

ASPECTOS REPRODUCTIVOS DEL PEZ VELA (*ISTIOPHORUS ALBICANS*) EN EL MAR CARIBE SURORIENTAL Y AGUAS ADYACENTES DEL OCÉANO ATLÁNTICO: UN ANÁLISIS PRELIMINAR

L. A. Ariza¹, J.G. Núñez², M. Narváez³, M. Medina⁴, F. Arocha¹

SUMMARY

Aspects of the reproduction of sailfish (Istiophorus albicans) in the southeastern Caribbean Sea and adjacent waters of the Atlantic Ocean were analysed from a total of 729 individuals. The biological samples were obtained from February 2009 to September 2011 in the port of landing of Playa Verde, on the central coast of Venezuela, from the artisanal net fishery and from the observers programme of the industrial longline fishery. The sex ratio, state of maturity, gonad index (GI), size frequency distribution of oocytes and L_{50} were estimated. In addition, the fecundity, spawning frequency and spawning season and areas were determined for females. 377 male individuals (122-190 cm MILH), and 352 female individuals (110-196 cm MILH) were sampled. The high GI values allow the inference that the spawning period takes place over the second and third quarters of the year.

RÉSUMÉ

On a analysé les aspects de la reproduction du voilier (Istiophorus albicans) dans la mer du Sud-Est des Caraïbes et les eaux adjacentes de l'océan Atlantique d'un total de 729 exemplaires. Les échantillons biologiques ont été prélevés de février 2009 à septembre 2011 au port de débarquement de Playa Verde, le long du littoral central du Venezuela, en provenance de la pêche artisanale de filets et du programme d'observateurs de pêche à la palangre industrielle. On a estimé le sex-ratio, l'état de maturité, l'indice gonadique (IG), la distribution des fréquences de tailles des ovocytes et le L_{50} . En outre, on a déterminé la fécondité des femelles, leur fréquence de frai, ainsi que la saison et les zones de reproduction. Un total de 377 exemplaires mâles (122-190 cm MILH) et 352 exemplaires femelles (110-196 cm MILH) ont été échantillonnés. Les valeurs élevées de l'IG permettent de déduire que la période de frai a lieu au cours du deuxième et du troisième trimestres de l'année.

RESUMEN

Aspectos de la reproducción del pez vela (Istiophorus albicans) en el mar Caribe suroriental y aguas adyacentes del océano Atlántico fueron analizados de un total de 729 ejemplares. Las muestras biológicas fueron obtenidas desde febrero 2009 a septiembre 2011 en el puerto de desembarque de Playa Verde, Litoral Central de Venezuela, provenientes de la pesquería artesanal con redes y del programa de observadores de la pesquería industrial de palangre. Se estimó la proporción sexual, el estado de madurez, el índice gonádico (IG), la distribución de frecuencia de tallas de los oocitos y el L_{50} . Además, a las hembras se les determinó la fecundidad y frecuencia de desove y la temporada y áreas de desove. Se muestrearon 377 ejemplares machos (122-190 cm MILH), y 352 ejemplares hembras (110-196 cm MILH). Los valores elevados del IG, permite inferir que el período de desove comprende el segundo y tercer trimestre del año.

KEYWORDS

Palabras claves, Pez vela, Reproducción, Mar Caribe, Venezuela

¹ Instituto Oceanográfico de Venezuela, Departamento de Biología Pesquera, Universidad de Oriente (UDO), Av. Universidad, Cerro Colorado, Edif. Instituto Oceanográfico, Cumaná 6101, Venezuela.

² Instituto Oceanográfico de Venezuela, Departamento de Biología Marina, UDO, Cumaná, Venezuela.

³ Postgrado Ciencias Marinas, Biología Pesquera, Instituto Oceanográfico de Venezuela, UDO, Venezuela.

⁴ Instituto Socialista de la Pesca y Acuicultura. Cumaná, Venezuela.

Introducción

El pez vela *Istiophorus albicans*, Nakamura (1985), es una especie de istioforido, epipelágico, altamente migratorio, localizado frecuentemente en aguas cálidas próximas a la superficie (10-20 m), en zonas subtropicales y tropicales del océano Atlántico y, en ocasiones, en aguas templadas del mismo océano y en el mar Mediterráneo (<http://www.iccat.int/es/ICCATManual.htm>). Posee épocas de reproducción prolongadas con desoves frecuentes y fecundidad por tanda relativamente alta (Chiang *et al.*, 2006). El pez vela con mayor peso reportado presentó 58 Kg y 3,1 m de LMIH (De Sylva & Breder, 1997). Presenta tasas de crecimiento rápido en los dos primeros años, pudiendo alcanzar hasta 13 años de vida (Prince *et al.*, 1986), con una expectativa de 13-15+ años (Ortiz *et al.*, 2003). Es una especie que posee una reconocida importancia ecológica y económica en la región.

La CICAА reconoce la existencia de dos stocks de pez vela en el Atlántico, el stock oriental y el occidental. La última evaluación que se ha hecho sobre el estado de las poblaciones de pez vela del Atlántico presentan evidencias de sobrepesca, y de que los stocks están sobre pescados, más en el oriente que en el occidente (Anon., 2010). Aunque sigue existiendo una considerable incertidumbre respecto a la situación de ambos stocks. Sin embargo, algunos resultados de los análisis sugieren que el stock del occidente se encuentra en un estado saludable.

Las mayores capturas de pez vela procedentes de la pesca artesanal, provienen de varios países en el Mar Caribe y del este de África, principalmente Ghana, Senegal y Costa de Marfil, mientras que de la pesquería industrial con palangre provienen de Brasil y Cuba (Restrepo *et al.*, 2003). En Venezuela, la pesquería incidental de istiofóridos se inició hacia la segunda mitad de la década de los años cincuenta (Marcano *et al.*, 2003), tras décadas de explotación, Arocha *et al.* (2009 a, b), efectuaron la estandarización de las tasas de captura de la especie a partir de las tasas de captura de la pesquería artesanal para el período de 1991-2007, sin observarse algún impacto negativo importante sobre los desembarques pesqueros, mientras que las tasas de captura estandarizadas provenientes de la pesquería de palangre industrial indicaban una moderada recuperación al final de la serie de tiempo analizada tras un descenso observado al inicio de la serie.

Por otro lado, está comprobado que el pez vela se reproduce en aguas venezolanas del Caribe y del Atlántico venezolano (Arocha & Marcano, 2006) donde existe una pesquería artesanal dirigida y otra accidental sobre esta especie. Además, hay una escasa información sobre los aspectos reproductivos (madurez sexual, fecundidad, temporadas y zonas de desove) para la especie, por lo que resulta imperante el análisis de estos factores, para obtener una mejor comprensión de la dinámica de la reproducción en el stock occidental que pueda contribuir a un oportuno manejo y conservación del pez vela del stock occidental.

Materiales y Métodos

Área de estudio y muestreos:

El área de estudio comprende el Mar Caribe y aguas adyacentes del océano Atlántico. Las muestras biológicas fueron obtenidas por observadores científicos del Programa de observadores en embarcaciones palangreras industriales venezolanas bajo la coordinación del “Programa Intensivo de Investigación de Marlines (PIIMV)” durante el periodo 2001-2011, y mediante muestreos en puerto en la comunidad de Playa Verde (en el litoral central de Venezuela), provenientes de la pesquería artesanal con redes. Las muestras biológicas (gónadas) fueron obtenidas desde febrero 2009 hasta septiembre 2011.

