}] ($t_{397,2} = 11.92$; $p < 0.05$), mientras que las hembras ($n = 483$) evidenciaron una relación isométrica [W (g) = 0.02 LT(cm)³] ($t_{482,2} = 0.46$; $p > 0.05$).

A partir de 2009, fue posible determinar el sexo a 8379 ejemplares de los cuales 49.1% correspondieron a machos ($n = 4116$) y 50.1% a hembras ($n = 4263$). El análisis de la proporción sexual para cada uno de los años evaluados, no presentó una desviación significativa de la proporción 1:1 (valores χ^2 Yates entre 0.06 y 6.12, todos con $p > 0.05$). La composición porcentual de los estados de madurez por clase de talla evidenció una progresión en la madurez gonadal con el incremento en tamaño, tanto para machos como para hembras. Durante el segundo semestre de todos los años, el número de hembras maduras predominó sobre las inmaduras (Figura 2) y los individuos maduros aumentaron su proporción a partir de julio, con la aparición además de especímenes desovados hacia el final del año e inicios del mismo. De acuerdo con lo anterior, se infirió el siguiente patrón predominante: avance en el proceso de maduración durante el primer semestre, mayor proporción de estados avanzados de madurez durante el segundo semestre y picos de desove de diciembre a marzo. La talla mínima de madurez, entendida como el individuo maduro de menor talla registrado, fue 31 cm para ambos sexos. La talla media de madurez sexual de las hembras se estimó en 47.4 cm LT ($n = 4402$), con un intervalo de confianza entre 47.1 y 47.6 cm (Figura 3).

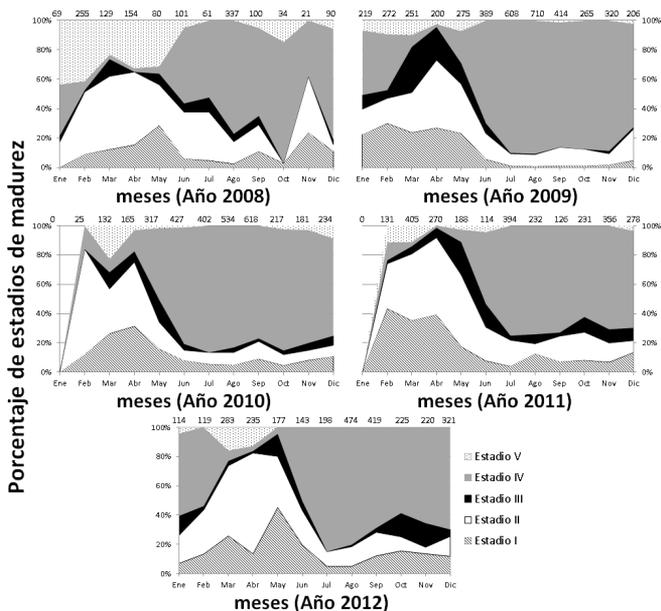


Figura 2. Progresión temporal de los estadios de madurez gonadal de hembras de *Kyphosus incisor* en el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon, recolectadas con línea de mano desde 2008 a 2012. En la parte superior de cada figura se indica el tamaño de la muestra por mes.

