

## VARIACIÓN INTERANUAL DE LA ESTRUCTURA DE TALLAS Y ASPECTOS REPRODUCTIVOS DEL CAMARÓN PINK (*FARFANTEPENAEUS BREVIROSTRIS*) EN EL PACÍFICO COLOMBIANO

Alexander Girón-Montaño, Mario Rueda, Jessica Franeive Eraso Ordoñez y Alfredo Rodríguez-Jiménez

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), Cra 2A No. 3-19 4<sup>o</sup> piso Edf Centro Empresarial del Pacífico, Buenaventura y Calle 25 No. 2-55 Playa Salguero, Santa Marta, Colombia. alexander.giron@invemar.org.co, mario.rueda@invemar.org.co, jessica.eraso@invemar.org.co, alfredo.rodriguez@invemar.org.co

### RESUMEN

La pesquería del camarón de aguas profundas (CAP) constituye un recurso de gran importancia económica y social para el Pacífico colombiano. *Farfantepenaeus brevirostris* (camarón pink) es el principal recurso que sustenta esta pesquería; no obstante, la información reproductiva y el efecto de la pesca sobre la estructura de tallas con implicaciones de manejo, no se ha documentado en años recientes para este recurso. El objetivo del presente estudio fue analizar la variación interanual de la estructura de tallas y aspectos reproductivos de *F. brevirostris*, para lo cual se muestrearon 45 lances en tres monitoreos a bordo de la flota industrial de arrastre del CAP por año entre 2009 y 2015. En cada lance se registraron *in situ* las características morfométricas y el estado de madurez de 20262 individuos. 56.2% de los individuos colectados fueron hembras; sin embargo, la relación hembras: machos de 1:0.8 no fue significativa. El ámbito de tallas capturado por la flota difirió entre sexos y entre años, mostrando que las hembras fueron más grandes (50 a 200 mm de longitud total) que los machos (75 a 170 mm). En este sentido, las hembras mostraron mayor talla media de captura en 2012 (128.04 mm) y menor en 2011 (TMC = 114.9 mm), mientras que los machos fueron más grandes en 2011 (TMC = 166.6 mm) y más pequeños en 2015 (TMC = 106.3 mm). La función de madurez tuvo un patrón diferente entre sexos y una variabilidad constante en las curvas de madurez entre años, lo cual implicó estimar la talla media de madurez (TMM) para *F. brevirostris* con base en una curva media de siete años (TMM para hembras = 130.6 mm y TMM para machos = 83.2 mm). La estructura de tallas obtenida y las curvas de madurez, indicaron que las hembras son más susceptibles a la pesca (entre 66% y 94% de individuos inmaduros en las capturas). Sin embargo, las capturas reflejan que solo 1% a 32% de los machos son inmaduros, lo cual posibilita una estrategia de éxito reproductivo de la población para contrarrestar el efecto de la pesca. Se sugiere mayor control sobre la selectividad del arte de pesca y la puesta en marcha de vedas espacio-temporales para el manejo y conservación del recurso.

**PALABRAS CLAVES:** Estructura de tallas, Curvas de madurez, Camarón aguas profundas, *Farfantepenaeus brevirostris*, Pesca de arrastre industrial.

## ABSTRACT

**Interannual variation of size structure and reproductive aspects of the pink shrimp (*Farfantepenaeus brevirostris*) in the Colombian Pacific Coast.** The fishery of the deep water shrimp is a resource of great economic and social importance for the Colombian Pacific Coast. *Farfantepenaeus brevirostris* (pink shrimp) is the target resource supporting this fishery; however, reproductive information and the fishing effect on size structure with management implications, has not been documented in recent years. The aim of this study was to analyze the variation in size structure and reproductive aspects of *F. brevirostris*, therefore 45 hauls were sampled in three onboard fishery monitoring of the industrial trawl fleet per year, between 2009 and 2015. In each haul *in situ* morphometric characteristics and sexual maturity of 20262 individuals were recorded. 56.2% of individuals collected were females, however the ratio female: male of 1:0.8 was not significant. The size range caught by the fishing fleet did differ between sexes and years, showing that females were larger (50 mm and 200 mm in total length) than males (75 mm to 170 mm). In this regards, females showed the highest mean catch size in 2012 (128.04 mm) and the lowest in 2011 (114.9 mm), while males were larger in 2011 (166.6 mm) and smaller in 2015 (106.3 mm). The maturity function had a different pattern between sexes and constant variability in maturity curves among years, which meant estimating the average size at maturity (TMM) for *F. brevirostris* based on an average curve of seven years (TMM females = 130.6 mm and TMM males = 83.2 mm). The size structure obtained and maturity curves indicated that females are more susceptible to fishing (between 66% and 94% of immature individuals are harvested). However, catches showed that only 1% to 32% of males are immature, which enables a success reproductive strategy of the population to offset the fishing effect. Better control of gear selectivity and implementation of spatial-temporal fishing closures are suggested for the management and conservation of this resource.

**KEY WORDS:** Sizes structure, Maturity curves, Deep water shrimp, *Farfantepenaeus brevirostris*, Industrial fisheries.

## INTRODUCCIÓN

La pesca de captura a nivel mundial representó unas 86.6 millones de toneladas en 2012, siendo la captura de camarón con 3.4 millones de toneladas la pesquería que representa una de las principales fuentes de ingresos y alimentos del sector pesquero a nivel mundial, aportando en los últimos años 15.5% del valor total de las exportaciones mundiales de productos pesqueros (FAO, 2014). No obstante, la pesca de captura de camarón por arrastre genera en función de las áreas de pesca no solo un impacto ambiental sobre la fauna asociada al camarón (Girón *et al.*, 2010, Invemar, 2014a), sino un efecto poco evaluado sobre la estructura poblacional de la captura objetivo.

