

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS



**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE LA BARRACUDA MEXICANA *Sphyraena
ensis* (JORDAN & GILBERT, 1882) (PERCIFORMES: SPHYRAENIDAE) EN LA
COSTA DE SAN BLAS, NAYARIT, MÉXICO**



JOSUÉ ISRAEL SÁNCHEZ VENEGAS

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del grado de Maestría
en Ciencias en el Área de Ciencias Pesqueras

XALISCO, NAYARIT, FEBRERO DE 2020

La ciencia no es perfecta, con frecuencia se utiliza mal, no es más que una herramienta, pero es la mejor herramienta que tenemos: se corrige a sí misma, está siempre evolucionando y se puede aplicar a todo. Con esta herramienta conquistamos lo imposible.

Carl Sagan

A

Mis Padres y Hermanos

Alizee Shalom Valerio Sánchez

Y

Jared Emmanuel Sánchez González

AGRADECIMIENTOS

Al Gran Arquitecto del Universo por haberme dado la sabiduría, conocimiento y paciencia para realizar el presente trabajo.

A mis padres por todo ese gran apoyo incondicional que a través de los años han aportado a mi vida y desarrollo profesional.

A mis hermanos que siempre han sido ejemplo a seguir y han estado en todo momento.

A todos mis amigos, aquellos que de alguna forma han sido parte de esta gran travesía.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por haber aportado el recurso económico para realizar el Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias en la Universidad Autónoma de Nayarit.

A Mi Alma Mater, la Universidad Autónoma de Nayarit y a la U.A. Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera por haber sido parte importante de mi formación académica.

Al Dr. Deivis Samuel Palacios Salgado, quien siempre estuvo en la mejor disposición para transmitir sus conocimientos y más que un Maestro, fue un Gran amigo.

Al Dr. Oscar Iram Zavala Leal, quien con su paciencia, creatividad y conocimientos ha dirigido el presente trabajo.

Al Dr. Juan Manuel Pacheco Vega por haber codirigido y vertido importantes conocimientos en esta investigación.

A los investigadores que integraron el comité tutorial por haber apoyado y guiado la presente Tesis; Dr. Javier Marcial Ruiz Velazco Arce, Dr. Deivis Samuel Palacios Salgado, Dra. Jasmín Granados Amores y Dr. Francisco Javier Valdez González.

ÍNDICE

	Página
GLOSARIO	i
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Especie de estudio.....	3
2.2. Características de la especie.....	3
2.3. Estrategias reproductivas	4
2.4. Fisiología reproductiva.....	5
2.5. Reproducción de las barracudas.....	9
3. JUSTIFICACIÓN	10
4. HIPÓTESIS	10
5. OBJETIVOS	11
5.1. Objetivo principal.....	11
5.2. Objetivos específicos.....	11
6. MATERIALES Y MÉTODOS	12
6.1. Área de estudio.....	12
6.2. Muestras.....	13
6.3. Proporción sexual.....	13
6.4. Índices morfofisiológicos.....	14
6.4.1. Índice gonadosomático.....	14
6.4.2. Índice hepatosomático.....	15
6.4.3. Factor de condición.....	15
6.5. Desarrollo gonádico y ciclo reproductivo.....	16
6.6. Variables ambientales.....	18
6.7. Talla de primera madurez.....	19
7. RESULTADOS	20
7.1. Proporción sexual.....	20
7.2. Desarrollo gonádico.....	21
7.2.1. Fases de desarrollo de los ovocitos.....	21
7.2.2. Desarrollo ovárico.....	24
7.2.3. Fases de desarrollo testicular.....	26
7.3. Ciclo reproductivo.....	28
7.4. Índices morfofisiológicos.....	31
7.5. Talla de primera madurez.....	35
7.6. Factores ambientales.....	37
7.6.1. Temperatura y fotoperiodo.....	37

7.7. Correlaciones.....	38
8. DISCUSIÓN.....	41
9. CONCLUSIONES.....	44
10.REFERENCIAS.....	45
11.ANEXO.....	52

GLOSARIO

Alvéolo cortical: Estructura citoplasmática sintetizada por el ovocito y compuesta principalmente por polisialoglicoproteínas de alto peso molecular. Estas estructuras liberan su contenido al momento de la fertilización, originando la reacción cortical y evitando la poliespermia (Tyler y Sumpter, 1996).

Células foliculares: Células que envuelven al gameto femenino formando el folículo; estas células proveen los elementos con que se nutre el gameto (Lender *et al.*, 1982).

Ciclo reproductivo: Frecuencia de aparición de las diferentes fases de desarrollo gonádico a través del año y que en general es cíclico (Arellano-Martínez, 1997).

Espermátides: Son células haploides derivadas del proceso de espermatogénesis posteriores a los espermatoцитos (Nagahama, 1983).

Espermatoцитo: Los espermatoцитos primarios son células diploides derivadas del proceso de espermatogénesis formadas por el aumento en tamaño de las espermatogonias. Los espermatoцитos secundarios son células haploides originadas tras la meiosis I; cada espermatoцитo secundario se diferencia en una espermátida (Curtis *et al.*, 2000).

Espermatogonia: Células germinales primordiales masculinas diploides, que se multiplican activamente por mitosis en la zona germinativa de los testículos (Lender *et al.*, 1982).

Estrategia reproductiva: Es un complejo de tácticas reproductivas determinadas por el genotipo, pero además es un patrón general de la reproducción (Wootton, 1984).

Factor de condición: Valor numérico utilizado para comparar las condiciones físicas de los organismos, con base a la talla y peso del mismo organismo (Rodríguez-Gutiérrez, 1992)

Fases de desarrollo gonádico: Se refiere a la división artificial del proceso de maduración de las gónadas, en hembras y machos (Sánchez-Cárdenas, 2007).

Fases de desarrollo ovárico: Se refiere a la división artificial del proceso de maduración de los ovarios (Sánchez-Cárdenas, 2007).

Fases de desarrollo testicular: Se refiere a la división artificial del proceso de maduración de los testículos (Sánchez-Cárdenas, 2007).

Folículo postovulatorio: Membranas externas que rodean al ovocito (teca y granulosa) que permanecen como residuo después de que el ovocito ha sido liberado (Houillon, 1978).

Gametogénesis: Proceso mediante el cual se forman los gametos en la reproducción sexual. Puede ser difusa, cuando los gametos son producidos en el celoma y son expulsados por un gonópodo; o localizada, cuando los gametos son producidos en un órgano especial (ovario o testículo) y son expulsados por un conducto y un poro genital (Curtis *et al.*, 2000).

Gonocorismo: Condición de una especie o población en la que todos sus individuos se reproducen exclusivamente como hembra o macho durante su vida, independientemente de su morfología gonadal (Sadovy de Mitcheson y Liu, 2008).

Granulosa: Es una capa de epitelio que envuelve al ovocito y cuyas células son de origen mesenquimal o epitelial, con función esteroideogénica (Nagahama, 1983).

Gránulos de vitelo: Forma usual de almacenamiento del vitelo en el ovocito (Saborido-Rey, 2014).

Índice gonadosomático: Relación del peso de la gónada expresado como porcentaje del peso corporal eviscerado (Saborido-Rey, 2014).

Índice hepatosomático: Relación del peso del hígado en proporción al peso corporal, expresado en porcentaje (Saborido-Rey, 2014)

Nucleolo: Orgánulo celular, único o múltiple, situado en el interior del núcleo; consiste en bucles de cromatina que sirven de molde para la producción de rARN (ácido ribonucleico ribosomal) (Curtís *et al.*, 2000).

Ovocito atrésico: Ovocito en reabsorción (Nagahama, 1983).

