

REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

Revista Ciencias del Mar, UAS

Octubre -Diciembre 2023 Núm. 1 Vol.1



U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



ISSN (En Trámite)



Artículo Científico

Análisis espacio temporal de la madurez sexual del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Océano Pacífico oriental tropical.

Spatiotemporal analysis of sexual maturity of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the tropical eastern Pacific Ocean



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el origina



1. José Cristóbal Román Reyes



0000-0002-2367-7183

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen s/n
C.P. 82040, Mazatlán, Sinaloa.

Autor de correspondencia: jocrore@uas.edu.mx



2. Ramón Enrique Morán Angulo

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen s/n
C.P. 82040, Mazatlán, Sinaloa.



3. Sofía Santos Guzmán

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen s/n
C.P. 82040, Mazatlán, Sinaloa.



4. José Roberto Román Pérez

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Paseo Claussen s/n
C.P. 82040, Mazatlán, Sinaloa.



Análisis espacio temporal de la madurez sexual del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Océano Pacífico oriental tropical.

Spatiotemporal analysis of sexual maturity of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the tropical eastern Pacific Ocean

► RESUMEN

Se presenta el análisis descriptivo de la variación espacio-temporal del índice de madurez (IG) de *Thunnus albacares* capturado por la flota atunera mexicana de cerco, durante 1988-1989. Se determinan las zonas y épocas reproductivas de la especie dentro de la zona económica exclusiva de México (ZEEM) y fuera de ella (FZEE). En el área de estudio el atún aleta amarilla parece iniciar la madurez a los 65 cm de longitud furcal. Se detectaron los valores de máxima madurez en un período que va de febrero hasta noviembre, dentro de este lapso, la mayor actividad reproductiva se registró en febrero, mayo, agosto y octubre, siendo más intensa durante agosto y octubre, probablemente porque en estos meses se encontró a la mayoría de los especímenes de tallas mayores de los 100 cm. Las áreas de reproducción más importantes dentro de la ZEEM se localizaron en las zonas 1 (25°- 30°N y 115°- 120°W), 4 (20°- 25°N y 105°- 110°W), 8 (10°- 15°N y 95°- 100°W) y FZEE (03°- 06°N y 115°-125°W).

Palabras claves: Índice de madurez, reproducción, atún, *Thunnus albacares*.

► ABSTRACT

A descriptive analysis of the time-space variation of the maturity index (IG) for *Thunnus albacares* caught by the Mexican purse seine fleet, inside and out of the Mexican economic exclusive zone (ZEEM), during 1988-1989, shows that yellowfin tuna begins maturation as it reaches 65 cm of fork length. The values of maximum maturity were detected from February to November, with greater reproductive activity in February, May, August and October, being much more intense during August and October, probably because in these months the majority of specimens larger than the 100 cm fork length. The most important reproductive zones inside the ZEEM were located at 1 (25°- 30°N y 115°- 120°W), 4 (20°- 25°N y 105°-110°W), 8 (10°- 15°N y 95°- 100°W) and outside ZEEM in 03°- 06°N y 115°- 125°W.

Keywords: Maturity index, reproduction, tuna, *Thunnus albacares*.

► INTRODUCCIÓN

La especie *Thunnus albacares*, comúnmente llamada atún aleta amarilla, es el pilar de la pesquería de túnidos en nuestro país, como lo evidencian las capturas mayores a 100,000 toneladas obtenidas en los últimos años (Anónimo, 1986, 1987, 1988, 1989).

Las capturas reportadas y la capacidad de acarreo de la flota atunera mexicana, desde 1975 a 1988, han aumentado considerablemente. De 1976 a 1984 la flota atunera ocupó el segundo lugar en capacidad de acarreo en el Pacífico oriental, el cual aumentó de un 10% a un 35% del total de la flota atunera internacional. A partir de 1985, México ocupa el primer lugar en capacidad de acarreo. En 1984-1985 ocupó el segundo lugar como productor de atún aleta amarilla en América (Anónimo, 1985).