La pesca de arrastre dirigida a la captura de camarones en el Pacífico colombiano se desarrolla desde hace 50 años y representa la actividad pesquera de mayor importancia económica y social para los pobladores del litoral Pacífico (De la Pava y Mosquera, 2001; Girón *et al.*, 2010). Dos flotas ejercen esta actividad, las cuales operan en función de la profundidad, una de ellas extrae camarón de aguas

someras (CAS; en profundidades hasta 40 m), teniendo como objetivo el camarón blanco (*Litopenaeus occidentalis*), capturado secuencialmente por las pesquerías artesanal e industrial con un estado actual de sobre explotación (Rueda *et al.*, 2006). La otra flota por su parte opera en profundidades que van desde 40 hasta 250 m y su objetivo principal es el camarón pink (*Farfantepenaeus brevirostris*), sin influencia de la pesca artesanal con un estado actual de plena explotación (Rueda *et al.*, 2010; Rodríguez *et al.*, 2012). *Farfantepenaeus brevirostris* se distribuye desde California hasta Perú y en la costa Pacífica colombiana se encuentra principalmente entre 40 y 160 m, con mayores agregaciones en la región norte (departamento de Chocó; Rodríguez *et al.*, 2012).

La flota del CAP, pese a los problemas de operación que afronta tales como el alto costo de combustible y la inestabilidad de los precios del mercado, en 2014 desembarcó cerca de 372.8 t, de las cuales *F. brevirostris* representó cerca de 95.2% con ingresos promedios de \$32.1 millones por faena (Invemar, 2014b). Este margen de utilidad despierta en años recientes el interés de más armadores para ejercer la actividad sobre este recurso; por tanto, la Autoridad Pesquera ha respondido con algunas medidas para controlar la explotación de este recurso, entre ellas cuotas de pesca, no expedición de más patentes de pesca y veda de camarón. Con fines de evaluar el efecto de esta pesquería sobre la población de *F. brevirostris* en los últimos años, este estudio aborda un seguimiento a siete años de información sobre los aspectos reproductivos y estructura de tallas de esta especie en el Pacífico colombiano, con fines de brindar información actualizada para diseñar estrategias de manejo basadas en la talla media de madurez y la talla media de captura.

## ÁREA DE ESTUDIO

El Pacífico colombiano se caracteriza por diferentes condiciones oceanográficas a lo largo de la costa que delimitan varias zonas en el litoral: I) el área norte que va desde la frontera con Panamá (7° 12' N - 77° 53' O) hasta Cabo Corrientes (5° 29' N), departamento de Chocó, II) el área centro desde Cabo Corrientes hasta Pasacaballos (2° 30' N) y III) el área sur desde Pasacaballos hasta límites con Ecuador (1° 25' N - 78° 54' O; Invemar, 2008) en el departamento de Nariño. La zona norte se caracteriza por la presencia de acantilados, una plataforma profunda y estrecha de aproximadamente 1.8 a 3.7 km con sustrato predominantemente rocoso con presencia de arenas carbonatadas biogénicas y arenas lodosas (Díaz *et al.*, 1997; Beltrán y Ríos, 2000; Zapata, 2000). La zona centro y sur, entre Cabo Corrientes y la Bahía Ancón de sardinas en la frontera con Ecuador, presenta una plataforma más extensa y llena de sedimentos, en su mayoría de origen fluvial provenientes

de numerosos ríos que desembocan en la costa (Díaz *et al.*, 1997). La zona de convergencia intertropical es la que regula el clima del Pacífico, con alta nubosidad e intensas lluvias generadas por la inestabilidad de las masas de aire húmedo y caliente que allí se presentan (Tchantsev y Cabrera, 1998; Poveda *et al.*, 2001). Dichas áreas constituyen las zonas de pesca de la flota de arrastre para camarón de aguas profundas (CAP) en el Pacífico cuyo principal objetivo es el camarón pink (*Farfantepenaeus brevisrostris* Kingsley, Figura 1).