Trabajo de campo y laboratorio:

A todos los ejemplares obtenidos se les determinó la longitud desde la mandíbula inferior hasta la horquilla (LMIH), el peso total del pez y el peso de las gónadas. Los peces fueron separados por sexo, se obtuvo las gónadas de las hembras, un grupo de las cuales fueron cortadas en tres secciones diferentes (anterior, medio y posterior) y se realizó un análisis de varianza simple, entre el tamaño de sus oocitos enteros de cada sección, determinando que no existían diferencias significativas ($p > 0,05$) entre estas.

La clasificación de la madurez de las gónadas se realizó mediante el análisis de la distribución de frecuencia de talla de los oocitos enteros. A cada gónada se le determinó el diámetro de los oocitos enteros, utilizando una submuestra del contenido gonadal, a todas las muestras se le midieron 400 oocitos escogidos al azar: 200 oocitos con el objetivo de 12X; 100 oocitos con el objetivo de 50X y 100 oocitos con el objetivo de 25X, para determinar las distribuciones de frecuencia de talla de oocitos enteros. Se utilizó una cámara digital Pixera adaptada a un microscopio estereoscópico, marca Leitz y el software de análisis de imagen SigmaScanPro v.5.0.0 (SPSS, 1999).

Análisis de datos: La variación temporal de la actividad reproductiva para el pez vela fue derivada del análisis del índice gonadosomático (IGS), siendo la relación entre el peso de la gónada y el peso del cuerpo del animal (West, 1990) o la longitud del pez (Kikawa, 1953) cuando no se contaba con el peso del ejemplar, la cual se calculó a partir del modelo matemático implementado por Cayré & Laloé (1986): $IGS = (P/LMIH^3) \times 104$

P=peso de la gónada.

LMIH= Longitud Mandíbula Inferior-Horquilla.

Determinación de hembras activas y áreas de desove: Las hembras activas (desovando o recientemente desovadas), son aquellas que presumiblemente desovarán dentro de un lapso de 24 horas, dada la presencia en sus gónadas de oocitos en fase de núcleo migratorio o hidratados (estados más avanzados de desarrollo). La distribución de frecuencia de tallas de los oocitos enteros, valores elevados de IGS se usaron para determinar la temporada (meses) y el área inminente de desove del pez vela en las zonas de estudio.

Cronograma de Madurez: para la determinación del cronograma de madurez se usaron hembras capturadas durante la temporada de desove, las cuales fueron previamente clasificadas en maduras e inmaduras. Considerando la naturaleza binomial de los datos, el método analítico para estimar los cronogramas de maduración se basó en el procedimiento de máxima verosimilitud derivado por Welch & Foucher (1988), el cual consiste en maximizar el logaritmo de la función de verosimilitud bajo el supuesto de una distribución binomial de los errores. El modelo escogido para estimar la fracción de maduración fue la función sigmoidea de dos parámetros de la forma: $Mf = 1 / (1 + e^{-a(L_i - b)})$

Mf= es la fracción a la cual el 50% de las hembras está madura.

Li= la longitud del cuerpo (LMIH).

a y b= parámetros a estimar.

El parámetro “a” corresponde a la pendiente de la curva describiendo la tasa de cambio en Mf, y b= L₅₀, la longitud a la cual el 50% está maduro.

Fecundidad: La determinación de la fecundidad se realizó por el método gravimétrico (Hunter & Goldberg, 1980; Hunter *et al.*, 1989). La fecundidad por tandas (F_t) se determinó mediante el método de Hunter & Macewicz, (1985), en función de los oocitos hidratados no ovulados, determinados por la distribución de frecuencia del diámetro de los oocitos. Para los cálculos se utilizaron hembras donde la moda del grupo de oocitos maduro mas avanzado no coincidiera con la moda del grupo de oocitos hidratados no ovulados, con la finalidad de minimizar la probabilidad del inicio del desove y por ende la subestimación del número de oocitos hidratados presente en las gónadas (Arocha, 2002). Se realizaron conteos del número de oocitos hidratados de tres muestras con peso de 1 g cada una, proveniente del vaciado de las gónadas. Se determinó el número promedio de oocitos hidratados de las tres muestras, con la finalidad de determinar el número total promedio de oocitos hidratados (Ho) por unidad de peso de las gónadas.

La fecundidad por tanda se calculó como: $F_t = Ho \times PG$

Ho: Número de oocitos hidratados por unidad de peso promedio (1 g).

PG: Peso gonadal.

Frecuencia de desove: Corresponde al número de veces en que una hembra libera los oocitos al medio, durante la temporada de desove en días. Se consideró únicamente a las hembras que posean en sus ovarios oocitos vitelogénicos avanzados e hidratados. La frecuencia de desove se emplea para aquellas especies que poseen estrategias de desove múltiple indeterminado (crecimiento asincrónico de oocitos). Este método posee cierto grado de sesgo, porque puede subestimar la fracción desovante al no poder identificar e incluir hembras en desove con folículos post ovulatorios con menos de 24 horas de aparición, es por ello que se calculara la fracción principal de desove aproximada (porcentaje), mediante la ecuación: $FPD = (HOH/OM) \times 100$

FPD= Fracción Principal de Desove Aproximada
HOH = Hembras maduras con Oocitos Hidratados.
OM= Hembras maduras con Oocitos Vitelogénicos avanzados.

Para la estimación de la frecuencia de desove, se empleará la ecuación de Hunter & Macewicz, 1985 (Método Hy): $FD = (1/FPD) * 100$
FD= Frecuencia de Desove por días.
FPD= Fracción Principal de Desove Aproximada.

Para el cálculo del promedio de desoves ocurrido durante una temporada reproductiva se dividirá el período estacional de desove (en días correspondientes a la época de desove, delimitada por la aparición de hembras con madurez avanzada) entre la frecuencia de desove (FD): $PDTR = PED/FD$

PTD= Promedio de Desoves de una Temporada reproductiva.
PED= Período Estacional de Desove
FD= Frecuencia de Desove

Resultados

Estructura poblacional: Se analizaron 729 ejemplares de pez vela (*I. albicans*) capturados en el mar Caribe suroriental y aguas adyacentes del océano Atlántico. Del total de organismos 377 fueron machos y 352 hembras, observándose una estructura de tallas general comprendida entre 110 y 196 cm de LMIH.

En el primer trimestre se registró la presencia de individuos machos con tallas que oscilan entre 156 y 180 cm LMIH, observándose una moda de 162 cm, la talla de las hembras varió entre 130 y 195 cm LMIH, y una moda de 171 cm (**Figura 1**). En el segundo trimestre los machos presentaron tallas de LMIH entre 150-187 cm, con promedio de 166,7±8,5 cm, mientras que las hembras variaron entre 151-192 cm, con una media de 172,46±9,0 cm. Las modas fueron 168 y 176 cm, para machos y hembras, respectivamente.