El conocimiento de la estructura de la población es de importancia fundamental para la administración adecuada de la pesquería; la evaluación cuantitativa de la intensidad pesquera y las pautas de variabilidad geográfica de las capturas, así como las características biológicas de la especie, permiten una mayor comprensión de la estructura y dinámica de la población.



Cole (1980) reporta que el atún aleta amarilla puede reproducirse durante todo el año en el océano Pacífico. Joseph (1963) considera que es una especie que presenta desoves sucesivos dentro del mismo período de reproducción y la fecundidad puede disminuir conforme se presentan los desoves parciales. Estos pueden suceder a diario, con una periodicidad de 1.27 días y entre las 20:00 y 24:00 horas (Anónimo, 1987).

González-Ramírez (1988), con base en los estudios de madurez y el uso del índice de madurez gonadal, determinó que, dentro de la zona económica exclusiva de México, el atún aleta amarilla puede reproducirse durante los meses de marzo a noviembre, presentando en abril, mayo, octubre y noviembre la mayor actividad reproductiva, que se asocia con temperaturas superficiales del mar de 24°C. Dicho autor detectó al sur de México, las Islas Revillagigedo y la boca del golfo de California como zonas de reproducción de esta especie, siendo el sur de México la más importante durante octubre y noviembre, por grandes concentraciones de atún aleta amarilla mayores de 100 cm de longitud furcal. La estructura por talla varía según el área de pesca en el Pacífico oriental mexicano. Las capturas en las costas de Baja California y en el interior de la boca del golfo de California muestran un amplio intervalo de tallas, que van de los 45 a 135 cm. En las Islas Revillagigedo se encuentran tallas medianas de 55 a 100 cm y en el sur de México predominan las tallas mayores a 90 cm (González-Ramírez & Quiñones-Velázquez, 1986).

El presente estudio aporta información biológica del atún aleta amarilla que se localiza y se captura en aguas mexicanas, utilizando como arte de pesca la red de cerco, con el fin de definir zonas, épocas y talla de primera madurez gonadal.

► MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras obtenidas para el presente trabajo provienen de ejemplares capturados por la flota atunera mexicana de cerco durante 1988-1989, en el área comprendida entre los 3° y 28° de latitud Norte y entre los 97° y 125° longitud Oeste, dentro de la cual se ubica la zona económica exclusiva de México (ZEEM) (Figura 1).

Para facilitar el análisis y la ubicación geográfica de los muestreos, la ZEEM fue dividida en estratos geográficos, definidos por el proyecto atún del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas de la Paz, Baja California. Este sistema divide la ZEEM en 8 áreas geográficas, con base en su fisiografía (area cuadriculada en figura 1). Se utilizan áreas de 5x5 grados de latitud y longitud en los cuales se ubican los muestreos biológicos en espacio y tiempo, mediante la ayuda de bitácoras elaboradas a bordo de las embarcaciones cerqueras al momento de las capturas.