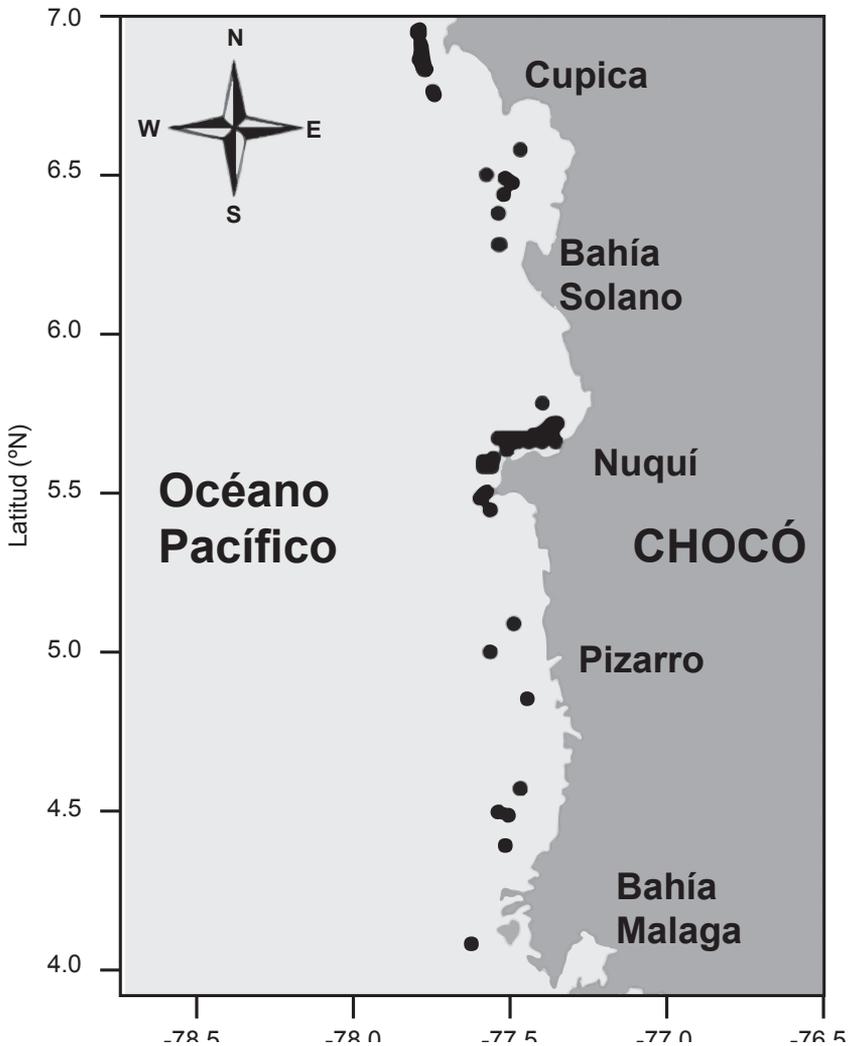


Figura 1. Costa del Pacífico de Colombia, destacando los sitios de monitoreo de *Farfantepenaeus brevisrostris*, abordo de la flota de industrial de arrastre de camarón de aguas profundas entre 2009 y 2015.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Diseño de muestreo

Entre 2009 y 2015 en los meses de marzo a septiembre que incluye la temporada de pesca de camarón de aguas profundas en el Pacífico colombiano, se realizaron tres monitoreos abordo de ocho días cada uno a faenas de pesca comercial de embarcaciones de la flota industrial de arrastre camaronero seleccionadas al azar, cubriendo un total de 45 lances muestreados por año entre 40 y 250 m de profundidad. La unidad de muestreo fue el lance de una red de arrastre con duración de 2.8 horas en promedio. Las principales motonaves utilizadas para los monitoreos fueron Hifer, Gladiator, Ada Piedad, Gulf Surf, Cristo Rey, Lusitano y Arraijan, las cuales presentaron similares características técnicas (eslora, manga, maquina, puntal y capacidad de bodega) y el mismo diseño de redes de arrastre tipo “flat” hechas en fibra de polietileno (PE) y poliamida (PA) multifilamentos combinados, con relinga superior de 22.86 m y tamaños de malla de 50.8 mm en el cuerpo y 19.05 mm en el bolso (Rueda *et al.*, 2006; Rico-Mejía y Rueda, 2007; Girón *et al.*, 2010). La ubicación de los lances fue seleccionada por los pescadores de acuerdo al comportamiento normal de una faena de pesca comercial (Figura 1). Para este estudio, la mayoría de los lances muestreados se ubicaron en norte del Pacífico lo que denota importantes caladeros de pesca de camarón, especialmente frente a Nuquí en el departamento de Chocó.

**Procedimiento abordo:** Una vez izadas las dos redes en cubierta, el procedimiento abordo con la captura consistió en la separación de material vegetal, restos orgánicos, congrios y culebras venenosas, además de la separación del camarón objetivo y especies grandes de peces de importancia comercial. La identificación de los organismos se realizó a nivel taxonómico inferior posible, siguiendo las claves para camarones (Fischer *et al.*, 1995; Pérez-Farfante y Kensley, 1997). En cada lance se tomó una muestra de aproximadamente 2.5 kg de camarones, los cuales fueron identificados y medidos *in situ* registrando su longitud total (LT) desde la punta del rostro hasta la punta del telso con un ictiómetro con precisión a 0.5 mm inferior. Se determinaron estadios de madurez de manera macroscópica para hembras y machos, siguiendo las claves de Velasco y Wolf (2000) y Paramo *et al.* (2014) como sigue: Estadio I) ovario de color blanco amarillento translúcido; estadio II) ovario con coloración amarillenta opaca en desarrollo; estadio III) ovario con una coloración anaranjada oscuro en maduración se extiende hasta el telso; estadio IV) gónada desarrollada color verde oscuro y algunas veces naranja; y estadio V) ovarios vacíos flácida. Para estimar la talla media de madurez (TMM), se consideraron los estadios

I y II como inmaduros y III, IV y V maduros para las hembras, mientras que para los machos la asignación visual de la madurez se basó en el tamaño de las ampollas terminales y se nombraron dos estadios: estadio I) las ampollas terminales son pequeñas y no son claramente visibles a través del exoesqueleto; y estadio II) maduro con ampollas terminales grandes y claramente visibles a través del exoesqueleto (Angulo y Madrid, 2002).

**Análisis de la información:** Se determinó el porcentaje entre machos y hembras por año de los individuos examinados. Se analizaron las estructuras de las tallas de hembras y machos por años para observar su distribución usando histogramas de frecuencias y calculando la talla media de captura. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de determinar la existencia de diferencias significativas de tallas entre sexos y años analizados, igualmente se realizó una comparación de medias por medio del test LSD de Fisher ( $\alpha = 0.01$ ). Los análisis estadísticos se realizaron usando el paquete estadístico STATISTICA 9. Se obtuvieron los estadios de madurez y se determinó el porcentaje de madurez sexual para machos y hembras en cada año durante el periodo analizado; mientras que la diferencia entre estos para cada año se evaluó con una prueba de Chi-cuadrado. La talla media de madurez (TMM) para hembras y machos de *F. brevisrostris*, se estimó empleando un ajuste del modelo logístico de madurez por mínimos cuadrados, con estimación de intervalos de confianza a 95% para la talla media de madurez mediante la técnica de remuestreo *Bootstrap*.