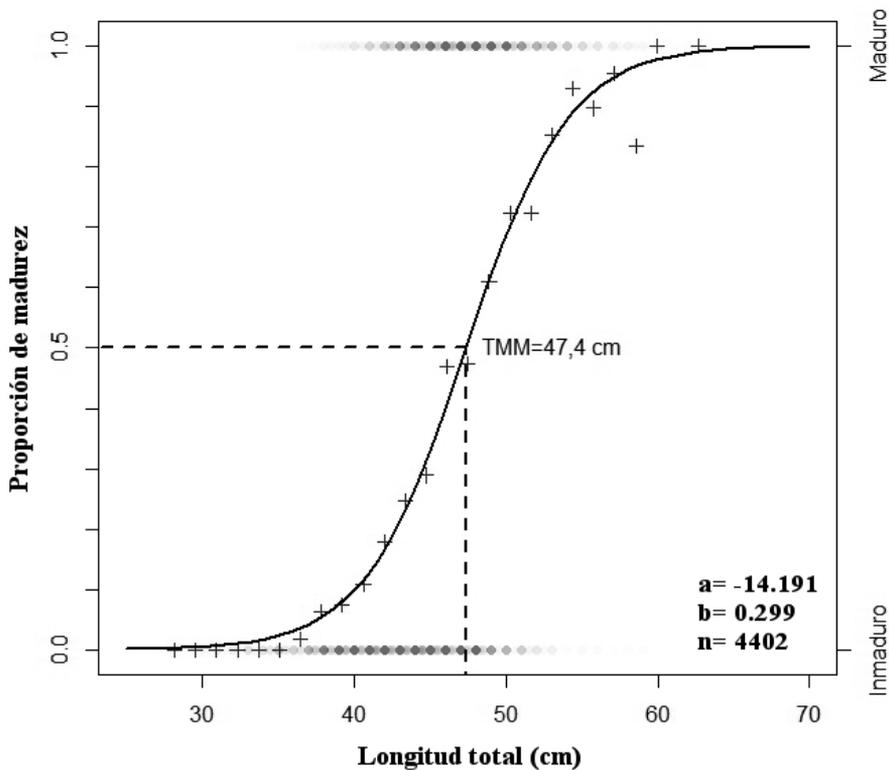


Figura 3. Curva de madurez sexual para hembras de *Kyphosus incisor* en el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon. La línea continua indica la función ajustada usando un modelo lineal generalizado ($a = -14.191$ y $b = 0.299$) y las cruces muestran los valores observados.

El seguimiento de las tallas de captura reveló que la TMC de *K. incisor* ha sido inferior a la TMM durante la mayoría de meses (Figura 4a); sin embargo, el indicador TMC/TMM mostró una tendencia ascendente en el tiempo ($r^2 = 0.14$; $p < 0,05$; Figura 4b). De manera consistente, la composición por tallas de las capturas desembarcadas mostró que las mayores proporciones son cercanas a la TMM (intervalos modales de la Figura 5) y que, en general en tres de los cinco años con información, la captura de peces por debajo de la TMM fue menor al 50%.

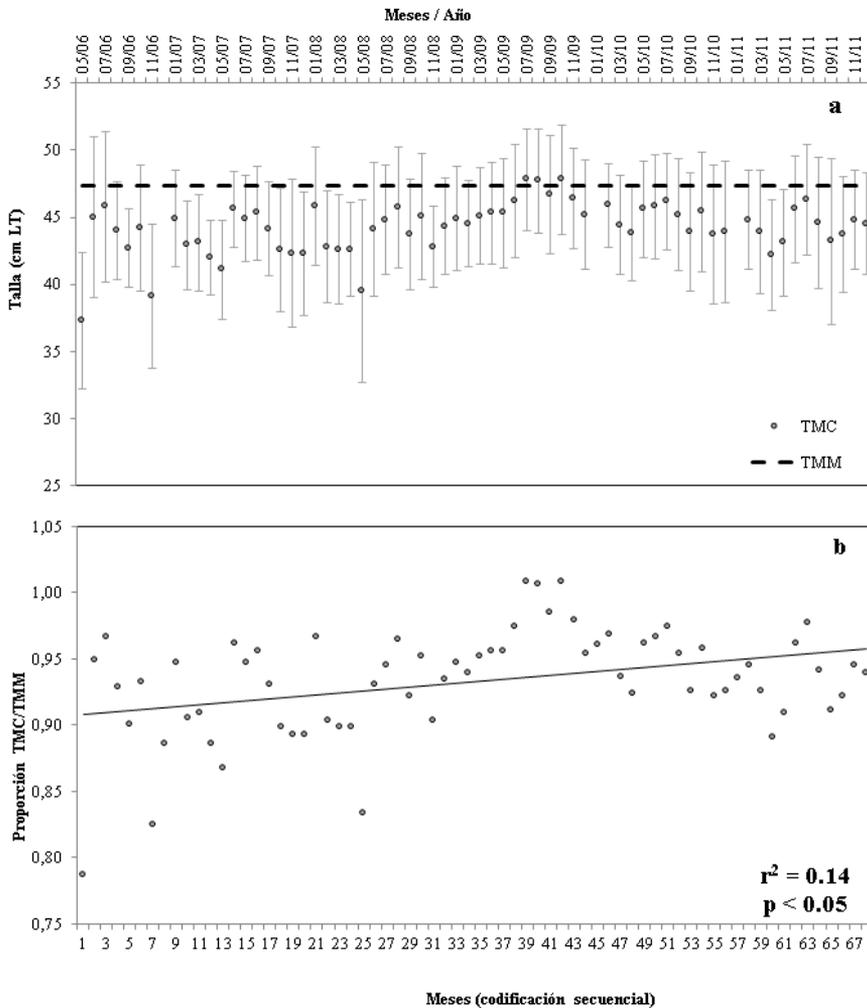


Figura 4. Serie de tiempo de la talla media de captura (TMC) de *Kyphosus incisor* con línea de mano en el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon, contrastada con la talla media de madurez (a) y tendencia del indicador TMC/TMM (b).