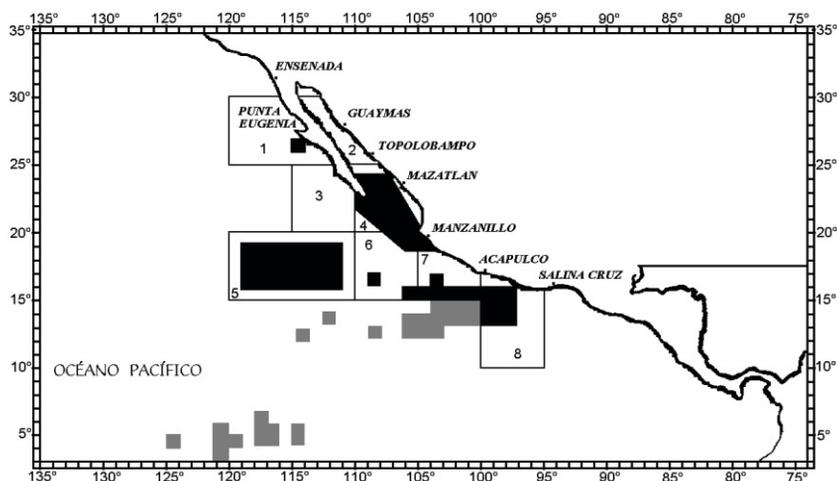


Figura 1.- Origen de las muestras y estratos geográficos definidos para la zona económica exclusiva de México. Áreas sombreadas de color oscuro indican muestras de la ZEEM y de color gris las que tuvieron origen FZEEM.



Se determinó arbitrariamente un tamaño de muestra de 10 a 25 organismos, por bodega, para el muestreo biológico aleatorio. De acuerdo con Helfman *et al.* (1997), enfocamos especial atención a las hembras debido su importancia maternal en la producción de descendencia. Se tomó la longitud furcal de cada ejemplar con un ictiómetro tipo Vernier de 200 cm de longitud, con precisión de 0.5 cm y posteriormente se procedió al eviscerado, para la extracción de gónadas, sexado y determinación de los estadios de madurez macroscópica de Orange (1961), así como el índice gonádico utilizado por Orange (1961) para el atún aleta amarilla y propuesto por Schaefer & Orange (1956):

$$IG = \frac{W \cdot 10^8}{Lf^3}$$

Donde: IG = Índice de madurez; W = peso de las dos gónadas en g; Lf^3 = longitud furcal al cubo (mm) y 10^8 = ajuste matemático.

▶ RESULTADOS

Tomando en cuenta la relación que se establece entre los estadios de madurez macroscópica observada, la longitud furcal media de los individuos por cada estadio y el promedio de los índices gonádicos obtenidos (Figura 2), se determinó el valor de 25.4 del índice, para garantizar que una hembra se encuentra sexualmente madura y próxima a desovar.

Es importante señalar que el estadio de madurez III (próximo a madurar) registra un valor del índice más elevado (27.5) que el estadio IV (25.4), que corresponde a maduros. Lo anterior es debido quizá a los errores de apreciación, al asignar los estadios de madurez macroscópica propuesta por Orange (1961).

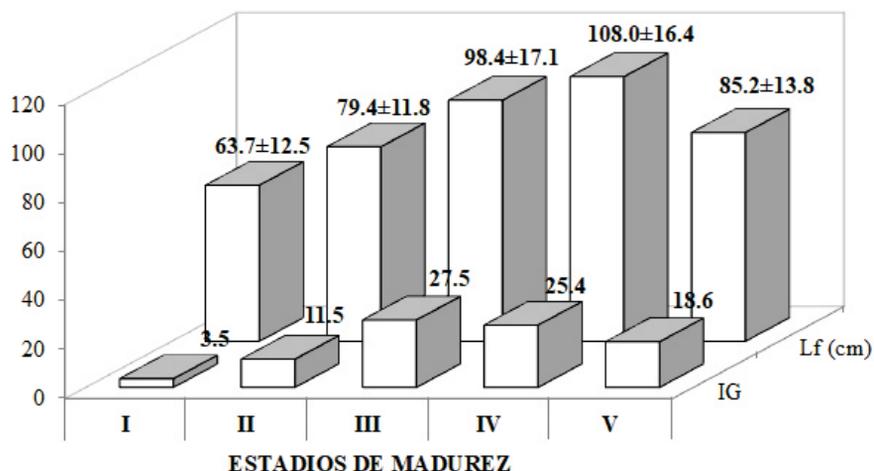


Figura 2.- Relación de los estadios de madurez macroscópica con el índice de gónadas promedio y la longitud furcal (promedio±desviación estándar) del atún aleta amarilla, obtenidos en el período de estudio.