Para construir la función de madurez, se desarrolló un vector de datos con la variable longitud total (*LT*) con intervalos de 20 mm, usando el siguiente modelo logístico (Ogle, 2012):

$$P_{LT} = \frac{1}{1 + e^{\alpha + \beta_1 LT}}$$

Dónde:  $P_{LT}$  es la proporción de madurez, y  $\alpha$  y  $\beta_1$  son los parámetros de la función logística y *LT* la longitud total en mm. La transformación requerida es denominada “transformación *logit*”, donde  $1 - p$  es la probabilidad de “fracaso”. Para los análisis de madurez se denomina “éxito” cuando el animal está “maduro” y “fracaso” cuando se encuentra en un estado “inmaduro”. La transformación *logit* esta ejemplificada de la siguiente forma:

$$\text{logit} \left( \frac{p}{1 - p} \right) = \alpha + \beta_1 LT$$

La estimación de los intervalos de confianza para la TMM mediante *Bootstrap* consideró 1000 repeticiones. Se hicieron comparaciones entre los parámetros estimados (pendientes y el intercepto) con el fin de identificar si existieron diferencias significativas entre las TMM para ambos sexos. El estadístico de prueba fue una Chi-cuadrado, las diferencias entre los grupos se establecieron mediante la determinación si la variable de interacción es un término significativo en el modelo. La estimación de los parámetros y la construcción de los intervalos, se realizó con la ayuda del software R (R Core Team, 2012), siguiendo el programa de madurez de Northland College (Ogle, 2012), para el cual se utilizaron los paquetes: *FSA*, *NCStats* y *car*, para la versión de R 3.0.2®.

## RESULTADOS

### Porcentaje de hembras y machos

De los 20262 individuos colectados en los siete años de monitoreos, el porcentaje de hembras observado fue mayor al de los machos en seis de los siete años analizados con un valor promedio de 56.2%. Aunque solo en 2009, el porcentaje de hembras fue menor (50%), la proporción de sexos en cada año no difirió de 1:1 (prueba  $X^2$ ;  $p > 0.05$  en todos los casos). En consecuencia el análisis agrupando todos los años, indicó una proporción hembras: machos de 1:0.8, la cual no fue significativa ( $X^2 = 0.81$ ;  $p > 0.05$ ) (Figura 2).

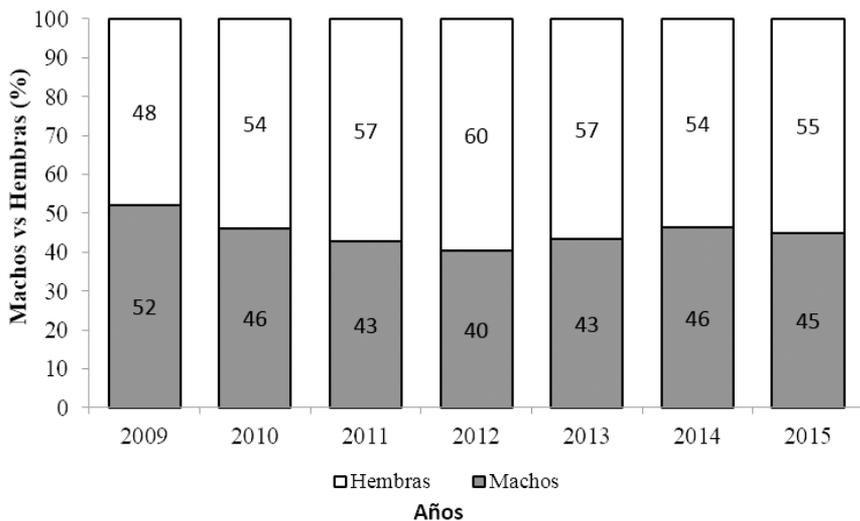


Figura 2. Porcentaje de hembras y machos de *Farfantepenaeus brevisrostris*, tomados en monitoreos a bordo de la flota industrial de arrastre de camarón de aguas profundas en el Pacífico colombiano entre 2009 y 2015.