Para el tercer trimestre la estructura de tallas estuvo comprendida entre 150-190 cm para machos y 136-196 cm para hembras, con promedios de 169,5±8,4 y 171,3±9,0, respectivamente. Ambos presentaron una moda de 168 cm. Para el cuarto trimestre los machos presentaron un rango entre 122 y 186 cm, con una moda de 169 cm, mientras que las hembras oscilaron entre 110 y 187 cm, con una moda de 172 cm de LMIH (**Tabla 1**).

La distribución de frecuencia de tallas observadas mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los cuatro trimestres estudiados, tanto para los machos ($F=3,06$; $p<0,05$), como para las hembras ($F=5,37$; $p<0,05$).

Del total de los organismos sexados, el 51,7 % fueron machos y 48,3 % fueron hembras, evidenciándose una proporción de machos - hembras durante el año igual a 0,93:1, no existiendo diferencias estadísticas de la proporción 1:1 ($Chi^2 = 0,86$; $p > 0,001$). Sin embargo, se observa una dominancia de las hembras a través de algunos trimestres (**Tabla 2**).

Estadios reproductivos y desarrollo de ovocitos: Se asignó el estadio de madurez de las gónadas según las características presentadas en la **Tabla 3**.

Los valores del IGS obtenidos en el estadio inmaduro fueron siempre menores a 0,80. El estadio madurando presenta un rango entre 0,34 y 0,84. En un rango entre 0,45 y 5,57 se ubicaron los valores de IGS del estadio maduro. En el estadio en desove, el rango estuvo entre 1,09 y 5,38. En los últimos dos estadios los valores de IGS descendieron, mostrando una amplitud entre 0,44 y 1,67 para los desovados, y 0,10 a 1,22 para el estadio de recuperación.

Distribución de frecuencia de tallas de los oocitos: El análisis de la distribución de frecuencia del diámetro de los oocitos enteros, permitió tipificar la dinámica de maduración del pez vela (*I. albicans*). La mayoría de las gónadas analizadas (38,13%) estuvieron en estadio maduro.

En el estadio I (inmaduro/reposo) se encontraron el 24,46% del total de las gónadas, con oocitos perinucleolares, se determinó la presencia de una sola moda alrededor de 40 μm . las gónadas en estadio II (madurando) conforman el 11,51% del total de las gónadas muestreadas, las cuales presentaron oocitos previtelogenicos y perinucleolares, la moda del grupo de oocitos en estado de desarrollo más avanzado se localizó alrededor de 290 μm (**Figura 2**). En el estadio III (maduro) los oocitos más abundantes fueron los vitelogenicos y previtelogenicos, se observó una sola moda, que reflejó el predominio de los oocitos con tallas de 800 μm . El estadio IV (en desove) constituido por el 12,23% de las gónadas estudiadas, se caracterizó por la presencia de oocitos en fase hidratada y de oocitos vitelogenicos en fase avanzada, observándose dos modas, la del grupo de oocitos en estadio de desarrollo más avanzado se ubicó en 1300 μm , correspondientes al grupo de oocitos hidratados que no han salido del folículo. Las gónadas en estadio V (desovado), correspondiente al 1,44% del total, presentaron oocitos en fase vitelogenica avanzada y en menor cantidad oocitos hidratados y previtelogenicos, no se observan modas diferenciadas. Las gónadas en el estadio VI (recuperación), conformado por el 12,23% del total, presentaron oocitos perinucleolares y previtelogenicos.

Temporada y áreas de desove: Tomando en cuenta los estadios de madurez y el IGS por mes, se consideran los meses de marzo hasta octubre, como la temporada del desove más intenso (**Figuras 3 y 4**). En noviembre se encontró sólo una hembra en estadio 4 (en desove), por lo cual no se consideró como parte de la época de reproducción.

Durante el periodo de estudio se pudo determinar que la distribución espacial de ejemplares de pez vela con actividad reproductiva se encuentran en la zona del mar Caribe suroriental, en la zona central de Venezuela y en aguas adyacentes del océano Atlántico a lo largo de la parte exterior de la plataforma de la Guayanas, en su mayoría durante los meses de marzo-junio y agosto-septiembre. Estas dos áreas se consideran como áreas de desove de la especie, debido a los altos valores de IGS encontrados (1,09 a 5,38) en ejemplares con tallas entre 161 y 181 cm LMIH (**Figura 5, Tabla 4**).

Cronograma de Madurez: Las estimaciones para el cálculo de la fracción de madurez de *I. albicans* están basadas en datos obtenidos de hembras capturadas durante la temporada de desove (marzo-octubre). Ajustadas por el método estadístico de máxima verosimilitud, asumiendo una distribución binomial del error, indicando que el 50% (L_{50}) de los ejemplares se mostraron maduros a una longitud de la mandíbula inferior a la horquilla de 153,08 cm (**Figura 6**). El valor final de la función objetivo fue $-\ln L = 12.87$. Las hembras estuvieron dentro de un intervalo de tallas de 150 a 189 cm de LMIH, en donde las hembras maduras eran 198 (86,43%), de un total de 228 ejemplares.

Frecuencia de desove aproximada: Para el cálculo de la frecuencia de desove se utilizaron 35 ejemplares en actividad reproductiva capturados durante la época de desove. La fracción principal de desove fue 52,17% con un estimado de frecuencia de desove de 1,9 días. Asumiendo un período de desove aproximado de 235 días, se determinó que una hembra de pez vela podría desovar en promedio 123 veces durante una temporada reproductiva.

Fecundidad: la fecundidad por tanda promedio fue de $1,8601 \times 10^6$ oocitos para 4 ejemplares, oscilando entre $0,9878 \times 10^6$ y $3,330 \times 10^6$ oocitos, indicando un amplio intervalo en la fecundidad. El promedio de la fecundidad potencial anual aproximada fue $4,371 \times 10^8$ oocitos/año, estimada considerando que una hembra desova aproximadamente 123 veces durante la temporada reproductiva, mientras que el promedio de fecundidad relativa aproximada fue 87,38 oocitos. g^{-1} (**Tabla 5**).

Discusión

La clasificación de los estadios de madurez definidos para el pez vela muestreados por embarcaciones venezolanas en el Mar Caribe y aguas adyacentes del Océano Atlántico representan un avance sobre lo que conocía con anterioridad (Arocha & Marcano 2006). Si bien se reconoce que una clasificación de madurez sustentada en la dimensión y las características microscópicas exteriores e interiores de los oocitos enteros no es lo suficientemente comprensiva como las sustentadas en el análisis histológico de los oocitos, se le considera una aproximación lo suficientemente robusta como para determinar los parámetros de reproducción con un elevado nivel de certeza, como se puede evidenciar en otros estudios con especies afines (Arocha 2002, Arocha & Barrios 2009).