Citoplasma: Matriz citoplasmática en la cual se encuentran todas las inclusiones que se desarrollan durante el proceso de maduración del ovocito (Balinski, 1978).

Proporción sexual: Relación de hembras y machos en un grupo de organismos (Ceballos-Vázquez, 1993)

Teca: Es una capa de epitelio que envuelve al ovocito y a la zona radiata. La teca contiene fibroblastos, fibras de colágeno, capilares y en algunas especies, células especializadas secretoras de esteroides (Nagahama, 1983).

Tejido conjuntivo: Tejido que se encuentra dentro y fuera de los folículos, rodeándolo; provee de soporte, transporte de nutrientes y sustrato para la diferenciación del tejido gonádico (Saborido-Rey, 2014).

Tácticas reproductivas: son aspectos morfológicos, fisiológicos, bioquímicos, ecológicos y sociales cuya finalidad es la reproducción y que varían dentro de ciertos límites; la talla de primera madurez, la talla de los gametos, el almacenamiento de reservas energéticas destinadas para la maduración del ovario, la temporalidad y la duración de la época de reproducción y la sincronización por señales ambientales, son solo algunas tácticas reproductivas (Wootton, 1984).

Vitelo: Reservas del ovocito formadas de lipoproteínas y fosfoproteínas, derivadas principalmente de la vitelogenina (Tyler & Sumpter, 1996).

Vitelogénesis: Periodo de crecimiento del ovocito durante el cual las reservas energéticas en forma de vitelo son acumuladas en el ovocito (Lender *et al.*, 1982).

Zona radiata: Membrana del ovocito de apariencia estriada, compuesta de una capa interna y otra externa, y que se forma cuando las primeras inclusiones lipídicas aparecen en el ovoplasma (Matsuyama *et al.*, 1991).

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Barracuda mexicana <i>Sphyraena ensis</i> por Allen, G.R.....	3
2. Esquema del modelo reproductivo de <i>Sphyraena ensis</i>	4
3. Eje cerebro hipófisis-gónada.....	8
4. Zona de estudio.....	12
5. Tiempos de inmersión implementados para el proceso histológico.....	16
6. Tiempos de inmersión para la técnica de tinción.....	17
7. Fases de desarrollo ovárico de <i>Sphyraena ensis</i>	25
8. Fases de desarrollo testicular de <i>Sphyraena ensis</i>	27
9. Ciclo reproductivo de <i>Sphyraena ensis</i> (hembras y machos).....	30
10. Índice gonadosomático de <i>Sphyraena ensis</i> (machos y hembras).....	32
11. Índice hepatosomático de <i>Sphyraena ensis</i> (machos y hembras).....	33
12. Factor de condición de <i>Sphyraena ensis</i> (machos y hembras).....	34
13. Talla de primera madurez de hembras.....	35
14. Talla de primera madurez de machos.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Proporción de sexos.....	20
2. Caracterización de los ovocitos en fase de cromatina nucleolar y perinucleolar de <i>Sphyraena ensis</i>	21
3. Caracterización de los ovocitos en fase de alveolo cortical y vitelogénesis de <i>Sphyraena ensis</i>	22
4. Caracterización de los ovocitos en fase gránulo de vitelo, núcleo migratorio y proteólisis de vitelo de <i>Sphyraena ensis</i>	23
5. Temperatura y fotoperiodo promedio superficial del mar en la costera de San Blas Nayarit.....	37
6. Correlación entre los índices somáticos en hembras de <i>Sphyraena ensis</i>	38
7. Correlación entre los índices somáticos en machos de <i>Sphyraena ensis</i>	38
8. Correlación entre factores ambientales y los diferentes índices somáticos de las hembras de <i>Sphyraena ensis</i>	39
9. Correlación entre los diferentes índices somáticos y los factores ambientales en machos de <i>Sphyraena ensis</i>	39
10. Correlación entre los factores ambientales y las fases de desarrollo en hembras de <i>Sphyraena ensis</i>	39
11. Correlación entre los factores ambientales y las fases de desarrollo en machos de <i>Sphyraena ensis</i>	40

RESUMEN

La pesquería de la barracuda mexicana *Sphyraena ensis* en la costa de San Blas Nayarit representa ingresos significativos a quienes realizan esta actividad. Por ello se captura a lo largo de todo el año y sin medidas que restrinjan la actividad. Debido a que la información biológica de esta especie es escasa, el objetivo fue caracterizar su biología reproductiva, para ello, se colectaron muestras mensualmente de febrero de 2014 a enero de 2015 siendo un total de 290, en las cuales predominaron las hembras con 193 ejemplares, mientras que machos fueron un total de 97. La proporción sexual fue de 1:1.99 (Macho:Hembra) y significativamente diferente de la proporción esperada 1:1 ($X^2 = 31.78$, g.l = 1, $P < 0.05$). A cada organismo se le determinó peso, longitud total y patrón, se le extrajo hígado y gónada para determinar el índice gonadosomático, hepatosomático y factor de condición. Se aplicó la técnica histológica convencional (Hematoxilina y Eosina) a las gónadas para su caracterización, en donde se determinaron seis fases de desarrollo ovárico: reposo, desarrollo inicial, desarrollo avanzado, madurez, desove y postdesove y tres fases de desarrollo testicular: inmaduro, maduro y espermiado. Únicamente existió correlación entre el fotoperiodo y las hembras en fase de desarrollo avanzado y madurez, mientras que para la fase de reposo se determinó una correlación inversamente significativa contra el fotoperiodo, a diferencia de los machos que no se encontró correlación alguna entre estos factores. La talla de primera madurez (L_{50}) se determinó a los 37.9 cm de longitud total dentro del intervalo de 36 a 41 cm para ambos sexos.

PALABRAS CLAVE

Sphyraena ensis, ciclo reproductivo, reproducción, talla de primera madurez, fotoperiodo.

ABSTRAC

The Mexican Barracuda *Sphyraena ensis* fishery on the coast of San Blas Nayarit represents significant income to those who carry out this activity. Therefore, it is catch through the whole year and without measures restrict the activity. Due to biological information of this species is scarce, this study aimed to analyze the reproductive biology, for this, 290 specimens were collected from February 2014 to January 2015, in which females predominated with 193 specimens, while males were a total of 97. Overall sex ratio was 1 male to 1.99 females and significantly different from the expected 1:1 ratio ($X^2 = 31.78$, g.l = 1, $P < 0.05$). To each organism weight and total length and pattern were determined, liver and gonad were extracted to determine the gonadosomatic index, hepatosomatic and condition factor. The conventional histological technique (Hematoxylin and Eosin) was applied to the gonads for their characterization, six stages of gonadal development were established: resting, initial development, advanced development, ripe, spawning and post-spawning and three phases of testicular development: immature, ripe and sperm. There was only a correlation between the photoperiod and the females in advanced development and ripe phase, while for the resting phase an inversely significant correlation against the photoperiod was determined, unlike the males that no correlation was found between these factors. The first maturity size (L_{50}) was determined at 37.9 cm in total length within the range of 36 to 41 cm for both sexes.

KEY WORDS

Sphyraena ensis, reproductive cycle, reproduction, size of first maturity, photoperiod.

1. INTRODUCCIÓN

Las comunidades ícticas constituyen un componente faunístico muy diversificado y de gran relevancia ecológica (Rodríguez-Ibarra, 2002), además, son una fuente importante de recursos económicos de alimentación y medio de vida para millones de personas en el mundo (FAO, 2016). Actualmente, se han descrito cerca de 26,000 especies a nivel mundial, pero se calcula que deben existir alrededor de 40,000 (Boada *et al.*, 2009), en México aproximadamente existen 1,400 especies de peces marinos en el litoral del Océano Pacífico, representan un recurso importante para múltiples pesquerías ribereñas, artesanales e industriales (Viana, 2009) y su captura representa un aporte significativo a la economía del país (Gutiérrez, 2005).