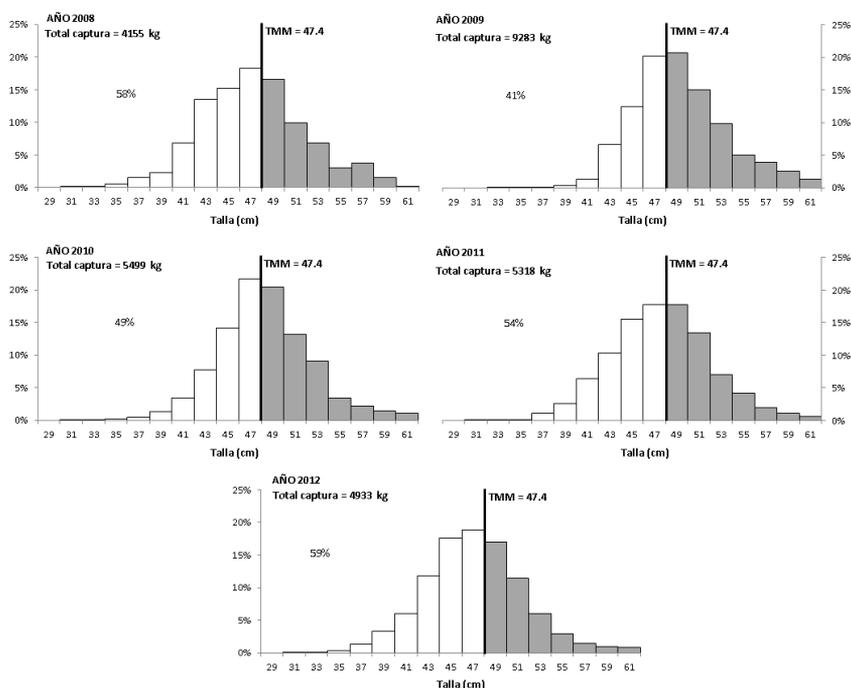


Figura 5. Estructura de tallas de las capturas de *Kyphosus incisor* en el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon entre 2008 y 2012. Se muestra la talla media de madurez y el porcentaje de las capturas en peso por debajo de este valor.

Selectividad de la línea de mano

Durante las 25 faenas de pesca experimental se capturaron 743 individuos de 29 especies diferentes que sumaron un total de 668.8 kg. El chub representó 80% de la captura en peso, correspondiendo la mayoría a *K. incisor* (62.7%) y el resto (17.3%) a *K. sectatrix*. El 20% restante de las capturas experimentales, lo conformaron 27 especies de peces, entre las que se destacaron *Ocyurus chrysurus* (4.6%), *Haemulon plumierii* (3.6%) y *Canthidermis sufflamen* (3.5%). Con el anzuelo No. 9 se capturaron 125 individuos (42.1%) que pesaron 164.7 kg; con el No. 10 106 peces (35.7%) que pesaron 127.2 kg, mientras que el anzuelo más grande (No. 8) capturó 66 individuos (22.2%) que pesaron 84.6 kg.

Las frecuencias de tallas de *K. incisor* con el anzuelo No. 8 se ajustaron a una distribución normal (Figura 6a); el ámbito de tallas fue 28.5-52 cm (Tabla 1) y la clase modal 40-42 cm. Las frecuencias de tallas con el anzuelo No. 9 también tendieron a ajustarse a una distribución normal (Figura 6a) con

tallas entre 26.5 cm y 57.5 cm y la clase modal 40-45 cm. Finalmente, las frecuencias de tallas con el anzuelo más pequeño (No. 10), mostraron un sesgo positivo (Figura 6a) con el ámbito de tallas entre 23.5 cm y 55.5 cm (Tabla 1) y clase modal 40-45 cm. Comparando las distribuciones de tallas de los tres anzuelos, se encontró que todas fueron amplias, por tanto hubo una gran sobreposición de las curvas de selección. La altura de las distribuciones indicaron que el anzuelo No. 9 tendió a capturar más individuos de mayor tamaño (Figura 6a).