El IGS y la variación mensual de los estadios de madurez revelan que el pez vela se reproduce en el área de estudio durante casi todo el año, pero los valores elevados en IGS y en número de ejemplares maduros permitieron definir la temporada de desove entre marzo y junio, y luego entre agosto y septiembre. Aunque quizás la exclusión de algunos meses de la temporada de desove podría ser ocasionada por efectos de muestreos no balanceados en toda el área de estudio. Sin embargo, las temporadas de desove conocidas en la región del Gran Caribe y aguas adyacentes de Atlántico indican que el pez vela desova en la misma temporada en varios sitios distintos, en el Estrecho de la Florida y aguas adyacentes desova entre abril y octubre, mientras que en el Caribe suroriental y aguas adyacentes del Atlántico lo hace entre marzo y septiembre según se desprende de este estudio. Lo cual revela que esta especie tiene un patrón de desove ampliamente distribuido en toda la región y demuestra lo complejo que puede ser la dinámica de la reproducción en esta especie.

La talla a la cual el pez vela alcanza la madurez sexual en el área de estudio es similar a la de otras estimaciones para el stock del Atlántico, donde Jolley (1977) atribuye que el pez vela alcanza la madurez sexual entre los 13 a 18 kg (147 a 160 cm LJFL), aunque el L_{50} de Arocha & Marcano (2006) pudiera ser una sobre-estimación originada por la definición de la clasificación de madurez sexual. Mientras que en el Océano Pacífico los estimados de L_{50} son mayores en el oriente (Hernández & Ramírez 1998, $L_{50}=198.5$ cm) que en el occidente Chiang et al. 2006a, $L_{50}=166.4$ cm LJFL). Es posible que las variaciones en las estimaciones también puedan ocurrir por los métodos de estimación empleados y la suposición en la distribución del error (Arocha & Barrios 2009).

La fecundidad por tanda estimada en este estudio es similar a los estimados en el Océano Pacífico (Hernández et al., 2000; Chiang et al. 2006b) y a los estimados en el Atlántico sur occidental (Murato com. pers.), aunque los aquí presentados son los mayores hasta ahora estimados. Sin embargo, la fecundidad relativa estimada en este estudio es mayor a las estimadas para el Pacífico, ello se debe porque una de las muestras contaba con un peso que duplicaba las del resto de las muestras. En cuanto a la frecuencia del desove estimada en el presente estudio (método Hy) es similar a la estimada por el método POF en el pez vela del Pacífico occidental (Chiang et al. 2006b), sin embargo se reconoce que el método empleado en este análisis tiende a subestimar la frecuencia de desove pero en el presente caso la aproximación parece ser bastante cercana al pez vela del Pacífico occidental el cual tiene una L_{50} similar a la del pez vela del Atlántico occidental.

Es evidente que existe una variabilidad en la dinámica de la reproducción del pez vela del stock occidental que quizás, aparte de los métodos empleados para la estimación de los parámetros de reproducción, tenga que ver con el comportamiento de la especie que al ser el istioforido más costero tiene a la disposición una variada y constante abundancia de presas que contribuya al potencial reproductivo de una manera más constante la cual contribuiría a acelerar la frecuencia del desove en el área del estudio.

Referencias

- Alió, J., L. Marcano, X. Gutiérrez, & R. Fontiveros. 1994. Descriptive analysis of the artisanal fishery of billfishes in the central coast of Venezuela. Col. Vol. Sci. Pap. ICAAT, 41: 253-264.
- Anon. 2010. Report of the 2009 ICCAT Sailfish Stock Assessment Session (Recife, Brazil, June 1 to 5, 2009). Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 65(5): 1507-1632.
- Arocha, F. 2002. Oocyte development and maturity classification of swordfish from the north-western Atlantic. Jour. Fish Biol, 60: 13-27.
- Arocha, F. & A. Barrios. 2009. Sex ratios, spawning seasonality, sexual maturity, and fecundity of white marlin (*Tetrapturus albidus*) from the western central Atlantic. Fish. Res., 95: 98-111.
- Arocha, F. & L. Marcano. 2006. Life history characteristics of *Makaira nigricans*, *Tetrapturus albidus*, and *Istiophorus albicans* from the eastern Caribbean Sea and adjacent waters. Pgs. 587-597 In: J. Nielsen, J. Dodson, K. Friedland, T. Hamon, N. Hughes, J. Musick & E. Verspoor, Eds. Proceedings of the Fourth World Fisheries Congress: Reconciling Fisheries with Conservation. Amer. Fish. Soc. Symp. 49, Bethesda, Maryland.
- Arocha, F., Ortiz, M., Barrios, A., Debrot, D. & Marcano, L. 2009a. Catch rates for sailfish (*Istiophorus albicans*) from the small scale fishery off La Guaira, Venezuela: period 1991-2007. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 64(6): 1844-1853.

- Arocha, F. Ortiz, M. and Silva, J. 2009b. Update of standardized catch rates for sailfish (*Istiophorus albicans*) from the Venezuelan pelagic longline fishery off the Caribbean Sea and adjacent areas: Period 1991-2006. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 64(6):1833-1843.
- Arocha, F. & Ortiz, M. 2006. Manual ICAAT. Capítulo 2.1.8.0 Pez Vela. http://www.iccat.int/Documents/SCRS/Manual/CH2/2_1_8_0_SAI_ENG.pdf.
- Cayré, P. & F. Laloé. 1986. Review of the gonad index (GI) and an introduction to the concept of its "critical value". Application to the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, in the Atlantic Ocean. Mar. Biol, 90:345-351.
- Chiang, W., C. Sun, S. Yeh, W. SU., D. Liu, W. Chen. 2006a. Sex ratio, size at sexual maturity, and spawning seasonality of Sailfish *Istiophorus platypterus* from Eastern Taiwan. Bull. Mar. Sci., 79(3):727-737.
- Chiang, W., S. Yeh, W. Su. & D. Liu. 2006b. Spawning Frequency and Batch Fecundity of the Sailfish (*Istiophorus platypterus*) (Istiophoridae) in Waters off Eastern Taiwan. Zool. Stu., 45(4): 483-490.
- De Sylva, D. & P. Breder. 1997. Reproduction, gonad histology and spawning cycles of North Atlantic billfishes (Istiophoridae). Bull. Mar. Science, 60: 668-697.
- Hernandez, A., M. Ramírez, & A. Muhlia-Melo. 2000. Batch fecundity and spawning frequency of sailfish (*Istiophorus platypterus*) off the Pacific coast of Mexico. Pac. Sci., 54: 189-194.
- Hunter, J., C. Lo, & R. Goldberg. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fish. Bull., 77:641-652.
- Hunter, J. & B. Macewicz. 1985. Measurements of spawning frequency in multiple spawning fishes. In: R. Lasker (ed.). An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS, 36: 79-94.
- Hunter, J., B. Macewicz, & C. Krimbell. 1989. Fecundity and other aspects of the reproduction of sablefish, *Anoplopmbia fimbria* in Central California waters. Calif. Coop. Fish. Rep., 30:61-72.
- Jolley, J.W. 1977. The biology and fishery of Atlantic sailfish *Istiophorus platypterus*, from south-east Florida. Florida Marine Research Publication 28, 31 p.
- Kikawa, S. 1953. Observations on the spawning of the big-eyed tuna (*Parathunnus mebachi Kishinouye*) near the Southern Marshall Islands. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., Contr., 1 (42), 10 pp.
- Marcano, J., A. Lárez, X. Gutiérrez, H. Salazar, M. Márquez. & J. Sayehg. 2003. Pesquería de túnidos por pequeños palangreros en el Mar Caribe y el Océano Atlántico durante el período 1986-2000. Bol. Inst. Oceanog. Venezuela, Univ. Oriente, 41(1 y 2):73-81.
- Ortiz, M., E.D. Prince, J.E. Serafy, D.B. Holts, K.B. Davy, J.G. Pepperell, M.B. Lowry, & J.C. Holdsworth. 2003. Global overview of the major constituent-based billfish tagging programs and their results since 1954. Mar. Freshwater Res, 54:489-507.
- Prince, E., Lee, D., Wilson, C. & J. Dean. 1986. Longevity and age validation of tag-recaptured Atlantic sailfish, *Istiophorus platypterus* using dorsal spines and otoliths. Fish. Bull., 84: 493-502.
- Restrepo, V., E. Prince, G. Scott. & Y. Uozumi. 2003. ICCAT stock assessments of Atlantic billfish. Mar. Freshwater Res. 54: 361-367.
- SPSS, 1999. SigmaScanPro 5.0. User Guide's. SPSS Inc. Chicago, IL 281pp.
- Welch, D & R. Foucher. 1988. A maximum likelihood methodology for estimating length at maturity with application to Pacific Cod (*Gadus macrocephalus*) population dynamics. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 45: 333-343.
- West, G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 41: 199-222.