La familia Sphyraenidae agrupa a las especies de peces comúnmente llamadas agujillas o barracudas (Nelson, 1984), está conformada por un solo género y (*Sphyraena*) representada por 27 especies (Nelson *et al.*, 2016), son peces depredadores pelágicos marinos, distribuidos en océanos tropicales y subtropicales (Doiuchi *et al.*, 2011 y Akyol, 2015) en sentido vertical se distribuyen desde la superficie hasta los 25 m de profundidad (Robertson y Allen, 2008), en la etapa juvenil generalmente poseen hábitos gregarios y forman cardúmenes, mientras que los adultos suelen ser solitarios (Sommer, 1995), su dieta se basa principalmente en el consumo de peces, pelágicos y arrecifales (Kalogirou *et al.*, 2012; Akadje *et al.*, 2013) *Sphyraena ensis* ocasionalmente se alimenta de camarones y calamares (Blaskovic *et al.*, 2008, Moreno-Sánchez *et al.*, 2019)).

La barracuda mexicana, *Sphyraena ensis* es la especie más abundante y de mayor ámbito de distribución en el Pacífico Oriental Tropical, se distribuye desde el sur de California al norte de Perú (Robertson y Allen, 2015) y ocasionalmente se desplaza al norte de Chile (Chirichigno y Cornejo, 2001), *Sphyraena ensis* es una especie de importancia económica que se destina al consumo humano, la cual tiene gran demanda en el mercado mexicano y estadounidense, la mayor parte de la producción mexicana es congelada y exportada; Esta especie se captura con líneas y anzuelos y redes de cerco (Sommer, 1995).

En el estado de Nayarit, específicamente en las costas de San Blas, la operatividad pesquera se realiza en embarcaciones menores de fibra de vidrio; de 5 a 10 metros de eslora con motor fuera de borda de 75 o más caballos de fuerza (Aguilar-Covarrubias, 2016). En la costa de Nayarit, México la barracuda mexicana representa uno de los recursos pesqueros más importantes (Ulloa-Ramírez *et al.*, 2008), específicamente en San Blas, Nay., constituye una de las principales actividades económicas por su gran volumen de captura y gracias a que posee una carne de calidad para la región (Bermejo-Méndez y Sánchez-Díaz, 1990), además, es una especie con interés para la pesca deportiva (Zavala-Leal *et al.*, 2018)

A pesar de la gran importancia que posee esta especie en la actividad pesquera de la costa de San Blas, su pesquería no está regulada, debido a que existe muy poca información científica sobre su biología.

2. ANTECEDENTES

2.1. Especie de estudio

2.1.1. Taxonomía

Orden: Perciformes

Familia: Sphyraenidae

Género: *Sphyraena*

Especie: *Sphyraena ensis* (Jordan & Gilbert, 1882)

2.2. Características de la especie

La barracuda mexicana *Sphyraena ensis* (Figura 1) tiene cuerpo subcilíndrico alargado, mandíbula inferior protractil, hocico puntiagudo (Nelson *et al.*, 2016) y provisto de dientes caniniformes en la mandíbula inferior, palatinos y fila interna del pre-maxilar muy grande. Es de color plateada con una serie de barras en forma de punta de lanza en los dos tercios superiores del costado, posee dos aletas dorsales muy separadas; aletas pectorales y pélvicas pequeñas, origen abajo y justo detrás la punta de la aleta pectoral, delante de la primera aleta dorsal; aleta anal, con forma parecido a la segunda dorsal, situada abajo la segunda dorsal; una aleta caudal bifurcada, sin lóbulos centrales; línea lateral recta y completa; escamas pequeñas y lisas, 108-116 sobre la línea lateral y su longitud record es de 137 cm (Robertson y Allen, 2008)

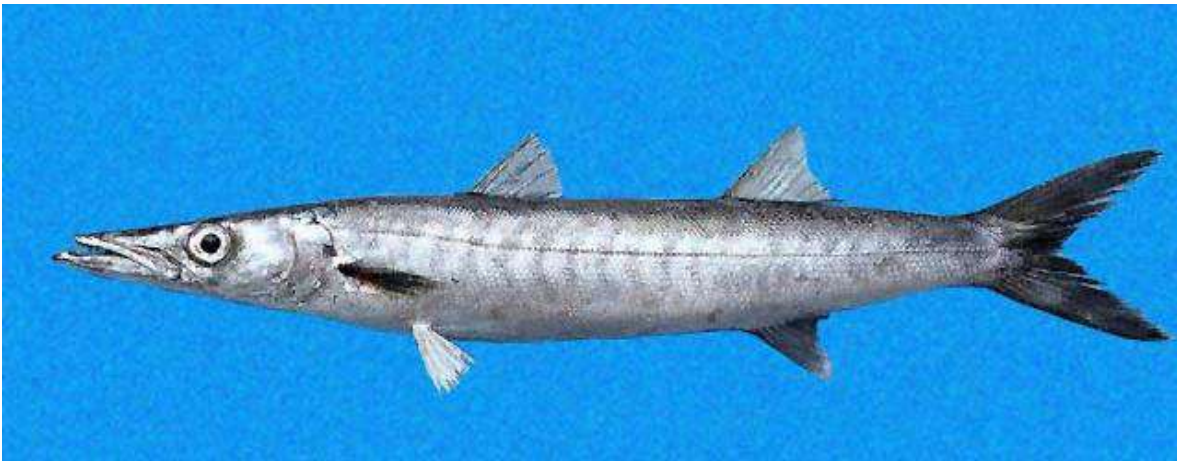


Figura 1. Barracuda mexicana *Sphyraena ensis* por Allen, G.R.

2.3. Estrategias reproductivas

Cada organismo posee un conjunto de características reproductivas, las cuales están determinadas por su genotipo y de aquí por la historia evolutiva del conjunto de genes de los cuales el organismo forma parte. La combinación de las características reproductivas de los individuos pertenecientes al mismo conjunto genético puede ser considerada como la estrategia reproductiva de esos individuos (Saborido-Rey, 2014). De acuerdo a Saborido-Rey (2014), se compone de siete tácticas reproductivas, que son: 1) veces que se reproduce la especie, 2) género, 3) modo de fertilización, 4) cópula, 5) características sexuales secundarias, 6) sitio de freza y 7) cuidado parental (Figura 2).