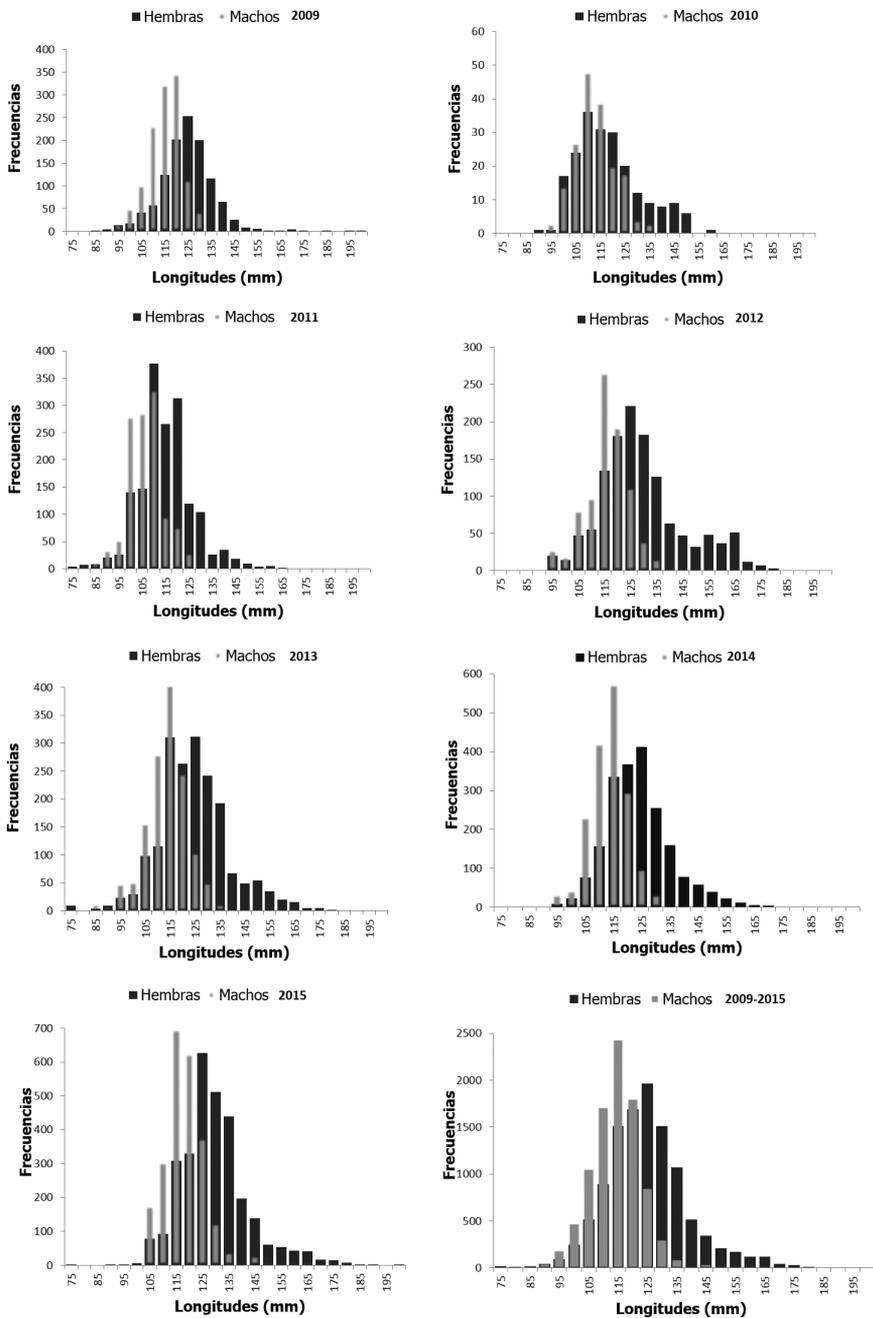


Figura 3. Distribución de frecuencias de longitudes de hembras y machos de *Farfantepenaeus brevisrostris* monitoreados a bordo de la flota industrial de arrastre de camarón de aguas profundas en el Pacífico colombiano entre 2009 y 2015.

## Estructura de tallas

Las estructura de tallas para hembras y machos de *F. brevirostris* en cada año de estudio mostró que mientras las hembras presentaron un ámbito de distribución normal y unimodal entre 50 y 200 mm con media de 120 mm, los machos presentaron igual patrón de distribución de frecuencia de tallas, pero con menor ámbito (75 a 170 mm) y media de 113 mm (Figura 3). Estas diferencias entre años fueron altamente significativas cuando se compararon las distribuciones de tallas de machos y hembras año por año y agrupando la serie de tiempo 2009-2015 ( $DN = 0.473$ ;  $p < 0.0001$ ).

De otro lado, la talla media de captura (TMC) difirió estadísticamente entre años para hembras y machos ( $F_{6,11136} = 204.51$ ;  $p < 0.0001$ ;  $F_{6,9112} = 244.32$ ;  $p < 0.0001$ ; respectivamente), observándose para el caso de las hembras la mayor talla media de captura en 2012 ( $128.04 \text{ mm} \pm 0.463 \text{ mm EE}$ ) y la menor TMC en 2011 ( $114.99 \pm 0.297 \text{ mm EE}$ ) (Figura 4A). Con respecto a la TMC para los machos, se evidenció el mayor valor en 2011 ( $116.66 \pm 0.239 \text{ mm EE}$ ), mientras que para 2015 se observó el menor valor ( $106.39 \pm 0.165 \text{ mm EE}$ ) (Figura 4B). Si bien la TMC de las hembras no mostró tendencia entre años, para los machos se observó una tendencia decreciente entre 2009 y 2015.

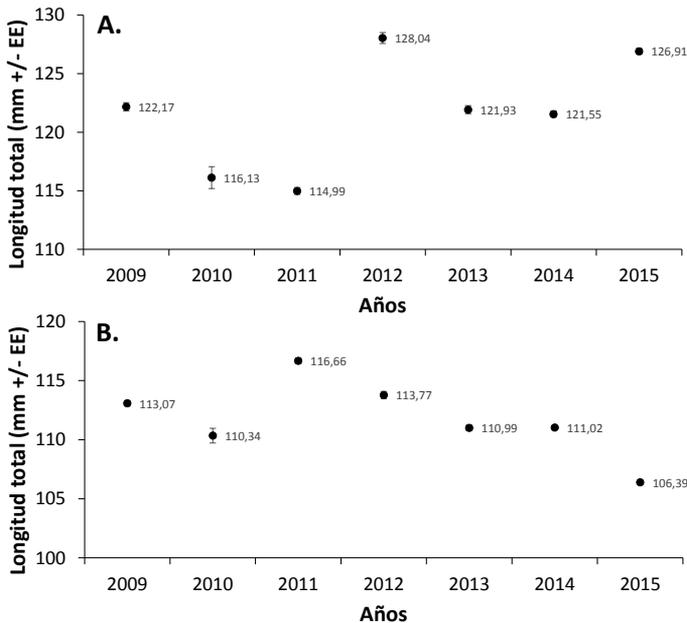


Figura 4. Comparación interanual de la talla media de captura  $\pm$  error estándar de *Farfantepenaeus brevirostris* capturado por la flota industrial de arrastre de camarón de aguas profundas en el Pacífico colombiano entre 2009 y 2015: A) Hembras y B) Machos.

## Aspectos reproductivos

Las curvas de madurez ajustadas para hembras y machos, agrupando todas las observaciones de probabilidad de madurez por tallas entre 2009 y 2015, se muestran en la Figura 5 (ver parámetros de ajuste en Tabla 1). Dado el gran número de observaciones empleados en los modelos logísticos el patrón de las curvas de madurez para cada año fue similar y se usó para generar intervalos de confianza que dieron cuenta de variabilidad entre años de las funciones de madurez. En consecuencia las curvas de madurez presentadas en este estudio son las curvas medias para toda la serie de tiempo empleada en los ajustes. Las hembras comenzaron a madurar desde 80 mm de longitud total e incrementaron rápidamente la probabilidad de madurez desde 120 mm hasta alcanzar la talla media de madurez (TMM) a 130.6 mm (IC 95% 127.6 – 133.6 mm; Figura 5A). La forma de la curva de madurez de los machos fue más suavizada mostrando individuos madurez antes de 60 mm de longitud total y con un incremento suave de la probabilidad de madurez con la talla, hasta alcanzar la TMM a 83.2 mm (IC 95% 81.2 – 85.2 mm; Figura 5B). La comparación estadística de las curvas de madurez entre sexos, confirmaron patrones diferentes de madurez ( $X^2 = 9.832$ ;  $p < 0.05$ ) y que, en efecto, los machos maduran a menor talla que las hembras.