Tabla 1. Estadística descriptiva de tallas LMIH (cm) del pez vela (*I. albicans*) en el mar Caribe suroriental y aguas adyacentes del océano Atlántico.

Año	Trimestre	LMIH (cm) Hembras				LMIH (cm) Machos				No. total
		n	rango	media $\pm$ ds	moda	n	rango	media $\pm$ ds	moda	
2009	1	2	173-174	173,5 $\pm$ 0,7	-	3	168-173	170,7 $\pm$ 2,5	-	5
	2	22	170-186	178,6 $\pm$ 4,1	176	22	150-182	166,4 $\pm$ 9,8	168	44
	3	12	164-184	176,0 $\pm$ 7,2	182	50	154-184	174,5 $\pm$ 6,7	174	62
	4	22	110-182	163,9 $\pm$ 18,1	173	57	127-186	163,9 $\pm$ 11,6	160	79
2010	1	35	130-186	170,9 $\pm$ 10,1	168	26	156-180	168,8 $\pm$ 6,9	162	61
	2	48	153-192	174,4 $\pm$ 8,7	176	20	151-187	167,2 $\pm$ 8,4	168	68
	3	80	149-196	171,4 $\pm$ 9,9	166	95	150-190	166,5 $\pm$ 7,9	166	175
	4	26	135-187	169,6 $\pm$ 11,7	172	96	122-182	166,4 $\pm$ 7,7	169	122
2011	1	30	132-195	171,0 $\pm$ 12,3	161	6	157-173	166,5 $\pm$ 5,4	166	36
	2	34	151-186	167,7 $\pm$ 8,7	161	0	-	-	-	34
	3	39	136-183	167,6 $\pm$ 9,5	175	2	157-169	163,0 $\pm$ 8,5	-	41
	4	2	159-171	165,0 $\pm$ 8,5	-	0	-	-	-	2

Tabla 2. Resumen estadístico del χ^2 de la variación mensual de la proporción sexual de *I. albicans*, colectados en el mar Caribe suroriental y aguas adyacentes del océano Atlántico.

	trimestre	Hembras	Machos	Total	Chi2	H:M	Significancia
2009	1	2	3	5	0,4000	0,67:1	ns
	2	22	22	44	0,0227	1:1	ns
	3	12	50	62	23,3065	0,24:1	*
	4	22	57	79	15,5190	0,39:1	*
2010	1	35	26	61	1,3443	1,35:1	ns
	2	48	20	68	11,5441	2,40:1	*
	3	80	95	175	1,2914	0,84:1	ns
	4	26	96	122	40,1721	0,27:1	*
2011	1	30	6	36	16,0278	5:1	*
	2	34	0	34	34,0294	2:1	*
	3	39	2	41	33,4146	19,5:1	*
	4	2	0	2	2,5000	2:1	ns

Tabla 3. Clasificación de la madurez sexual de *Istioprurus albicans* en el mar Caribe suroriental y aguas adyacentes del océano Atlántico, basada en características macro y microscópicas.

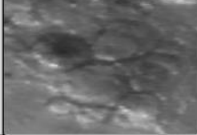
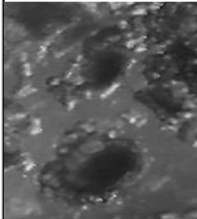
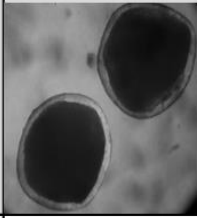
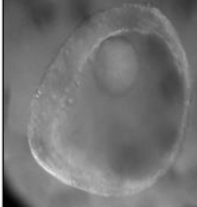
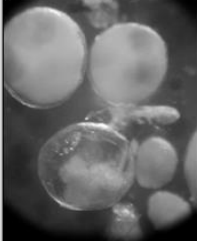
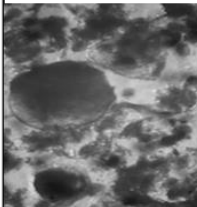
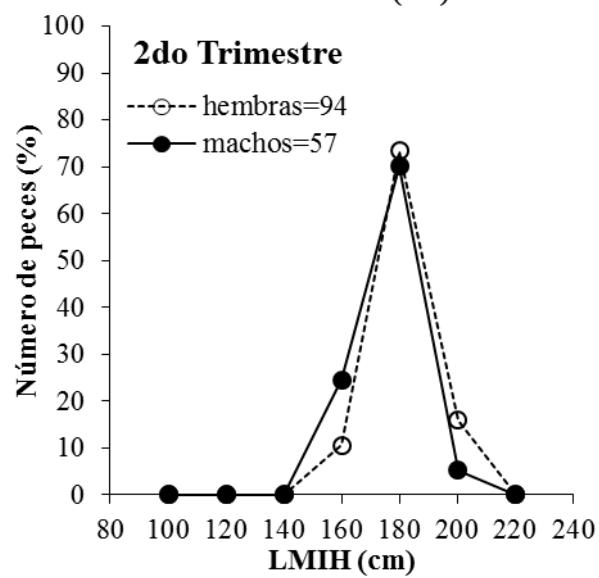
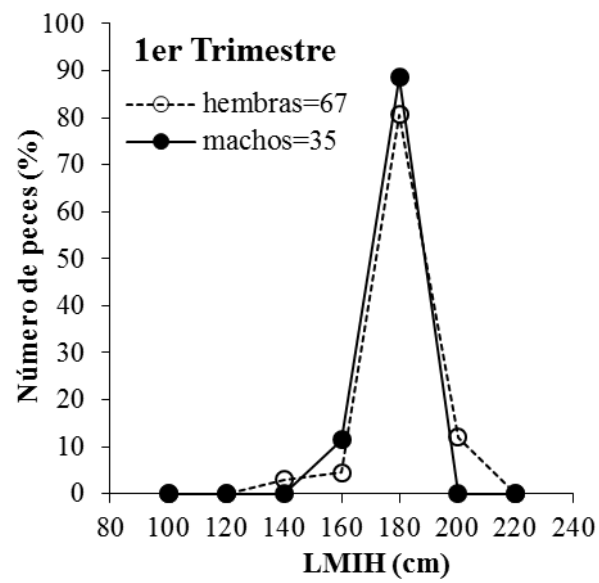
Etapa	Clasificación de madurez	Descripción	Índice Gonádico
I	Inmaduro/ Reposo	 Los ovarios contienen una densa masa de oocitos perinucleolares, estando su talla máxima en 275,38 μm de diámetro (n=34).	0,37 $\pm$ 0,22 (n=34)
	Madurando		
II	Madurando	 Se observan oocitos sin vitelo/perinucleolar, la mayoría de los ovocitos son Previtelogenicos tempranos, esféricos y translúcido con gotitas de lípidos localizados alrededor de la periferia exterior del ovocito, su medida máxima fue 896,27 μm de diámetro (n=16)	0,57 $\pm$ 0,19 (n=11)
	Maduras		
III	Maduras	 El grupo más avanzado de los ovocitos en los ovarios son los vitelogénicos, llegando a medir hasta 1107,72 μm de diámetro (53). También estuvieron presentes los previtelogenicos y en menor número los perinucleolares. El conjunto de los más avanzados se caracterizan por presentan un denso vitelo y numerosas gotas lipídicas.	2,31 $\pm$ 1,20 (n=52)
	En desove		
IV	En desove	 El grupo más numeroso de los oocitos presente son los oocitos hidratados, estos aparecieron irregular o colapsado y llegaron a medir 1673,75 μm de diámetro (n = 17). Son de color translúcido con numerosas inclusiones lipídicas. En esta fase también aparecieron numerosos oocitos vitelogenicos en estado avanzado.	2,71 $\pm$ 1,30 (n=17)
	Desovadas		
V	Desovadas	 Presenta oocitos hidratados residuales, también se observan ovocitos vitelogénicos y un mayor número de ovocitos previtelogénicos (n = 2). Aparecen sueltos en el lumen del ovario oocitos enteros hidratados, en esta fase se observaron tallas entre 316,35 y 1185,78 μm de diámetro, con promedio de 646,89 $\pm$ 202,63 μm de diámetro.	1,06 $\pm$ 0,86 (n=2)
	Recuperación		
VI	Recuperación	 Predominio de los oocitos perinucleolares, presencia de algunos oocitos vitelogeneticos, en esta fase se observaron tallas entre 9,13 y 949,39 μm de diámetro, con promedio de 251,55 $\pm$ 235,67 μm de diámetro (n=17).	0,91 $\pm$ 0,71 (n=15)