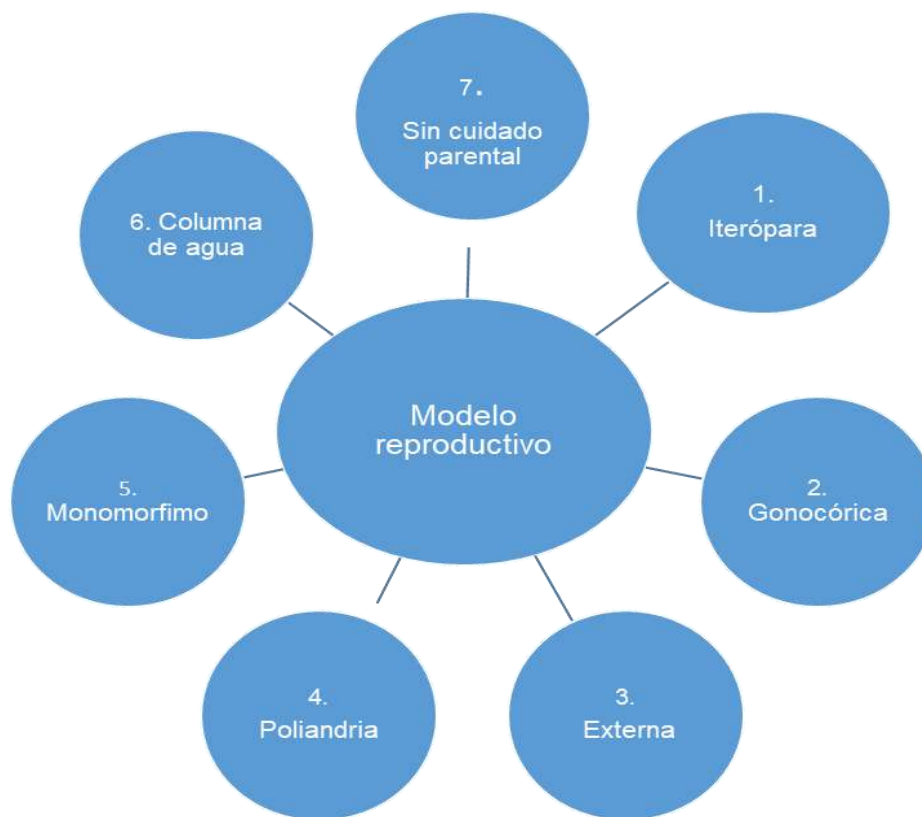


Figura 2. Esquema del modelo reproductivo de *Sphyraena ensis*

Los modelos reproductivos de los teleósteos son muy diversos, aunque la mayoría son gonocóricos, pero, existen peces hermafroditas (secuenciales o sincrónicas). El

mayor porcentaje de las especies son ovíparas y una pequeña cantidad vivípara, por otra parte, también existen las especies que únicamente gozan de un evento reproductivo en su vida (semélparas) o las que se reproducen más de una vez (iteróparas) (Saborido-Rey, 2014).

Se considera que la energía consumida por los peces es destinada para tres fines, Supervivencia, crecimiento y reproducción (Saborido-rey, 2014) por lo tanto cuando un pez es sexualmente inmaduro toda esta energía se destina al crecimiento y supervivencia, cuando alcanza la madurez sexual la mayor parte es destinada a la reproducción, en este sentido, el reparto energético debe ser adecuado para maximizar el éxito reproductivo y que sus crías nazcan en condiciones ambientales óptimas, por lo cual es sumamente importante la época reproductiva para la supervivencia y desarrollo de sus crías (Saborido-Rey, 2014).

2.4. Fisiología reproductiva

Como en todos los vertebrados, en los teleósteos la reproducción es sustancial para la preservación de las especies y se define como la capacidad de formar una cantidad óptimo de gametos viables que promuevan la fertilización, resistan la embriogénesis y terminen con la eclosión de los huevos que formaran parte de la siguiente progenie (Carrillo *et al.*, 2009). El proceso reproductor está regulado por una numerosa red de señales tanto internas como externas que inciden sobre el eje cerebro-hipófisis-gónada (Zohar y Mylonas, 2001).

La reproducción de los teleósteos es un proceso de marcado carácter rítmico que se ve influenciado por factores ambientales cíclicos como la disponibilidad de alimento, los fenómenos gravitacionales, la presencia de predadores, el fotoperiodo (días más largos en verano, días más cortos en inviernos, y días de duración intermedia en primavera y otoño) y la temperatura (aguas más cálidas en verano, aguas más frías en invierno, temperaturas intermedias en primavera y otoño), gracias a que son especies ectotermas y a que estos factores generan una serie de

estímulos en ellos (Bayarri *et al.*, 2002; Carrillo *et al.*, 2009), muestran adaptaciones fisiológicas muy estrechas con el medio donde viven, exhibiendo ritmos biológicos diarios y estacionales que suelen estar en fase con los factores ambientales que también varían de forma diaria y estacional (Clark *et al.*, 2005)

De los múltiples factores ambientales que existen que se podrían considerar como importantes y por tanto responsables del cálculo y la medida del tiempo por parte de los animales, el fotoperiodo es el más importante y en general se considera que es el determinante principal de la maduración de la mayoría de las especies de teleósteos. Incluso en especies tropicales y subtropicales que parecen estar regidas por la temperatura o el régimen de lluvias, se estima que el fotoperiodo es la señal ambiental más fiable para los ajustes diarios o estacionales de las funciones biológicas, dado que esta señal está libre de ruido ambiental, permanece constante a través de los años y refleja la estacionalidad dependiendo de la estación (Carrillo *et al.*, 2009).

Los factores ambientales se traducen a señales hormonales, y estas son las que regulan los procesos reproductivos. La mayoría de la información existente sobre las rutas que siguen tales señales ambientales, se refieren al fotoperiodo. En este sentido, los fotorreceptores localizados en la retina de los ojos y la glándula pineal, el cual es el órgano fotorreceptor y que se encarga de la secreción de melatonina, son las implicadas en la recepción de la información fótica y en su traducción en señales hormonales (Bromage *et al.*, 2001, García-Allegue *et al.*, 2001, Maitra *et al.*, 2006).

La capacidad para adaptarse que presentan los peces con su ambiente, sólo puede ocurrir con la intervención del cerebro, que en primer lugar, integra la información que llega desde el exterior, y en segundo lugar, la de las señales hormonales que tienen su origen en los órganos periféricos. En respuesta a estas señales periódicas, provenientes tanto del medio externo como interno, el cerebro sintetiza y libera neurohormonas, a partir de la hipófisis, las cuales tienen y

obedecen patrones rítmicos bien definidos, que primero controlan la actividad de la glándula hipófisis y a través de ella al resto del sistema endocrino. De esta manera se establece un doble diálogo temporal, primero entre el cerebro y el medio ambiente externo y luego entre el cerebro y el medio ambiente interno del animal. El resultado final de este diálogo es una respuesta fisiológica de carácter periódico que afecta a los ritmos del animal tales como su actividad motora, nutricional y reproductora. En general, la actividad reproductora está restringida a épocas muy concretas del año que suelen ser las más favorables para la supervivencia de la especie (Carrillo *et al.*, 2009).

La integración o traducción de los distintos estímulos externos e internos se lleva a cabo por el sistema endocrino de los individuos que regula todos los procesos fisiológicos. El sistema endocrino está compuesto por un conjunto de órganos y tejidos que liberan mensajeros químicos llamados hormonas, estas se encargan de la transmisión de información entre los diferentes órganos y tejidos que conforman el sistema endocrino. Los componentes que integran este sistema conforman el eje Cerebro-Hipófisis-Gónada (Kah *et al.*, 1993; Zohar y Mylonas, 2001) (Figura 3). Uno de estos órganos es el hipotálamo que conforma la unión entre el sistema nervioso central (principalmente el cerebro) y el sistema endocrino. El hipotálamo es responsable de la síntesis y secreción de los factores liberadores de hormonas gonadotrópicas (GnRH) y a su vez está asociado a la glándula endocrina conocida como hipófisis o glándula pituitaria, responsable de la secreción de varias hormonas reproductivas y no reproductivas (Bayarri *et al.*, 2004).