En todos los años de estudio, más de 50% de las hembras de *F. brevirostris* capturadas por la flota industrial de arrastre en el Pacífico fueron inmaduras (Figura 6A); no obstante, a partir de 2012 el porcentaje de hembras maduras ha aumentado, siendo 2015 el año con mayor porcentaje de hembras maduras (34%). Caso contrario ocurrió con los machos, los cuales en la mayoría de años el porcentaje de maduros capturados por la flota fue igual o mayor a 90% (Figura 6B). El año de mayor presión de la pesca sobre el recurso parece fue en 2011, cuando tanto para hembras como para machos se capturó el mayor porcentaje de individuos inmaduros.

## DISCUSIÓN

El análisis de más de 20000 individuos de *F. brevirostris* muestreados a bordo de la flota de arrastre industrial en siete años, permitió determinar el efecto de la pesca sobre la estructura poblacional y condición reproductiva de la especie. Si bien para el periodo de estudio se encontraron para cada año más hembras (56.2% en promedio), la comparación estadística interanual indicó que la proporción entre hembras y machos no difirió de 1:1. Este resultado coincide con lo encontrado por Rueda *et al.* (2010) en un estudio anterior durante un ciclo anual para la misma especie en el Pacífico; no obstante, difiere de lo encontrado en otra especie de la familia Penaeidae aprovechada comercialmente en el Caribe colombiano, en donde el

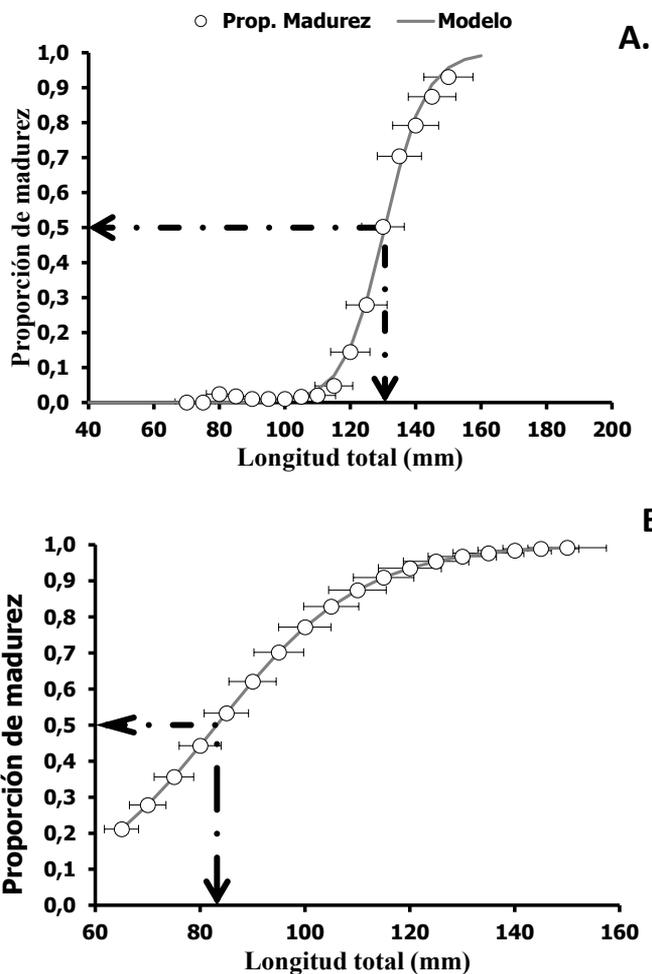


Figura 5: Curvas de madurez del camarón pink (*Farfantepenaeus brevivirostris*), especie objetivo de la pesquería de arrastre industrial de aguas profundas en el Pacífico colombiano: A) Hembras y B) Machos. Se observan los intervalos de confianza bootstrap de tallas para cada proporción de madurez.

Tabla 1: Funciones de madurez para hembras y machos de *Farfantepenaeus brevivirostris* para el Pacífico de Colombia. Se muestran los parámetros de la función de madurez y la talla media de la primera madurez (TMM) con sus intervalos de confianza bootstrap de 95%.

Sexo	n	TMM (mm)	I.C. 95% (mm)		Modelo logístico
			L. inf.	L. sup.	
Hembra	11139	130.6	127.6	133.6	$P_{LT} = \frac{1}{[1 + e^{(20.8-0.16 LT)}]}$
Macho	9111	83.2	81.2	85.2	$P_{LT} = \frac{1}{[1 + e^{(6.0-0.07 LT)}]}$