Tabla 4. Información sobre la captura de las hembras en desove de pez vela pescados en el mar Caribe suroriental y aguas adyacentes del océano Atlántico.

<i>Ejemplar</i>	<i>Fecha</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>	<i>LMIH (cm)</i>	<i>IGS</i>
10SAI112	17 marzo 2010	10°55'	66°07'	178	5,32
10SAI053	18 abril 2010	10°55'	66°07'	175	4,01
11SAI027	07 mayo 2011	10°55'	66°07'	170	3,46
11SAI035	08 mayo 2011	10°55'	66°07'	168	5,38
11SAI039	08 mayo 2011	10°55'	66°07'	163	2,66
11SAI062	05 junio 2011	10°55'	66°07'	161	1,68
09SAI009	06 junio 2009	09°29'	53°12'	183	4,08
11SAI081	06 junio 2011	11°04'	57°29'	173	1,25
10SAI148	20 junio 2010	10°55'	66°07'	170	2,24
11SAI079	29 julio 2011	09°49'	56°11'	174	1,99
11SAI080	29 julio 2011	09°48'	56°09'	158	2,74
10SAI214	17 agosto 2010	10°55'	66°07'	178	1,19
10SAI201	16 agosto 2010	10°55'	66°07'	166	1,09
11SAI096	16 agosto 2011	07°26'	50°31'	174	1,70
10SAI215	18 agosto 2010	10°55'	66°07'	171	3,44
10SAI222	18 agosto 2010	10°55'	66°07'	149	2,27
10SAI225	18 agosto 2010	10°55'	66°07'	176	3,15
10SAI333	19 agosto 2010	10°31'	56°34'	171	1,44
10SAI247	10 septiembre 2010	10°55'	66°07'	174	2,96
10SAI268	11 septiembre 2010	10°55'	66°07'	178	2,87
09SAI163	21 octubre 2009	10°55'	66°07'	178	3,19

Tabla 5. Valores de fecundidad por tanda (Ft), fecundidad potencial anual aproximada (FPa) y fecundidad relativa (Fr) del pez vela (*Istiophorus albicans*) en el mar Caribe suroriental y aguas adyacentes del océano Atlántico durante el periodo 2009-2011.

<i>Código</i>	<i>LMIH (cm)</i>	<i>Peso total (g)</i>	<i>Oocitos hidratados (promedio)</i>	<i>Peso gonadal (g)</i>	<i>Ft</i>	<i>FPa</i>	<i>Fr (oocitos.g⁻¹)</i>
11SAI039	165	19,43	1 072	1 150	1,2328 x 10 ⁶	2,897 x 10 ⁸	63, 45
11SAI036	174	24,05	1 080	1 750	1,89 x 10 ⁶	4,441 x 10 ⁸	78, 59
10SAI148	170	20,10	898	1 100	0,9878 x 10 ⁶	2,321 x 10 ⁸	49, 14
10SAI112	178	21,03	1 110	3 000	3,330 x 10 ⁶	7,825 x 10 ⁸	158, 35
Promedio					1,8601 x 10 ⁶	4,371 x 10 ⁸	87, 38



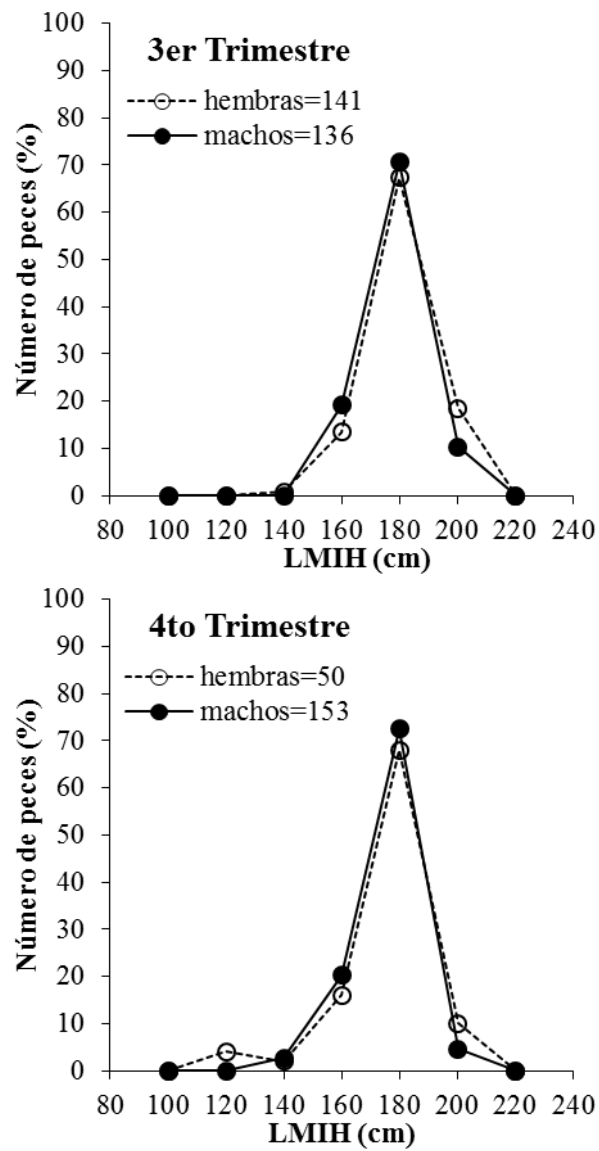


Figura 1. Distribución de tallas (LMIH) del pez vela colectados en el mar Caribe suroriental y aguas adyacentes del océano Atlántico.