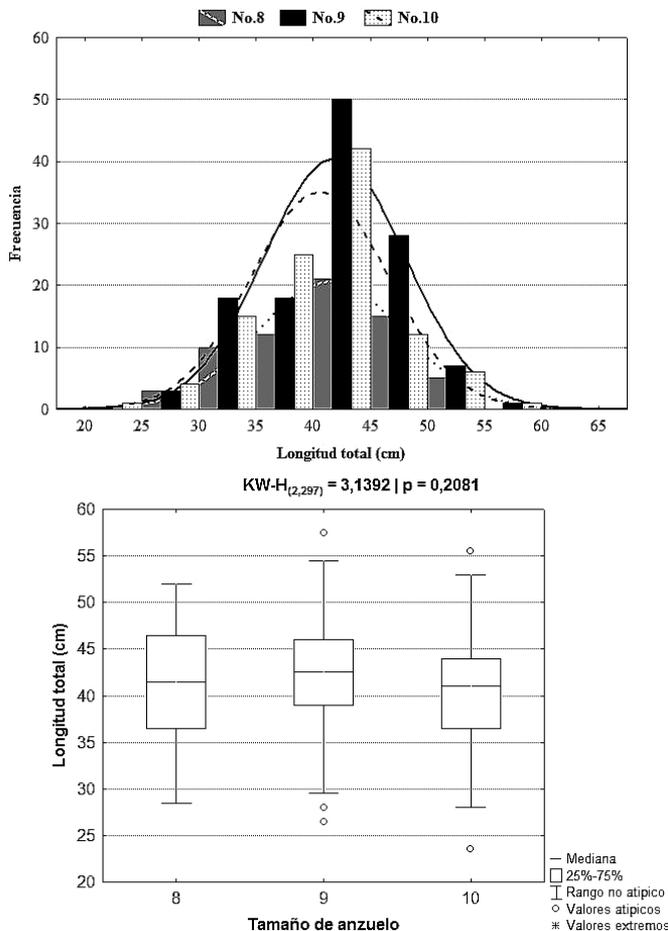


Figura 6. (a) Distribución de frecuencias de tallas de los individuos de *Kyphosus incisor* colectados con tres tamaños de anzuelos (No. 8, No. 9 y No. 10) tipo “J”. Para cada tamaño de anzuelo se superpone la respectiva curva normal teórica. (b) Comparación de las tallas medianas y percentiles del 25% y 75% de *K. incisor* colectados con cada tamaño de anzuelo mencionado.

Tabla 1. Valores promedio (\bar{X}), mínimos (Mín.) y máximos (Máx.) de tallas y pesos de los individuos de *Kyphosus incisor* colectados en el experimento de selectividad de las líneas de mano con tres tamaños diferentes de anzuelo (No. 8, No. 9 y No. 10); n indica el tamaño de muestra en cada caso.

Anzuelo	n	Longitud total (cm)			Peso entero (g)		
		Mín	Máx	$\bar{X} \pm de$	Mín	Máx	$\bar{X} \pm de$
No. 8	66	28.5	52.0	41.3 \pm 6.4	400	2575	1281 \pm 567
No. 9	125	26.5	57.5	41.8 \pm 6.2	325	2775	1317 \pm 532
No. 10	106	23.5	55.5	40.5 \pm 6.0	350	3000	1200 \pm 509

La prueba de Kruskal-Wallis reveló que no hubo diferencias significativas entre las tallas medianas de captura de los tres tamaños de anzuelo ($KW-H_{2|297} = 3,14$; $p > 0.05$; Figura 6b), lo que evidencia que este factor no incidió de manera significativa sobre la distribución de las tallas de captura de *K. incisor*. Sin embargo, el tercer cuartil de las tallas capturadas con el anzuelo No. 9, da cuenta de un 75% de peces capturados menores o iguales a 46 cm de LT (Figura 6b). De los tres modelos evaluados para modelar las frecuencias de tallas de captura de *K. incisor* (Figura 7), la curva normal presentó el mejor ajuste, dado que le correspondió la menor desviación para un mismo número de grados de libertad entre modelos (Tabla 2). Tanto las curvas de selección normales como los parámetros de la Tabla 2 permitieron establecer las longitudes teóricas óptimas de *K. incisor* por tamaño de anzuelo. Así se aprecia que el No. 8 es el que obtendría las mayores tallas óptimas de captura, apreciablemente superiores a la TMM; no obstante, el número de individuos capturados con este tamaño de anzuelo es el más bajo entre los anzuelos comparados. La longitud óptima del anzuelo No. 9 (51.9 cm) también es superior a la TMM, presentando además la ventaja de capturar un número mayor de individuos.