Para relacionar la longitud furcal con el índice de madurez, se elaboró un diagrama de dispersión con las 214 hembras muestreadas en el período de estudio; solo las longitudes mayores a 65 cm presentan un índice de gonadas igual o mayor al valor de 25.4 (máximo = 86.1), por lo que se considera como la talla mínima para iniciar la madurez (Figura 3).

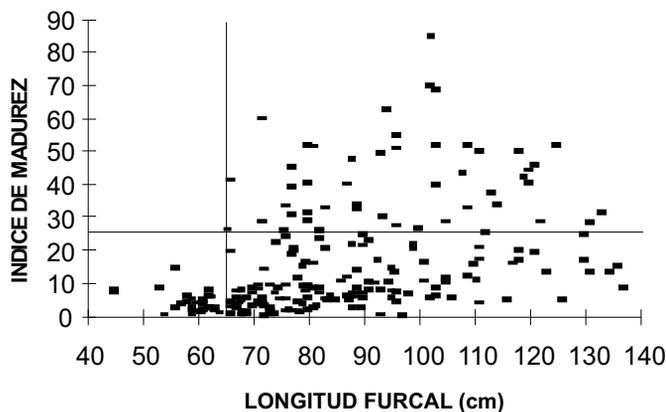


Figura 3.- Diagrama de dispersión de tallas en relación al índice de madurez de hembras.

El promedio mensual del índice de madurez de hembras mayores a 65 cm (Figura 4), muestra que durante febrero, marzo y abril, el índice se encuentra por debajo del valor de 25.4, observando la posibilidad de maduración o proximidad a la madurez en febrero, con un índice gonádico de 20.1. Posteriormente, el índice se incrementa en mayo hasta un valor de 31.7 e inicia el descenso en junio hasta un mínimo en julio, registrando también valores por debajo de 25.4. Posteriormente, el índice gonádico se incrementa al segundo máximo en agosto (54.3) y octubre (56.5), para de nuevo tomar valores mínimos durante noviembre (17.1) y diciembre (8.1).

Esta variación anual del índice de madurez indica claramente que durante el año se detectan dos temporadas con valores altos: una posiblemente en febrero y mayo y otra durante agosto y octubre, lo que permite suponer que durante estos períodos se alcanza la máxima madurez para el desove. Aparentemente durante febrero y mayo la intensidad del proceso reproductivo es menor que en el segundo período.

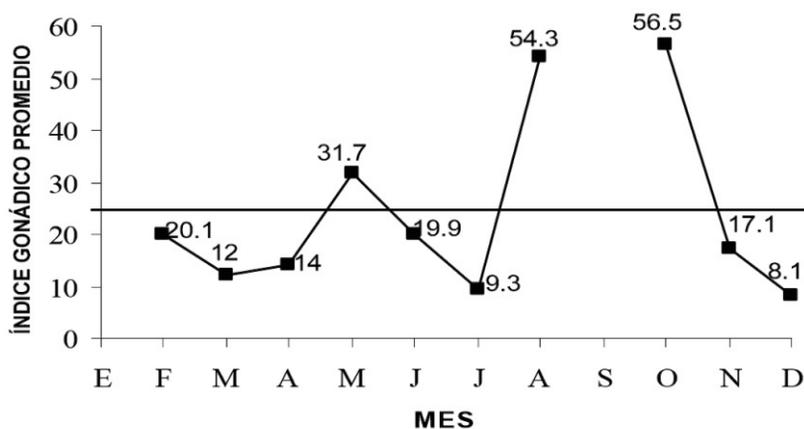


Figura 4.- Promedio mensual del índice de madurez para hembras mayores a 65 cm de longitud furcal.