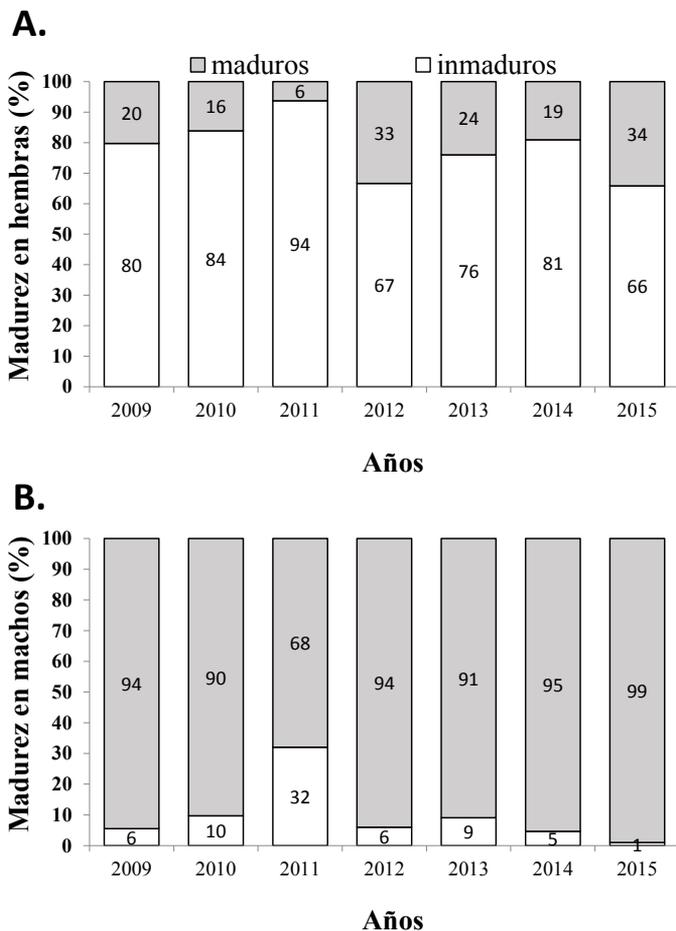


Figura 6. Porcentaje de madurez de *Farfantepenaeus brevisrostris* por año de individuos colectados en monitoreos abordo de la flota industrial de arrastre de camarón de aguas profundas en el Pacífico colombiano entre 2009 y 2015: A) Hembras y B) Machos.

porcentaje de hembras fue mayor que el de machos (Paramo *et al.*, 2014). Así mismo, estudios reproductivos en el Pacífico mexicano de *Farfantepenaeus californiensis* muestran mayor proporción de hembras, contribuyendo a una mayor probabilidad de eventos reproductivos para sostener la población sometida a mortalidad por pesca (Romero-Sedano *et al.*, 2004).

En forma consistente para cada año estudiado, el ámbito de tallas fue mayor en hembras (50 a 200 mm) que en machos (75 a 170 mm). Esta misma tendencia fue encontrada, aunque con ámbitos más estrechos para la misma especie en el Pacífico colombiano (Invemar, 2014b) y con ámbitos de tallas muy similares para

el género estudiado (*F. californiensis*) en el Pacífico de México (Romero-Sedano *et al.*, 2004). Este patrón de tallas junto con la presencia de un petasma en el primer par de pleópodos en los machos, ejemplifican un carácter distintivo de dimorfismo sexual para esta especie (García y Le Reste, 1986). De todos los años estudiados, solo en 2011 (Figura 3) se identificó un mayor efecto de la pesca al encontrarse distribuciones de tallas para hembras y machos con menores valores al resto de la serie de tiempo comparada. Lo anterior puede igualmente ser un efecto combinado de condiciones ambientales adversas al recurso (Rodríguez *et al.*, 2012).

El patrón de madurez de hembras y machos de *F. brevirostris* fue igual entre años y solo difirió entre sexos con una mayor tasa de madurez en función de la talla en hembras respecto a los machos; no obstante, la talla media de madurez en hembras fue 50 mm mayor que la de los machos (Figura 5). Esto indica parte de la estrategia reproductiva de la especie expresada en su dimorfismo sexual en favor de una madurez sexual más temprana en los machos (83.2 mm) frente a las hembras (130.6 mm). En consecuencia, el porcentaje de hembras inmaduras capturadas en la pesquería en siete años osciló entre 66% y 94%, pero los machos han estado disponibles en el área de pesca con porcentajes de madurez entre 68% y 99% (Figura 6).

Diferencias en la forma de la función de madurez entre sexos también han sido determinadas en el Pacífico de México para *F. californiensis*, donde estimaciones de la TMM fueron similares a las estimadas en este estudio (106.8 mm en machos y 133.3 mm en hembras; Romero-Sedano *et al.*, 2004). Así mismo, la TMM de *F. brevirostris* estimada en este estudio fue similar a lo registrado por otros autores de esta especie en Colombia (Angulo y Madrid, 2002; Rueda *et al.*, 2010; Rodríguez *et al.*, 2012). No obstante, también hay evidencia de diferencias en la TMM estimada en hembras de *F. notialis*, donde Ventura-Flores *et al.* (2014) en Cuba, estimaron la TMM en 96 mm, dando cuenta de diferencias entre latitudes.

En el Pacífico colombiano el desove de *F. brevirostris* se presenta entre diciembre y abril con picos entre diciembre y febrero (Rueda *et al.*, 2010; Rodríguez *et al.*, 2012), que han llevado a que la Autoridad Pesquera haya establecido una veda reproductiva entre enero y febrero para proteger el desove. Diversos trabajos también ilustran el efecto de variables ambientales y la ocurrencia de El Niño y La Niña en el Pacífico, afectando la condición reproductiva de los camarones (Díaz *et al.*, 1997; Beltrán y Ríos, 2000; Zapata, 2000; Rodríguez *et al.*, 2012). De otro lado, se observó que *F. brevirostris* es dioica con hembras de mayor tamaño y machos claramente definidos. El dimorfismo sexual presente en los machos a través del petasma confiere una estrategia de éxito reproductivo al garantizar la transferencia de espermátóforos al receptáculo seminal de las hembras o télico (García y Le Reste, 1986).

Este estudio contribuyó a generar mayor información sobre el efecto de la pesca de arrastre en la estructura poblacional de *F. brevirostris* en términos de mayor presión sobre las tallas capturadas de las hembras. En este sentido, se recomienda fortalecer las medidas de manejo actuales como cuotas de pesca y vedas totales por el control de la selectividad de las redes de arrastre con base en las tallas medias de madurez de las hembras que igualmente protegen la población de machos. Así mismo, se debe introducir vedas espacio-temporales como estrategias de cerrar la pesca en ventanas ambientales que cubren hábitats esenciales para la especie (por ejemplo, en el golfo de Tribugá del Pacífico y sus caladeros de Filo, La Roñosa y Morromico). Para todas las medidas de manejo se debe adoptar la activa participación del pescador en el proceso de manejo (*e.g.* comanejo entre las instituciones y los pescadores industriales y artesanales).