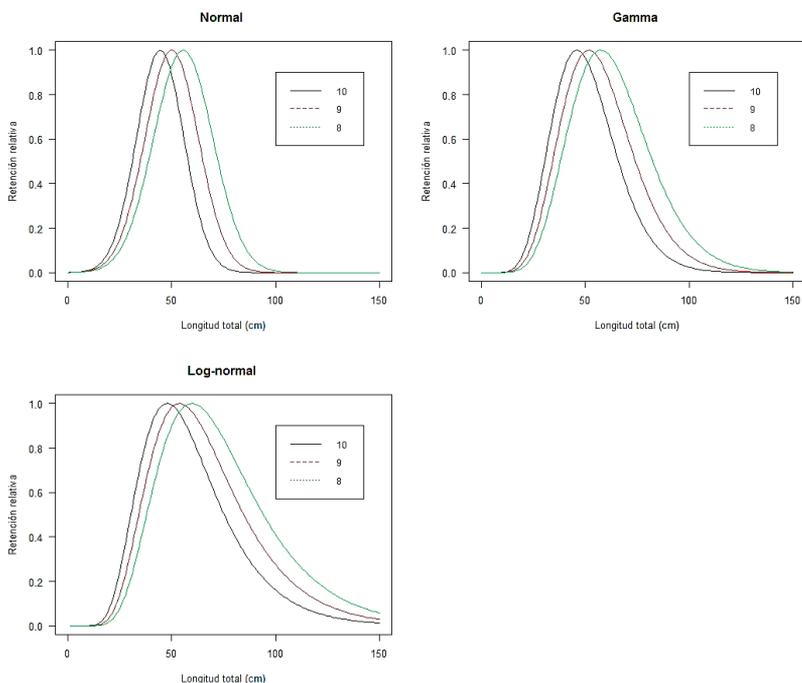


Figura 7. Curvas de selección ajustadas a los datos de captura de *Kyphosus incisor* por tamaño de anzuelo (10, 9 y 8) en el experimento de selectividad. Se muestra el ajuste para diferentes distribuciones (Normal, Gamma y Log-normal).

Tabla 2. Modelos de selectividad para artes de pesca pasivos ajustados a las estructuras de tallas de *Kyphosus incisor* obtenidas en el experimento de selectividad realizado con tres tamaños de anzuelo. Se muestran los parámetros del modelo, su desviación, grados de libertad (gl) y las predicciones de las longitudes más probables de ser capturadas por cada tamaño de anzuelo.

Modelo	Parámetros	Desviación	Grados de libertad	Longitud óptima (cm)		
				Anzuelo No. 8	Anzuelo No. 9	Anzuelo No. 10
Normal: curva de amplitud fija	$(k, \sigma) = (5.83, 17.28)$	46.5	34	57.9	51.9	45.9
Gamma: curva sesgada	$(\alpha, k) = (10.33, 0.61)$	47.4	34	57.1	51.1	45.7
Lognormal: curva sesgada	$(\mu, \sigma) = (4.01, 0.38)$	47.8	34	58.9	53.1	47.1

DISCUSIÓN

En general, es poco lo que se conoce sobre la bioecología de *K. incisor* en Colombia y en el mundo, posiblemente por no ser un recurso pesquero de alto valor comercial en muchos países. Sin embargo, dada la importancia económica, ecológica, gastronómica y cultural que tiene esta especie para las comunidades raizales presentes en el área aledaña al Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon, este estudio representa un importante aporte al manejo sostenible de este recurso en la isla de Providencia y al conocimiento científico de las especies ícticas caribeñas. La combinación del análisis de datos históricos de monitoreo, junto con experimentos de pesca donde el pescador participó activamente, abre las puertas a una mayor receptividad de los usuarios del recurso ante los resultados de la investigación y a la posibilidad de lograr acuerdos de manejo.