El comportamiento de los valores del índice de madurez en cada área describen diferencias para cada zona o estrato en la que se dividió la ZEEM, incluyendo muestras de fuera de ella (FZEEM) (Tabla I). Se tomaron los datos correspondientes a organismos con tallas mayores a 65 cm (inicio de madurez sexual), que provienen de las zonas 1, 4, 5, 6, 7, 8 y FZEEM. De la zona 1 sólo se logró la aportación de información de agosto, con un índice de madurez de 54.3. En la zona 4 se obtuvieron datos de febrero a mayo y de noviembre a diciembre, en los cuales se observa que el valor más alto se presenta en mayo (37.3), bajando de intensidad en noviembre (19.5) y diciembre (8.1). En la zona 5 la información proviene de junio y julio, con valores de índice de 21.6 y 9.5, respectivamente.

Tabla I.- Índice de madurez promedio mensual por zonas, para hembras mayores a 65 cm de longitud furcal.

Mes	Z O N A S						FZEE
	1	4	5	6	7	8	
Enero							
Febrero		4.7				44	31.7
Marzo		7.2		4.2	15.3	11.6	12.9
Abril		2.6				10.9	17.5
Mayo		37.3		23.2			
Junio			22	16.2			22.1
Julio			9.5	8.5			
Agosto	54.3						
Septiembre							
Octubre							56.5
Noviembre		19.5		13.7			19.8
Diciembre		8.1					

En la zona 6 se presenta un valor máximo en mayo (23.2), disminuyendo al mínimo en julio (8.5); aumentando moderadamente en noviembre (13.7). De la zona 7 sólo se tiene información de marzo, con un índice de 15.3. La información recabada para la zona 8 corresponde de febrero a abril, con un índice de 44.0 para febrero, disminuyendo en marzo (11.6) y abril (10.9).



El análisis de los individuos que provienen de FZEEM, muestra un índice gonádico superior en febrero de 31.7, disminuye en marzo (12.9) y se incrementa en abril (17.5) y junio (22.1). En octubre se registra un índice con valor de 56.5. En noviembre se detectó un índice de madurez con valor de 19.8.

Los datos de madurez por zona indican que en febrero se registra madurez FZEEM y en la zona 8, en mayo hay maduración en el estrato 4 y probablemente en la zona 6, ya que durante este mes se encuentran organismos próximos a madurar con un índice de 23.2. Se observa también que en junio se presentan individuos próximos a madurar o probablemente en proceso de maduración en el estrato 5, ya que se obtuvo un índice de 21.6. Lo anterior muestra áreas y tiempos de reproducción y el primer período de desove que parecen suceder de febrero a mayo.

El segundo período de reproducción o desove que ocurre durante el año, se registra en la zona 1 durante agosto con un índice gonádico de 54.3 y FZEEM en octubre, con un índice gonádico de 56.5 y 19.8 en noviembre. La zona 4 registra un índice gonádico de 19.5, en noviembre, y la zona 6 no muestra valores importantes.

► DISCUSIÓN

Los resultados parecen coincidir con los reportes de Orange (1961), Joseph (1963), Cole (1980) y González-Ramírez (1988), con respecto a la posible presencia de reproducción durante todo el año en el Océano Pacífico oriental tropical, con desoves sucesivos dentro de los mismos períodos de reproducción y las áreas más importantes, con organismos maduros dentro de la zona económica exclusiva de México, principalmente en aguas con temperaturas entre 26 °C y 30 °C (Schaefer, 1998).



Todos los organismos menores de 65 cm presentaron índices gonádicos inferiores a 15, menor al valor de 20 utilizado por Knudsen (1977), para indicar proximidad a la madurez sexual o un estado maduro (un valor de 30 indicaría desove inminente); mientras que, según Joseph (1963) y Schaefer & Orange (1956), el valor que indica madurez segura es un índice de 40. En este estudio, el intervalo del IG reportado fue muy amplio (0.9-86.1), próxima al reportado por Orange (1961) (1.0-67.2). Se determinó un índice gonádico mínimo de 25.4 para un organismo sexualmente maduro, próximo a desovar, y la talla de 65 cm como la mínima longitud furcal para iniciar la madurez sexual, una talla muy similar a las reportadas por Yuen y June (1957) (70 cm), Hennemuth (1961) (60 cm) y de entre 70 y 80 cm reportada por Orange (1961). De acuerdo con los resultados de este estudio y los reportes en la literatura, el atún aleta amarilla con longitud furcal de entre 65 y 132 cm estaría desovando en un amplia extensión del Océano Pacífico oriental tropical, incluyendo la ZEEM, con desoves más intensos alrededor de los 100 cm de longitud furcal.

► AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se llevó a cabo con el apoyo de la Secretaría de Educación Pública (DGICSA) y la Universidad Autónoma de Sinaloa, a través de la Coordinación General de Investigación y Posgrado. Los responsables de la planta procesadora de atún Pescados Industrializados, S. A., colaboraron en todo momento durante el desarrollo de la investigación. Nuestro agradecimiento a todos aquellos que revisaron el manuscrito por sus atinadas sugerencias.

► LITERATURA CITADA

Anónimo, 1985. Comisión Interamericana de Atún Tropical. Reporte anual para 1984.

Anónimo, 1986. Comisión Interamericana de Atún Tropical. Reporte anual para 1985.

Anónimo, 1987. Comisión Interamericana de Atún Tropical. Reporte anual para 1986.

Anónimo, 1988. Comisión Interamericana de Atún Tropical. Reporte anual para 1987.

Anónimo, 1989. Comisión Interamericana de Atún Tropical. Reporte anual para 1988.



Cole, J. S. (1980). Synopsis of biological data on the yellowfin tuna *Thunnus albacares*, from the Pacific ocean. En: W. H. Bayliff (ed). *Synopsis of biological data on eight species of scombrids. Inter-American Tropical Tuna Commission; Special report, 2*: 71-150.

González-Ramírez, P. G., & Quiñonez-Velázquez, C. (1986). Composición por tallas de la captura del atún aleta amarilla, *Thunnus albacares* en el Pacífico oriental mexicano. En: Memoria del primer taller del comité técnico consultivo del atún y picudos del Pacífico. Ensenada, B. C., *CRIP, 2*: 25-35.

González-Ramírez, P. G. (1988). Zonas de reproducción del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* en el Pacífico Mexicano. Tesis de Maestría. CICIMAR.

Helfman, G. S., Collette B. B. & Facey D. E. 1997. The diversity of fishes. Massachusetts, USA: Blackwell Science, 529 p.

Hennemuth, R. C. (1961). Size and year class composition of catch, age and growth of yellowfin tuna in the eastern tropical Pacific Ocean, for the years 1954-1958. *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission 5*(1): 1-112.

Joseph, J. (1963). Fecundidad del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* y del barrilete *Katsuwonus pelamis* en el océano Pacífico oriental. *CIAT. La Jolla, California, EEUU, 7*(4): 247-292.

Knudsen, P. F. (1977). Desove del atún aleta amarilla y discriminación de las subpoblaciones. *CIAT. La Jolla, California, EEUU, 17*(2): 117-119.

Orange, C. J. (1961). Desoves del atún aleta amarilla y barrilete en el océano Pacífico oriental, según el estudio del desarrollo de la gónada. *CIAT. La Jolla, California, EEUU, 5*(6): 459-526.

Schaefer, M. & Orange, C. G. (1956). Estudio mediante el examen de gónadas, del desarrollo sexual y desove del atún aleta amarilla y barrilete en tres regiones del Pacífico oriental. *CIAT. La Jolla, California, EEUU, 1*(6): 281-349.

Schaefer, K. M. (1998). Reproductive biology of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the

eastern Pacific Ocean. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin 21*: 205-272.

Yuen, H. S. H. & June F. C. (1957). Yellowfin tuna spawning in the Central Equatorial Pacific. *U. S. Fish and Wildlife Service. Fishery Bulletin 112*(57): 251-264.