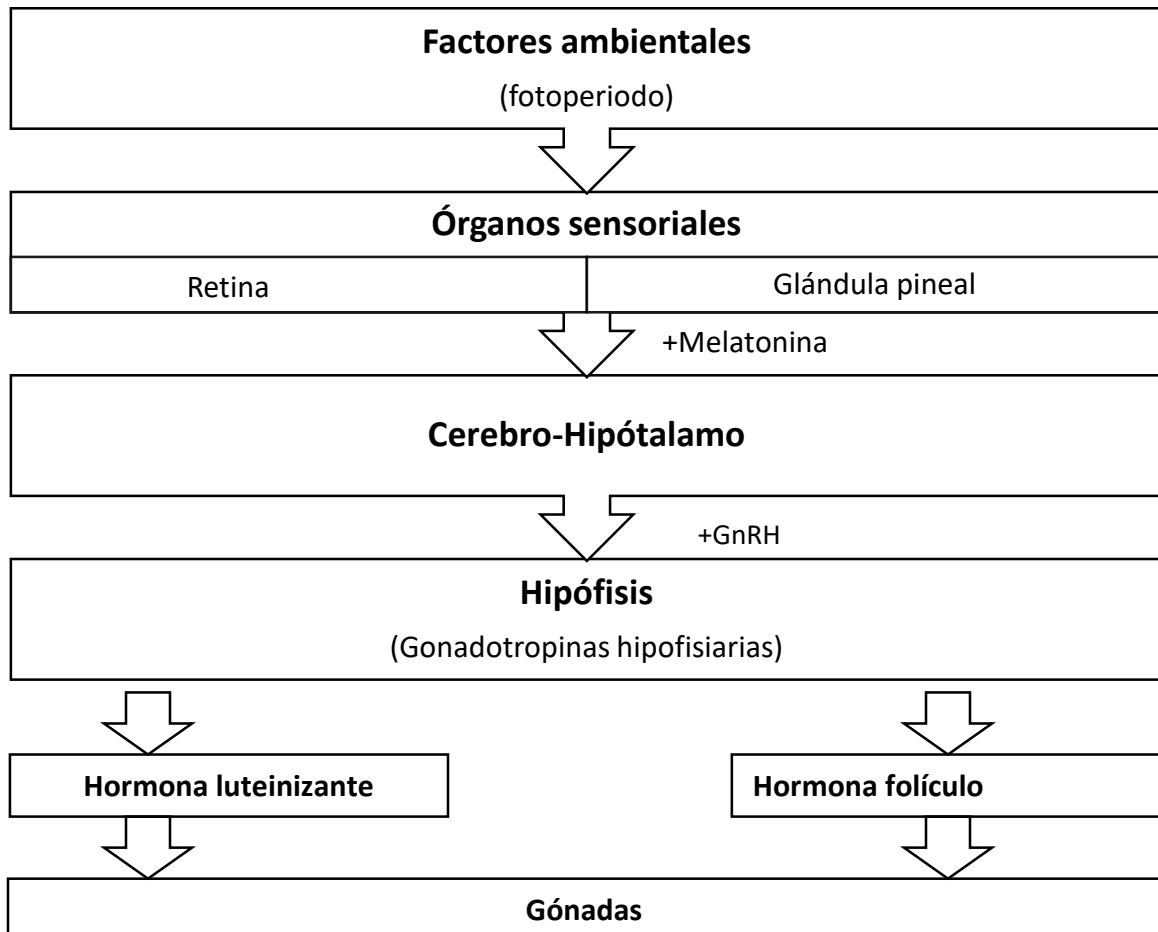


Figura 3. Eje cerebro hipófisis-gónada

2.5. Reproducción de las barracudas

Se ha observado alrededor del mundo que la época reproductiva de la familia Sphyraenidae se extiende dependiendo de la especie y punto geográfico en que se

encuentre, comúnmente puede ocurrir entre la primavera y el otoño (abril-noviembre). De manera específica *Sphyraena chrysotaenia* se reproduce de agosto a noviembre en el Mediterráneo Central (Zouari *et al.*, 2009), mientras que en el Mediterráneo Suroriental *S. viridensis* y *S. Sphyraena* se reproducen de mayo-julio y abril-agosto respectivamente (Villegas-Hernández *et al.*, 2014). Al sur de Australia la época reproductiva de *Sphyraena novaehollandiae* ocurre de noviembre a febrero (Bertoni y Dip, 1994), mientras para *Sphyraena argentea* al sureste de California se presenta de abril a septiembre (Bottinelli y Allen, 2007). En el Golfo de Gabés, Túnez, la época reproductiva de *Sphyraena chrysotaenia* y *Sphyraena sphyraena* se extiende de mayo a octubre y de abril a agosto respectivamente (Chemmam *et al.*, 2007), y para *Sphyraena viridensis* en Argelia ocurre de abril a julio (Bourehail *et al.*, 2010). En México Bedia-Sánchez *et al.* (2011) determinaron mediante el uso del microscopio estereoscópico considerando la escala propuesta por Nikolsky (1963) que *S. guachancho* presenta los estadios de mayor desarrollo gonadal de junio a febrero, lo cual coincide con la temporada de lluvias y nortes en playa Barrancas, Veracruz. Para la especie *Sphyraena ensis* en México, específicamente en las costas de San Blas, Nayarit el mayor grado de madurez se encuentra en los meses de noviembre a marzo de acuerdo a los índices somáticos determinados (Bermejo-Méndez y Sánchez-Díaz, 1990) y de abril a junio (Aguilar-Covarrubias, 2016)

3. JUSTIFICACIÓN

En el puerto de San Blas, Nayarit *Sphyraena ensis* es un recurso de gran importancia ecológica, económica y pesquera. Debido a esto, se explota durante

todo el año sin restricciones, al no poseer regulación pesquera alguna. A pesar de su importancia, la información sobre su biología que hasta hoy ha sido documentada no es suficiente para aportar el conocimiento necesario que ayude a plantear medidas administrativas. Por ello, en el presente trabajo se pretende generar información sobre su biología reproductiva que podría ser complemento para futuras investigaciones, de tal manera que permita lograr bases sólidas para el manejo adecuado del recurso.

4. HIPÓTESIS

Debido a que la temperatura y el fotoperiodo son los principales factores ambientales que afectan la reproducción de los peces, se espera que estos factores estén relacionados con aspectos de la reproducción de *S. ensis* como los índices morfofisiológicos y las fases de desarrollo gonadal.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo principal

- a) Describir la biología reproductiva de la barracuda mexicana *Sphyraena ensis* en la costa de San Blas, Nayarit, México.

5.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la proporción sexual de *Sphyraena ensis* en la costa de San Blas, Nayarit.
- b) Conocer la variación de los índices gonadosomático, hepatosomático y factor de condición.
- c) Determinar el ciclo reproductivo de la barracuda mexicana.
- d) Determinar talla de primera madurez.
- e) Establecer la época de reproducción y su relación con la temperatura y fotoperiodo.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Área de estudio

Nayarit posee una superficie de 27,857 km² siendo el 14% del territorio nacional y cuenta con 296 km de litoral que representa el 2.7% del territorio nacional (Anuario estadístico de acuicultura y pesca, 2017) y se encuentra al suroeste del Golfo de California (21° 24' N, 105° 15' O y 21° 33' N, 105° 24' O) (Figura 4). Además, cuenta con 900 km² de aguas salobres de esteros y lagunas (INEGI, 2017). El clima de la región de costa es subtropical-tropical con temperatura anual de 25°C, con precipitación de junio a octubre y en ocasiones con tormentas tropicales que vienen del sur, la época de estiaje se presenta de noviembre a mayo, las mareas son mixtas, diurnas y semidiurnas con un intervalo medio anual de 0.70 m (INEGI, 2017)