Algunos aspectos de la historia de vida de *K. incisor*, como el coeficiente de alometría, coinciden con los resultados obtenidos por Mora (2013) y además reflejan potenciales diferencias en el tipo de crecimiento de hembras y machos. Dado el comportamiento gregario de la especie y la representatividad de *K. incisor* en las capturas de la línea de mano chub (Cano *et al.*, 2007, 2012; Ward *et al.*, 2009), los resultados obtenidos respecto a la proporción sexual pueden asumirse como característicos de la población de esta especie que habita en el Parque, reflejando que constantemente los cardúmenes de peces se conforman tanto de machos como hembras en la misma proporción. Esto ha sido documentado para *K. sectatrix* por Nemerth y Kadison (2013), quienes además describieron que el desove lo inician algunos individuos que suben a la superficie en parejas, seguido del desove masivo de toda la agregación.

La mayoría de individuos analizados, provenientes de capturas con línea de mano chub, no habían alcanzado la talla media de madurez. *Kyphosus incisor* es una especie de maduración gonadal asincrónica, típica de especies tropicales en la que no se establece una época de reproducción definida y los periodos reproductivos son largos, lo cual se refleja en los resultados de la progresión gonadal del striped chub a lo largo de cuatro años, mostrando que el periodo reproductivo tiende a concentrarse en la segunda mitad del año y el desove entre diciembre y marzo, lo que coincide con el análisis microestructural gonadal realizado por Mora (2013) en la misma área de

estudio. Al parecer la actividad reproductiva de la especie se relaciona con la época de lluvias y vientos fuertes (Invemar y ANH, 2013; Mora, 2013), otra característica común en peces tropicales (Reshetnikov y Claro, 1976; Figuerola *et al.*, 1998). Posiblemente la estrategia reproductiva de esta especie y el autorregulado esfuerzo de pesca con línea de mano que se da en el sector han permitido que la población se haya mantenido en el tiempo a pesar que un alto porcentaje de las capturas presenta tallas cercanas a la media de madurez.

La estimación de talla media de madurez presentada en este manuscrito fue realizada haciendo una depuración de datos de tallas de siete años de monitoreo continuo en el Parque, por lo que se considera que a pesar de haberse calculado con determinaciones macroscópicas de estados de madurez, es lo suficientemente representativa y robusta. Las diferencias que se presentan con las estimaciones previas de TMM de *K. incisor* por diversos autores [43 cm por Cano *et al.* (2007), 46.8 cm por Ward *et al.* (2009) y 41.4 por Mora (2013)], pueden atribuirse a la representatividad espacio-temporal de los datos, la diferencia en la cantidad de ejemplares medidos, la selectividad del arte con que fueron capturados los peces analizados y el método de estimación usado.

Las curvas de selectividad estimadas para los tres tamaños de anzuelo presentan una gran sobreposición, lo que parece ir en contravía del supuesto de que la talla media de captura es proporcional al tamaño de anzuelo. Otros estudios de selectividad de anzuelos para recursos, como *Reinhardtius hippoglossoides* (Wall *et al.*, 2001), capturas multiespecíficas de palangre (Erzini *et al.*, 1996) y de *Spicara maena* (Altinagac *et al.*, 2009), resaltan la dificultad de encontrar diferencias entre la talla media de captura de los anzuelos comparados, por la amplia distribución y poca selectividad de este arte, en especial cuando las diferencias en tamaño son muy pequeñas. El análisis integral de las estimaciones de longitud óptima de captura muestra que los anzuelos No. 8 y 9 tienen mayores probabilidades de capturar individuos de *K. incisor* con tallas superiores a la TMM estimada en el presente estudio. Teniendo en cuenta además que el anzuelo No. 9 capturó un mayor número de ejemplares, podría afirmarse que este anzuelo debería ser el que se continúe usando a fin de propiciar una actividad pesquera sostenible que propenda por la conservación de la especie en la isla.

Recomendaciones de manejo

Temporalmente, los mayores volúmenes de captura de línea de mano chub se dan en agosto y mayo, mientras que las menores capturas suceden en octubre y noviembre, por lo que los pescadores llaman a estos meses la veda natural del chub (Cano *et al.*, 2007), sin que esto esté relacionado con una medida gubernamental. De acuerdo con los meses en los que parece concentrarse el desove para esta especie, en el hipotético caso de establecerse una veda ésta debería hacerse entre diciembre y marzo con el fin de permitir la liberación de productos sexuales de *K. incisor* en el área del PNN Old Providence McBean Lagoon. Junto con esta sugerencia de veda, se recomienda también establecer una talla mínima legal entre 47 y 50 cm de longitud total.