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR por el apoyo en los proyectos generados para obtención de información. Así mismo, se agradece a las biólogas Laura Natalia Arenas y Sarith Salas por sus aportes y colaboración en análisis de muestras, al igual que a Harold Castillo por su asesoría estadística. Finalmente se expresan sinceros agradecimientos a los revisores anónimos por mejorar el manuscrito.

### BIBLIOGRAFÍA

- Angulo, W y N. Madrid. 2002. Evaluación biológico-pesquera del recurso camarón de aguas profundas en el Pacífico Colombiano. Marzo 2001 – Febrero 2002. Inf. Técn. Agropesquera Bahía Cupica Ltda, Buenaventura. 70 p.
- Beltrán, B. y H. Rios. 2000. Estadios tempranos de peces del Pacífico colombiano. Tomo I. INPA, Bogotá. 359 p.
- De la Pava, M.L. y C. Mosquera. 2001. Diagnostico regional de la cadena camarón de pesca en el Pacífico colombiano. Doc. Técn. ACODIARPE, Buenaventura. 41 p.
- Díaz, J., C. Velasco y A. Ramírez. 1997. Monitoreo de la pesquería del camarón de aguas someras del Pacífico Colombiano en 1997. Inf. Tecn. INPA, Buenaventura. 32 p.
- FAO. 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2014. Doc. Técn. Pesca, 218 p.
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de las especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. I-III. FAO. Roma, 1813 p.
- García, S. y L. Le Reste. 1986. Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros. FAO Doc. Tec. Pesca, (203): 180 p.

- Girón, A., F. Rico-Mejía y M. Rueda. 2010. Evaluación experimental de dispositivos excluidores de fauna acompañante en redes de arrastre para camarón de aguas someras en el Pacífico colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 39(2): 1-34.
- Invenmar. 2008. Informe Banco de Proyectos de Inversión Nacional. MAVDT. Vigencia 2008. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Santa Marta. 86 p.
- Invenmar. 2014a. Evaluación de recursos pesqueros clave y medidas de manejo sugeridas para el Comité Ejecutivo de la Pesca. Concepto Técnico (CPT-VAR 015-14). Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Santa Marta. 54 p.
- Invenmar. 2014b. Informe Banco de Proyectos de Inversión Nacional - BPIN. MAVDT. Vigencia 2013. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Santa Marta. 309 p.
- Invenmar. 2016. Evaluación de recursos claves y medidas de manejo sugeridas para el Comité Ejecutivo para la Pesca para la Dirección de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Santa Marta. 54 p.
- Ogle, D. 2012. FishR Vignette- Maturity Schedules. Northland College. 7 p.
- Paramo, J., D. Pérez y M. Wolff. 2014. Reproducción de camarón rosado *Farfantapenaeus notialis* (Decapoda: Penaeidae) en el Caribe colombiano. Rev. Biol. Trop., 62(2): 513-521.
- Pérez Farfante, I. y B. Kensley. 1997. Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the world. Keys and diagnosis for the familias and genera. Mem. Mus. Natn. Hist. Nat., 175: 1-233.
- Poveda, G., A. Jaramillo, M. Gil, N. Quinceno y R. Mantilla. 2001. Seasonality in ENSO-related precipitation, river discharges, soil moisture and vegetation index in Colombia. Water Resour. Res., 37: 2169-2178.
- R Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Rico-Mejía, F. y M. Rueda. 2007. Evaluación experimental bioeconómica de cambios en la tecnología de captura de camarón con redes de arrastre en aguas someras del Pacífico colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 36: 79 -109.
- Rodríguez, A., M. Rueda, J. Viaña, C. García, F. Rico, L. García y A. Girón. 2012. Evaluación y manejo de la pesquería de camarón de aguas profundas en el Pacífico colombiano 2010-2012. INVEMAR, COLCIENCIAS, INCODER. Serie Publicaciones Generales INVEMAR 56. Santa Marta. 114 p.
- Romero, J. C., E.A. Noriega, M.M. Mendosa, C. Salinas y A. García. 2004. Periodo reproductivo del camarón café *Farfantepenaeus californiensis* en la laguna costera de Agiabampo sonora- Sinaloa – México. Cienc. Mar., 30(3): 465-475.
- Rueda, M., J. A. Angulo, N. Madrid, F. Rico y A. Girón. 2006. La pesca industrial de arrastre de camarón en aguas someras del Pacífico colombiano: su evolución, problemática y perspectivas hacia una pesca responsable. Contribución INVEMAR 952. ISBN: 958-97349-7-9. Santa Marta. 60 p.
- Rueda, M., F. Rico, W. Angulo, A. Girón, A.L. Rodríguez, L.M. García y L.N. Arenas. 2010. Evaluación biológico-pesquera del estado de las poblaciones de aguas profundas, mediante la aplicación de métodos directos (prospección pesquera) e indirectos (estadística de captura y esfuerzo) En el Pacífico colombiano. Inf. Final Proyecto Código 031 2007T6650-909-07 MADR, INVEMAR, Santa Marta. 76 p.

- Tchantsev, V. y E. Cabrera. 1998. Algunos aspectos de investigación de la formación del régimen oceanográfico en el Pacífico colombiano. Bol. Cient. CCCP, 7: 7-19.
- Velasco, A. y M. Wolf. 2000. Ictiofauna juvenil de fondos blandos durante la transición de “secas” a lluvias en la costa Pacífica de Colombia. Rev. Biol. Trop., 48 (1): 215-228.
- Ventura-Flores., A. Giménez y H. Delgado-Miranda. 2014. Talla de primera captura y maduración de las hembras del camarón rosado (*Farfantepenaeus notialis*, Pérez-Farfante & Kensley, 1967) en el golfo de Guacanayabo, Cuba. Rev. Cub. Invest. Pesq., 31: 5-10.
- Zapata, L, A. 2000. Evaluación de recursos demersales por el método del área barrida en el Pacífico colombiano. Bol. Cient. INPA, 6, 226 p.

RECIBIDO: 09/12/2015

ACEPTADO: 29/09/2016