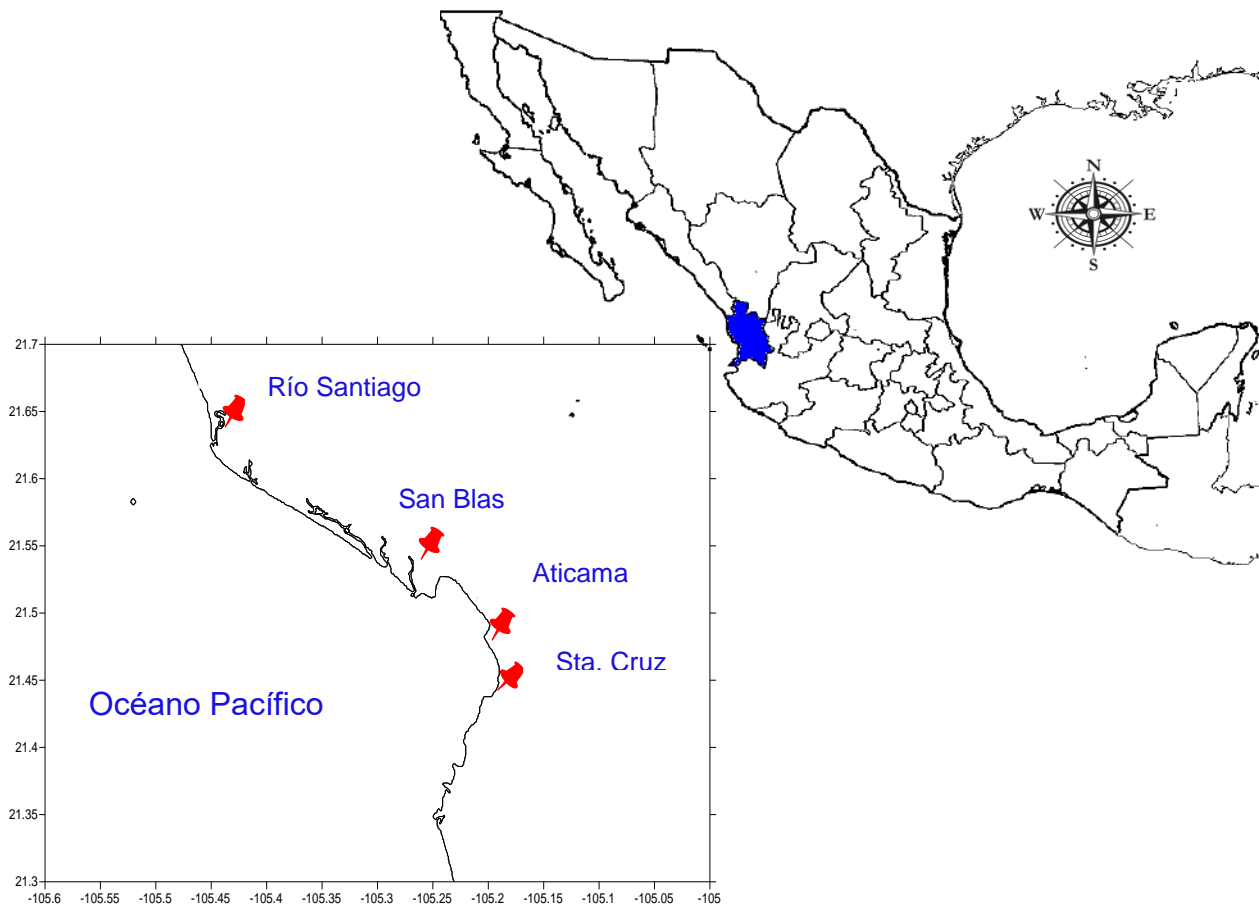


Figura 4. Zona de estudio.

6.2. Muestras

Se analizaron aproximadamente 30 organismos por mes, los cuales fueron obtenidos de la captura comercial del principal centro de acopio pesquero de San

Blas de febrero de 2014 a enero de 2015. Se realizaron las biometrías correspondientes con la ayuda de un ictiómetro de 60 cm y con una balanza digital marca Ohaus con capacidad para 2000 g y precisión de 1.0 g, las gónadas fueron pesadas con una balanza digital de capacidad para 200 g y precisión de 0.1 g. De cada organismo se registró la longitud total (Lt, cm), longitud patrón (Lp, cm), peso total (W, g), peso de la gónada (Wg, g), peso del hígado (Wh, g), peso eviscerado (We, g), sexo y estadio de desarrollo. Todas las gónadas se fijaron en formaldehído al 10% para el análisis histológico.

6.3. Proporción sexual

Se determinó la proporción sexual de manera mensual y para el total de las muestras. Para ello se dividió el total de las hembras entre el total de machos. La significancia estadística se probó con un análisis de Chi-cuadrada (χ^2) estableciendo como hipótesis nula una proporción sexual de una hembra por cada macho ($H_0 = 1:1$). Chi-cuadrada (χ^2) se define como:

$$\chi^2 = \frac{\sum(O - E)^2}{E}$$

Donde: O es la proporción observada de hembras o machos y E es la proporción esperada de hembras o machos.

6.4. Índices morfofisiológicos

Para determinar la condición fisiológica de los teleósteos se utilizan los índices morfofisiológicos que consisten en el porcentaje del peso total del pez con

respecto al peso de un órgano, puede ser la gónada, hígado o corazón (Shulman y Love, 1999).

El evento reproductivo se caracterizó cuantitativamente a través del análisis de variación temporal de los índices morfofisiológicos (índice gonadosomático, hepatosomático y factor de condición)

6.4.1 Índice gonadosomático

El índice gonadosomático (IGS) es buen indicador de madurez sexual en teleósteos (Barber y Blake, 2006). Este se basa en la relación entre el peso de la gónada con respecto al peso total del pez (Bolguer y Connolly, 1989), la actividad reproductiva más alta es asociada con los valores más altos del índice gonadosomático, mientras que los valores bajos se relacionan a épocas de descanso (Htun-Han, 1978). El índice gonadosomático se determinó de la siguiente manera:

$$IGS = \frac{M_g}{M_{sg}} * 100$$

Donde: IGS = Índice gonadosomático, M_g = Masa de la gónada, M_{sg} = Masa del pez sin gónada (DeVlaming *et al.*, 1982).

6.4.2. Índice hepatosomático

En distintas especies de peces se ha observado que el hígado funciona como un reservorio energético principalmente de lípidos (Estrada-Godínez, 2012;

Saborido-Rey, 2014). El índice hepatosomático se determinó a través de la siguiente fórmula.

$$IHS = \frac{M_h}{M_{sh}} * 100$$

Donde: IHS = Índice hepatosomático; M_h = Masa del hígado, M_{sh} = Masa del pez sin hígado (Rodríguez-Gutiérrez, 1992).

6.4.3. Factor de condición

El factor de condición (K), que es la relación porcentual entre la talla y el peso del pez (Saborido-Rey, 2014) y tomando en cuenta que la reproducción genera un desgaste energético considerable, se asume que los valores más bajos de este índice ocurren mientras se presenta la actividad reproductiva (Pérez-olivas, 2016) y permite determinar el bienestar del pez (Lagler *et al.*, 1984). K se determinó de la siguiente manera:

$$K = \frac{M_{sgh}}{L_t^b} * 100$$

Donde: K = Factor de condición, M_{sgh} = Masa del pez sin gónada e hígado L_t = Longitud total y b = pendiente de la regresión peso-longitud (Nikolsky, 1963).

6.5. Desarrollo gonádico y ciclo reproductivo

Se aplicó la técnica histológica convencional (Hematoxilina y Eosina) para el análisis cualitativo y cuantitativo al proceso reproductivo. De cada gónada conservada en formaldehído se realizó un corte (1cm³) en la parte central para su análisis histológico. El proceso de histología consistió en fijación, deshidratación, aclaración e inclusión en parafina (Paraplast plus®) (Figura 5).