Los pescadores artesanales de línea de mano chub en Providencia utilizan el anzuelo No. 9, aunque ocasionalmente usan el No. 10 por falta de oferta en el mercado local del anzuelo tradicional. Por lo anterior, se recomienda divulgar los resultados del presente estudio, con el objetivo de crear conciencia entre los pescadores y que a corto plazo se evite el uso de anzuelos pequeños (No. 10 o menores). Así mismo, no debe permitirse el aumento del esfuerzo de pesca (ingreso de nuevos pescadores al área del parque). Finalmente, se recomienda continuar el proceso de adopción de medidas de manejo mediante los acuerdos de pesca que el Parque viene desarrollando en la zona.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se realizó gracias al apoyo logístico y financiero de varias entidades: Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales; Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” (Invemar), en el marco del proyecto “Diseño e implementación de un subsistema nacional de áreas marinas protegidas en Colombia”, financiado por Global Environment Facility. Los autores agradecen especialmente a los pescadores del sector de Rocky Point (Punta Rocosa) Nicolás Bryan, Flores Wright y Forero Bryan, así como a Franco Robinson y Steve Hooker, recolectores de información en campo, por su apoyo y disposición durante todo el proceso de monitoreo y experimentos de selectividad, así como a los evaluadores anónimos por sus valiosos aportes para mejorar el manuscrito.



BIBLIOGRAFÍA

- Altinagac, U., A. Kara, U. Ozekinci, A. Aya, A. Ismen, A. Altin y C.R. Begburs. 2009. Selectivity of fishhooks used in blotched picarel (*Spicara maena*) in artisanal fishery in Dardanelles. *J. Anim. Vet. Adv.*, 8: 1646-1652.
- Botsford, L.W., J.C. Castilla y C.H. Petersen. 1997. The management of fisheries and marine ecosystems. *Science*, 277: 509-515.
- Cano, M., V. Ward, S. Posada y M. Ortega. 2006. Aspectos socioeconómicos de la actividad pesquera en el PNN Old Providence McBean Lagoon. Informe técnico, Parques Nacionales Naturales de Colombia, Islas de Providencia y Santa Catalina. 28 p.
- Cano, M., V. Ward y S. Posada. 2007. Inventario y caracterización general de la actividad pesquera artesanal y de subsistencia del Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon. Proyecto manejo y conservación de los recursos hidrobiológicos de las áreas protegidas de la costa atlántica colombiana: PNN Old Providence McBean Lagoon. Informe técnico, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Parques Nacionales Naturales de Colombia. Islas de Providencia y Santa Catalina. 37 p.
- Cano, M., V. Ward y S. Posada. 2012. Diagnóstico de la actividad pesquera en el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon: análisis consolidado 2006-2011. Informe técnico, Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales Territorial Caribe, Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon, Providencia Isla. 47 p.
- Carpenter, K.E. 2002. Kyphosidae. 1684-1687. En: Carpenter, K.E. (Ed.). The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 3: Bony fishes part 2 (Opistognathidae to Molidae), sea turtles and marine mammals. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes and American Society of Ichthyologists and Herpetologists Special Publication No. 5, Roma. 2127 p.
- Castilla, J.C. y O. Defeo. 2005. Paradigm shifts needed for world fisheries. *Science*, 309: 1324-1325.
- Defeo, O. y J.C. Castilla. 2005. More than one bag for the world fishery crisis and keys for co-management successes in selected artisanal Latin American shellfisheries. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 15: 265-283.
- Dobson, A.J. 2002. An introduction to generalized linear models. Chapman & Hall/CRC, Washington, D.C. 221 p.
- Erzini, K., J.M.S. Gonçalves, L. Bentes, P.G. Lino y J. Cruz. 1996. Species and size selectivity in a Portuguese multispecies artisanal long-line fishery. *ICES J. Mar. Sci.*, 53: 811-819.
- Figuerola, M., D. Matos-Caraballo y W. Torres. 1998. Maturation and reproductive seasonality of four reef fish species in Puerto Rico. *Proc. Gulf Carib. Fish. Inst.*, 50: 938-968.
- Haddon, M. 2001. Modelling and quantitative methods in fisheries. Chapman and Hall/CRC, Boca Raton, EE.UU. 424 p.
- Hilborn, R. 2011. Future directions in ecosystem based fisheries management: A personal perspective. *Fish. Res.*, 108: 235-239.
- Holden, M. J. y D. F. S. Raitt. 1975. Manual of fisheries science. Part 2. Methods of resource investigations and their application. FAO Fish. Tech. Pap., 115: 1-214.