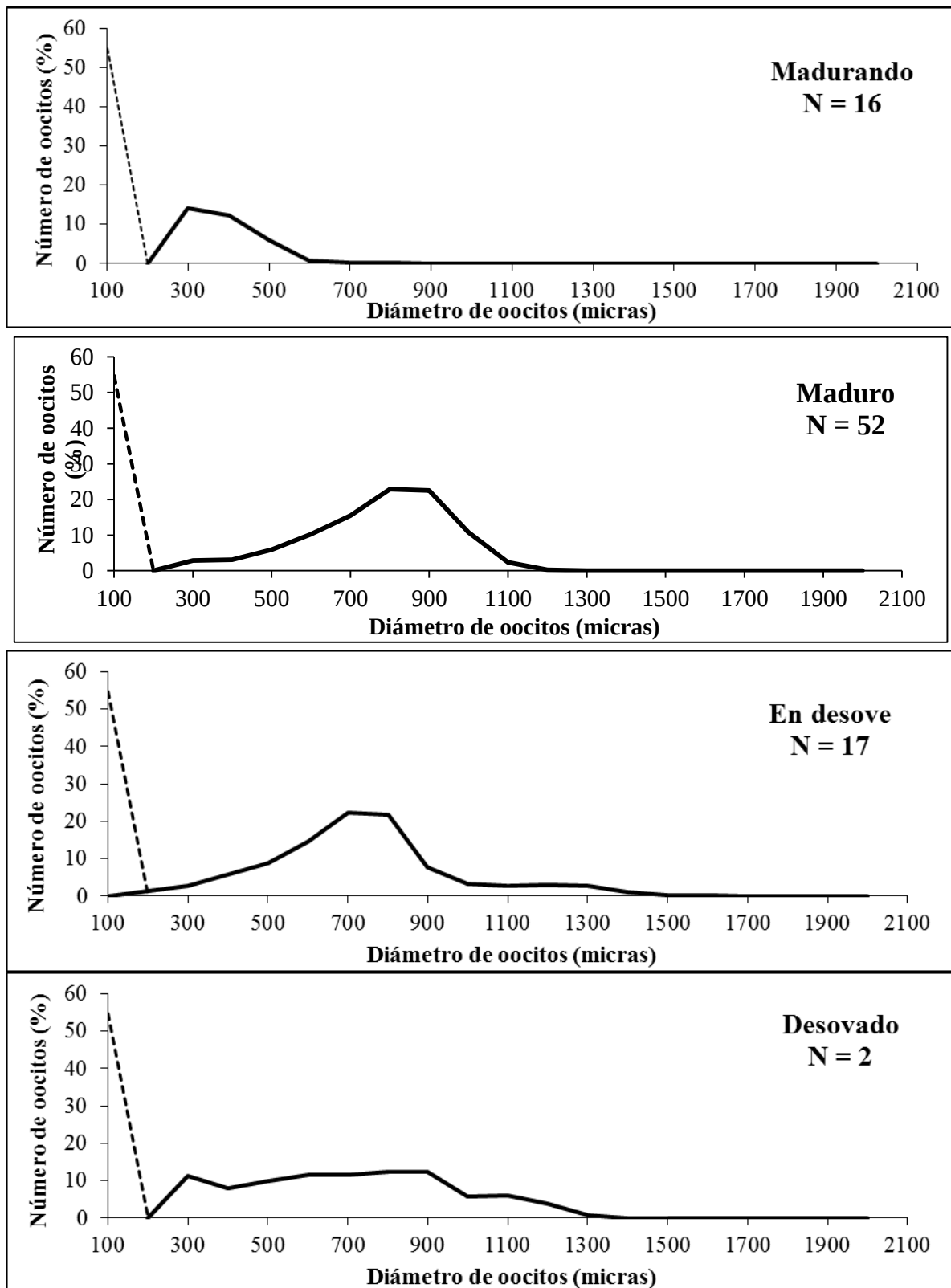


Figura 2. Diámetro de los oocitos maduros de ejemplares de pez vela (*I. albicans*) del mar Caribe suroriental y aguas adyacentes del océano Atlántico.

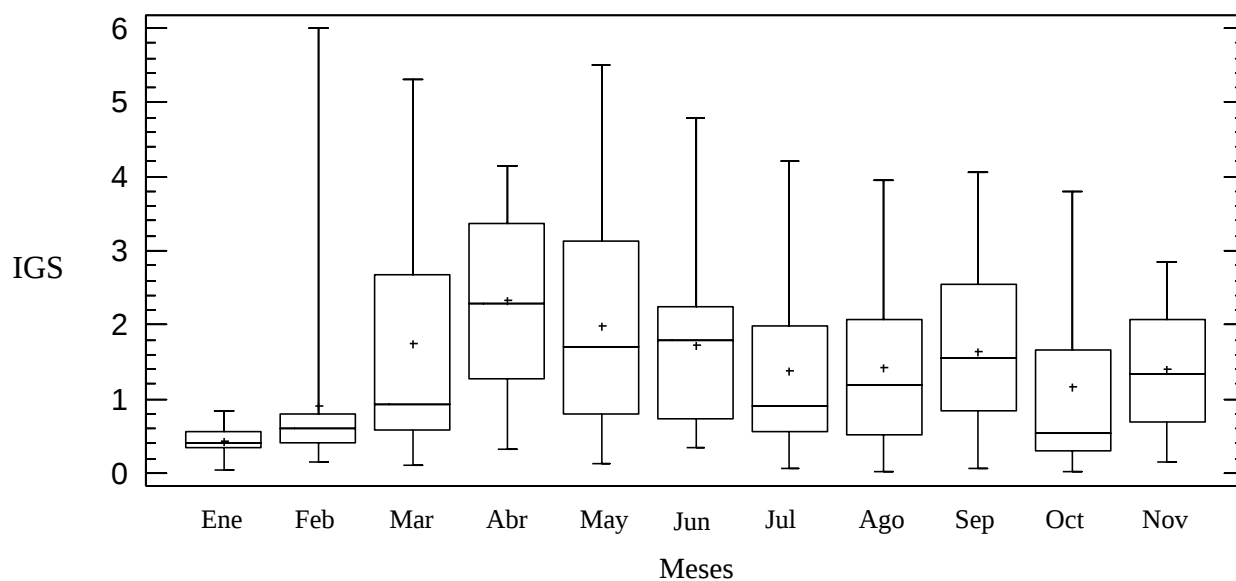


Figura 3. Variación mensual del índice gonadosomático para el pez vela (*I. albicans*) del mar Caribe suroriental y aguas adyacentes del océano Atlántico.