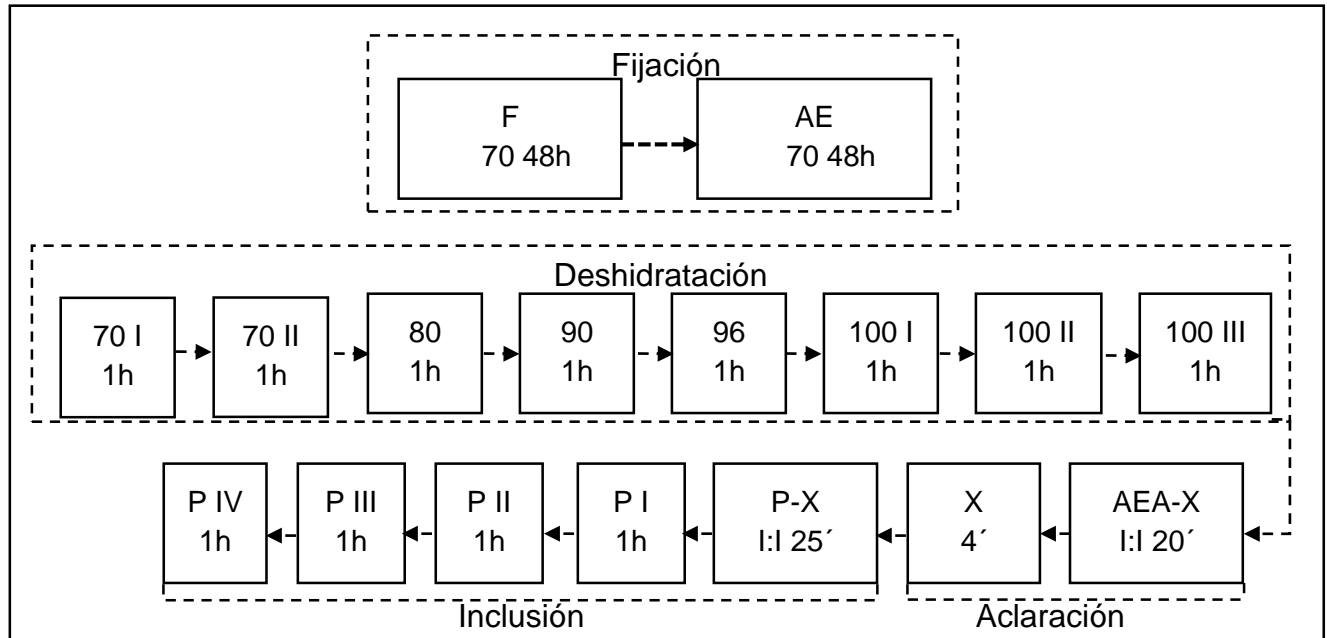


Figura 5. Tiempos de inmersión para el procesamiento histológico implementado. Donde: F = formaldehído; AE = alcohol etílico; 70, 80, 90, 96 y 100 = concentración de alcohol; h = horas; ´ = minutos; AEA = alcohol etílico absoluto; P = parafina; X = xilol.

Se realizaron cortes histológicos (4µm) con la ayuda de un micrótopo, posteriormente se tiñó cada laminilla con Hematoxilina y Eosina (Figura 6).

Finalmente se realizó el montaje con adhesivo Cytoseal TM 60 y se realizaron las lecturas al microscopio.

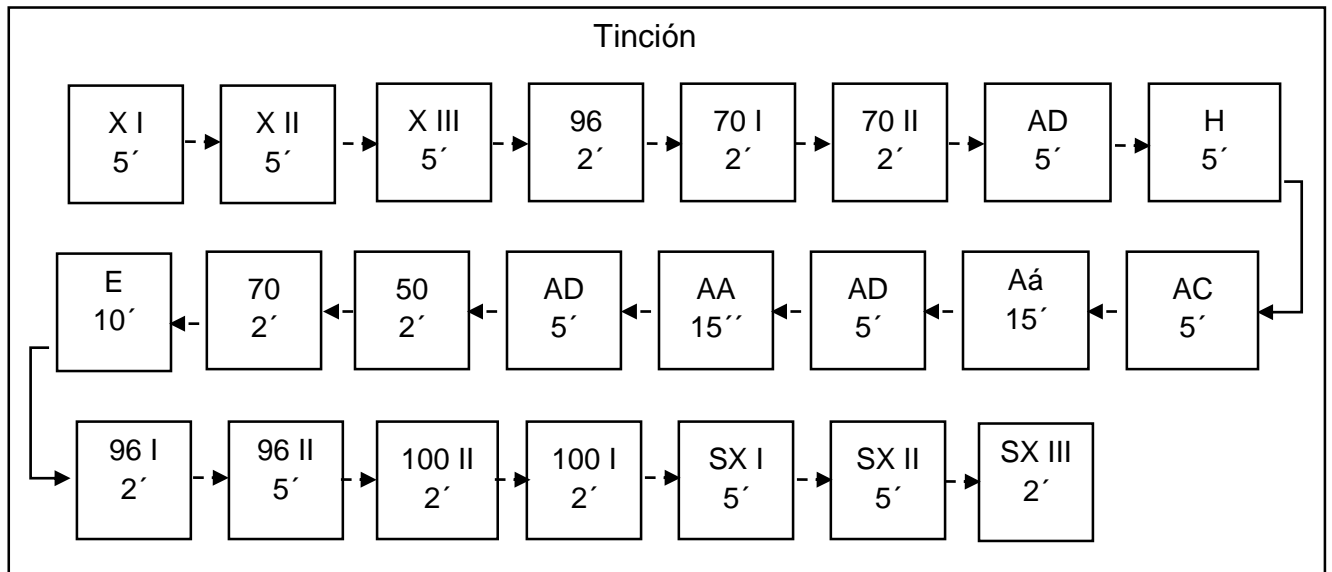


Figura 6. Tiempos de inmersión para la técnica de tinción. Donde: X = xilol; 50, 70, 90, 96 y 100 = concentración de alcohol; ´ = minutos; ´´segundos; AD = agua destilada; H = hematoxilina; AC = agua corriente; Aá = alcohol ácido; AA = agua amoniacal; E = eosina; SX = sustituto de xilol.

Se identificaron las fases de desarrollo gonádico para establecer el ciclo reproductivo (frecuencia de las fases de desarrollo) y con esto la época reproductiva. Para la caracterización de las diferentes fases del crecimiento de los ovocitos, se tomó como referencia la clasificación y caracterización propuesta por Wallace y Selman (1981) y Tyler y Sumpter (1996), quienes consideran los eventos más relevantes que ocurren durante el desarrollo de los ovocitos. Esta clasificación está compuesta de cuatro fases de crecimiento de los ovocitos: a) crecimiento primario (estadios: cromatina nucleolar y perinucleolar), b) alveolo cortical, c) vitelogénesis y d) maduración (estadios: gránulo de vitelo, núcleo migratorio y proteólisis de vitelo).

El desarrollo gonádico se analizó por mes, a partir de el análisis de frecuencia relativa de organismos por estadio. Se clasificó el desarrollo de las gónadas de las

hembras de acuerdo a Sánchez-Cárdenas (2007), Erisman *et al.* (2008) y Estrada-Godínez (2012) quienes consideran seis fases de desarrollo ovárico: reposo, desarrollo inicial, desarrollo avanzado, madurez, desove y postdesove, mientras que para los machos se emplearon tres fases de desarrollo testicular: inmaduro, maduro y espermiado. Se calcularon las frecuencias relativas mensualmente de las fases de desarrollo gonádico de ambos sexos y se realizaron gráficas de barras, además se describió la distribución temporal de las fases de desarrollo gonádico. Se consideró como época de reproducción al periodo donde se observen hembras en desarrollo avanzado, madurez y desove, y machos en madurez.