- Invenmar y ANH. 2012. Estudio línea base ambiental y pesquera en la Reserva de Biósfera Seaflower (archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina) como aporte al conocimiento y aprovechamiento sostenible de los recursos para la región. Fase I. Invenmar, Santa Marta. 141 p.
- King, M. 2007. Fisheries biology, assessment and management. Wiley-Blackwell, Londres. 400 p.
- Márquez, A.I. 2005. Los pescadores artesanales de Old Providence Island: una aproximación al estudio de las relaciones seres humanos-medio ambiente. Trabajo de grado Antropología, Univ. Nacional de Colombia, Bogotá. 129 p.
- Medina, J., D. Buitrago, A. Santos, S. Charris y J.P. Caldas. 2007. Estimación de la utilidad por faena para las unidades de pesca artesanal que hacen uso de línea de mano en Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst., 58: 147-153.
- Millar, R.B. 1992. Estimating the size selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch. J. Am. Stat. Assoc., 87: 962-968.
- Millar, R.B. y R.J. Fryer. 1999. Estimating the size-selection curves to towed gears, traps, nets and hooks. Rev. Fish Biol. Fish., 9: 89-116.
- Millar, R.B. y R. Holst. 1997. Estimation of gillnet and hook selectivity using log-linear models. ICES J. Mar. Sci., 54: 471-477.
- Mora, N. 2013. Crecimiento y aspectos reproductivos del “chub” *Kyphosus incisor* y *Kyphosus sectatrix* (Pisces: Kyphosidae) en el PNN Old Providence McBean Lagoon. Isla de Providencia. Caribe colombiano. Tesis Biología, Univ. Valle, Cali. 83 p.
- Nemerth, R. y E. Kadison 2013. Temporal patterns and behavioral characteristics of aggregation formation and spawning in the Bermuda chub (*Kyphosus sectatrix*). Coral Reefs, 32(4): 1067-1076.
- Palumbi, S. R. 2003. Marine reserves: A tool for ecosystem management and conservation. Pew Oceans Commission, Washington. 44 p.
- PISCO. 2008. La ciencia de las reservas marinas. Segunda edición, Versión para Latinoamérica y el Caribe. www.piscoweb.org. 05/12/2013.
- PPN. 2006. Plan de manejo del Parque Nacional Natural Old Providence and Mc Bean Lagoon. UAEPPN, Bogotá. 109 p.
- R Development Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena. <http://www.R-project.org/>. 02/08/2013.
- Reshetnikov, Y.S. y R.M. Claro. 1976. Cycles of biological processes in tropical fishes with reference to *Lutjanus synagris*. J. Ichthyol., 16: 711-723.
- Vásquez, V. y M. Serrano. 2009. Las áreas naturales protegidas de Colombia. Conservación Internacional Colombia y Fundación Biocolombia, Bogotá. 696 p.
- Wall, A.K., J. Boje, R. Holst y A.C. Gundersen. 2001. Catch rates and hook and bait selectivity in longline fishery for Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*, Walbaum) at East Greenland. Fish. Res., 51: 237-246.
- Ward, V., S. Posada y M. Cano. 2009. Caracterización y diagnóstico general de la actividad pesquera en el Parque Nacional Natural Old Providence McBean Lagoon. Informe técnico, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial, Parques Nacionales Naturales de Colombia, Islas de Providencia y Santa Catalina. 37 p.



- Wheeler, J.P., C.F. Purchase, P.D. McDonald, R. Fill, L. Jacks, H. Wang y C. Ye. 2009. Temporal changes in maturation, mean length-at-age, and condition of spring-spawning Atlantic herring (*Clupea harengus*) in Newfoundland waters. ICES J. Mar. Sci., 66: 1800-1807.
- Zar, J. 2010. Biostatistical analysis. Quinta edición, Prentice-Hall International, Nueva Jersey, EE.UU. 960 p.

RECIBIDO: 15/08/2013

ACEPTADO: 8/08/2014