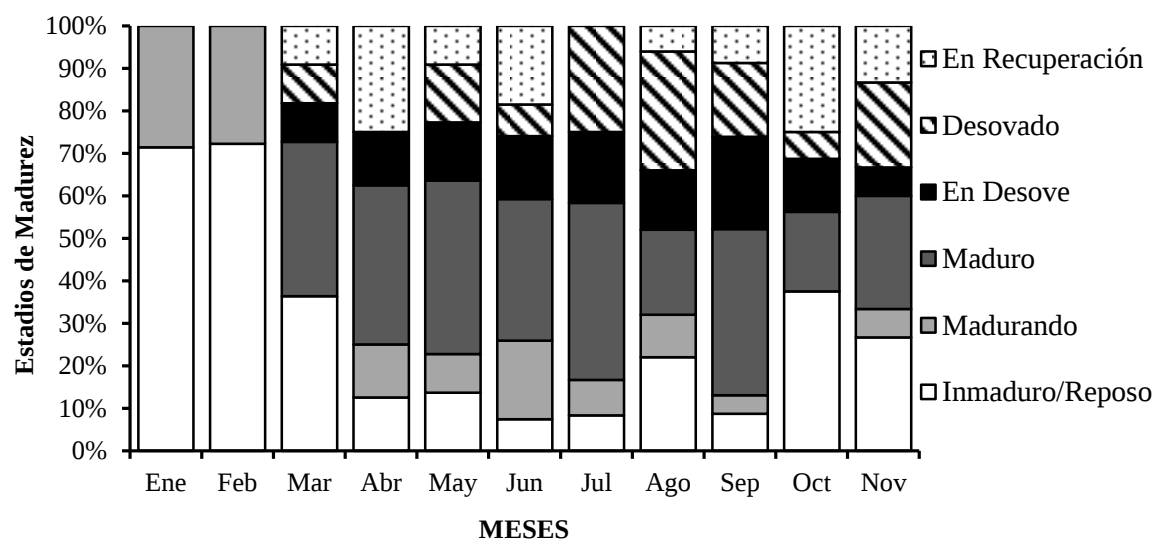


Figura 4. Variación mensual de los estadios de madurez sexual en hembras de *I. albicans*, del mar Caribe suroriental y aguas adyacentes del océano Atlántico.

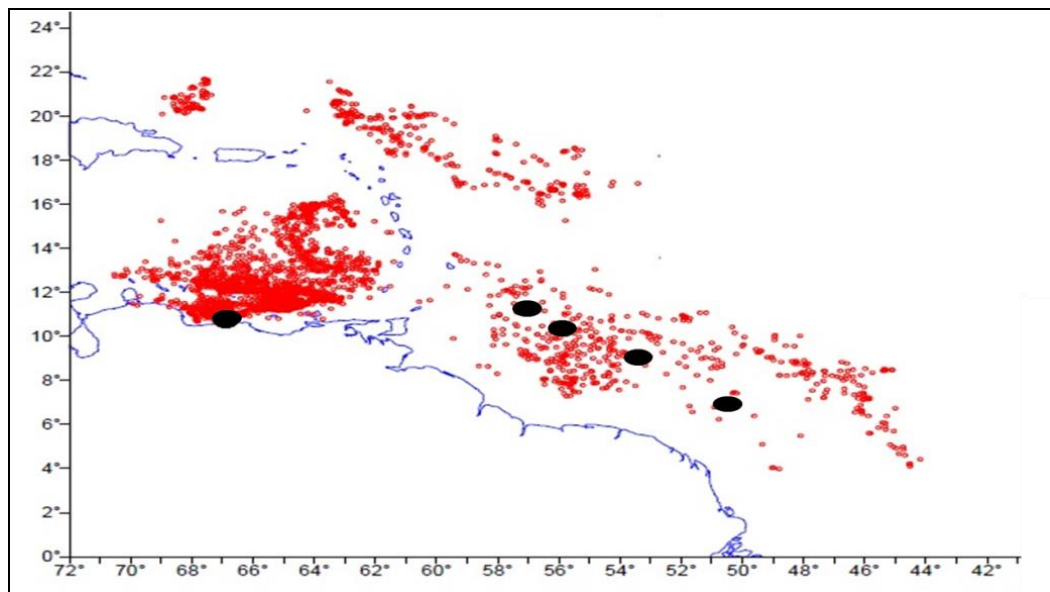


Figura 5. Áreas potenciales de desove (ovalo) de los ejemplares de pez vela (*I. albicans*) del mar Caribe suroriental y aguas adyacentes del océano Atlántico. En rojo se muestran las zonas donde opera la flota palangrera venezolana.

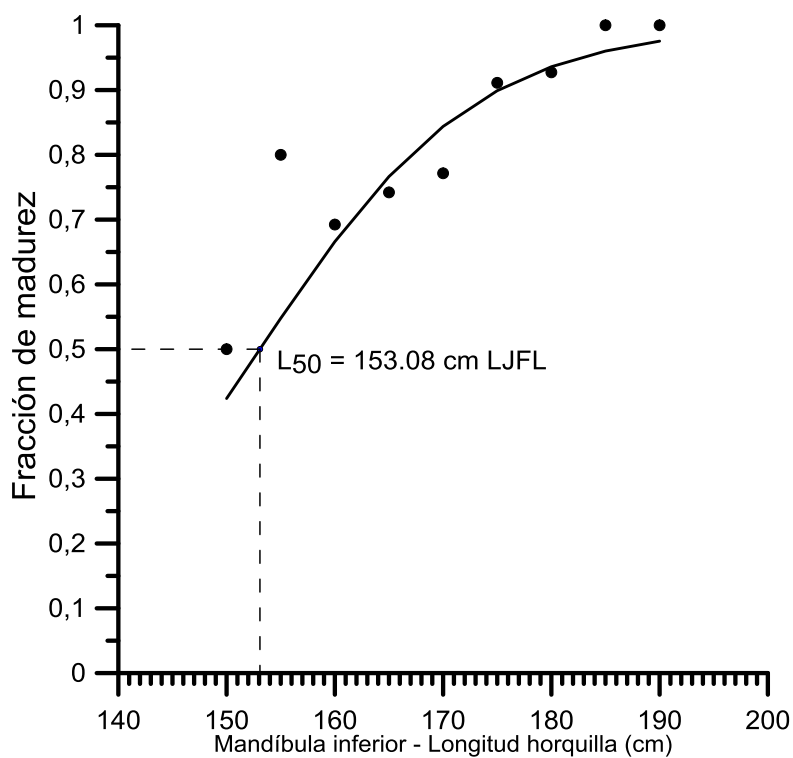


Figura 6. Cronograma de madurez sexual de las hembras de pez vela (*I. albicans*) capturadas durante la temporada de desove en el periodo 2009-2011, en el mar Caribe suroriental y aguas adyacentes del océano Atlántico.