6.6. Variables ambientales

Para el análisis ambiental espacio-temporal los datos del fotoperiodo se extrajeron de la estación oceanográfica de puerto Balleto, Nay. a través del programa Mar V1.0 2011, del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE; González, 2011), mientras que para la temperatura superficial del mar (°C) se utilizaron imágenes promedio mensuales de una composición de imágenes de los sensores MODIS-Terra y MODIS-Aqua con una resolución espacial de 1 km, producidas por el Dr. Mati karhu, Scripps institution of oceanography karhu *et al.* (2012). Se obtuvieron las imágenes mediante el software Windows Image Manager © (WIMsoft versión 9.06 x64 Build 0307) en Hierarchical Data Format (HDF) y se realizó la regionalización mediante el acotamiento del área de estudio (Anexo 1).

6.7. Talla de primera madurez

Esta se define como la longitud en la que el 50% de los peces han madurado sexualmente (Saborido, 2014) o existe indicio histológico en las gónadas de que ya

se han reproducido o se encuentran en el proceso de reproducción (Hernández-Olalde, 2008), partiendo de tal concepto y tomando en cuenta únicamente a los organismos que se consideraron maduros, se calculó la frecuencia relativa y frecuencia relativa acumulada de cada sexo de *Sphyraena ensis* por intervalos de talla. Para obtener el L_{50} los datos del límite inferior de la marca de clase y las frecuencias de cada sexo de *Sphyraena ensis* se ajustaron a un modelo logístico a través del programa CurveExpert 1.4.

$$M\% = \frac{a}{1 + be^{-cL_t}}$$

Donde $M\%$ = porcentaje de individuos maduros, a = intercepto, b = pendiente, e = constante y L_t = longitud total.

7. RESULTADOS

Se obtuvo un total de 290 muestras de *Sphyraena ensis*, de las cuales se observó que 193 fueron hembras (66.6%) y 97 machos (33.5%), el intervalo de tallas

registradas para las hembras fue de 32.7 a 58.7 cm. de longitud total (Lt) y de 127 a 836 g. de peso, mientras que para los machos fue de 30.6 a 52 cm. de Lt. y 119 a 638 g. de peso.

7.1. Proporción sexual

La proporción sexual total fue de 1:1.99 (machos a hembras), mostrando diferencias significativas ($X^2 = 31.78$, g.l = 1, $P < 0.05$) de la proporción esperada 1:1, así también para los meses de marzo, mayo, septiembre, noviembre, diciembre y enero se determinó una proporción sexual estadísticamente significativa diferente de 1:1 ($P < 0.05$). En tanto que para los meses de febrero, abril, junio, julio y octubre no se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$); en el mes de agosto no se obtuvieron muestras debido a condiciones climatológicas (Tabla 1).

Tabla 1. Proporción de sexos M:H de *Sphyraena ensis* en la costa de San Blas, Nayarit, Hembras (H), machos (M), ji cuadrada (X^2), significancia estadística ($P < 0.05$) y el asterisco denota diferencia significativa de la proporción 1:1.

MESES	MACHOS	HEMBRAS	TOTAL	M:H	X^2	P
Feb	12	23	35	1:1.92	3.46	0.063
Mar	4	20	24	1:5	10.67	0.001*
Abr	14	8	22	1:0.57	1.64	0.200
May	17	4	21	1:0.24	8.05	0.005*
Jun	7	8	15	1:1.14	0.07	0.791
Jul	18	11	29	1:0.61	1.69	0.194
Sep	5	23	28	1:4.60	11.57	0.001*
Oct	10	20	30	1:2.0	3.33	0.068
Nov	6	24	30	1:4.0	10.80	0.001*
Dic	3	24	27	1:8.0	16.33	0.000*
Ene	1	28	29	1:28.0	25.14	0.000*
TOTAL	97	193	290	1: 1.99	31.78	0.000*

7.2. Desarrollo gonádico

7.2.1. Fases de desarrollo de los ovocitos

Se realizó la caracterización de acuerdo a cuatro fases de crecimiento de los ovocitos propuestas por Wallace y Selman (1981) y Tyler y Sumpter (1996):

crecimiento primario (cromatina nucleolar y perinucleolar) (Tabla 2), alveolo cortical, vitelogénesis (Tabla 3) y maduración (gránulo de vitelo, núcleo migratorio y proteólisis de vitelo) (Tabla 4).

Tabla 2. Caracterización de los ovocitos en fase de cromatina nucleolar y perinucleolar de *Sphyraena ensis*.

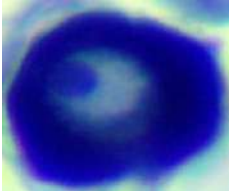
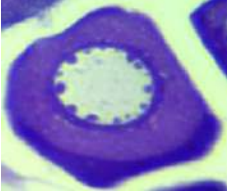
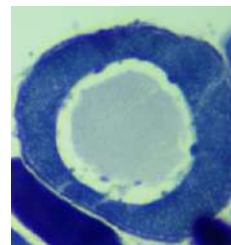
Crecimiento primario	Imagen
<p style="text-align: center;">Cromatina nucleolar</p> <p>Se caracterizan por ser ovocitos minúsculos, con una capa muy delgada de células foliculares. Presenta un núcleo céntrico, esférico y se aprecia un nucléolo único de mayor tamaño en contraste con el resto de las fases.</p>	
<p style="text-align: center;">Perinucleolar</p> <p>A medida que el ovocito incrementa su tamaño, también lo hace el núcleo y el citoplasma. Existe un aumento en el número de nucléolos por la periferia interna de la membrana nuclear. Una película muy simple de células foliculares envuelve el ovocito.</p>	

Tabla 3. Caracterización de los ovocitos en fase de alveolo cortical y vitelogénesis de *Sphyraena ensis*.

Alveolo cortical	Imagen
-------------------------	---------------

En este estado ocurre la presencia de vesículas dentro del citoplasma; también nombradas como alveolos. Las vesículas incrementan en tamaño y cantidad hasta formar filas en la periferia del citoplasma, dando origen a los alveolos corticales (transparentes). El ovocito tiende a ser de un color más claro que los estados anteriores, además aparece la zona radiata en este estado, algunos nucléolos aún se aprecian cerca de la membrana nuclear. Alrededor del núcleo se observan diminutas vesículas lipídicas.



Vitelogénesis

Este estado se caracteriza por la presencia de glóbulos con vitelo en su interior; mayormente en la periferia del núcleo. Aún hay presencia de alveolos corticales, la zona radiata es más evidente, pero no se pueden diferenciar la capa granulosa y las tecas. Aparecen pequeños gránulos de vitelo en el citoplasma y aún existen nucléolos.

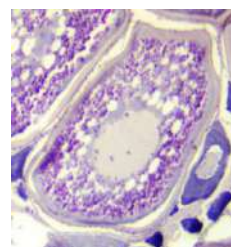
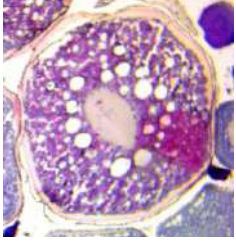
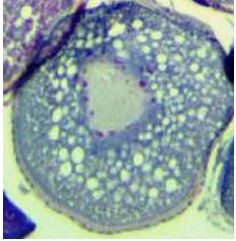
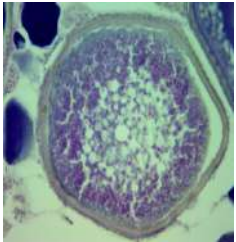


Tabla 4. Caracterización de los ovocitos en fase gránulo de vitelo, núcleo migratorio y proteólisis de vitelo de *Sphyraena ensis*.

Maduración	Imagen
------------	--------

<p style="text-align: center;">Gránulo de vitelo</p> <p>Se caracteriza por el incremento tan evidente de los gránulos de vitelo en tamaño y distribución en todo el citoplasma. El núcleo se aprecia justo al centro y de menor tamaño en contraste con el citoplasma. La zona radiata es muy notable.</p>	
<p style="text-align: center;">Núcleo migratorio</p> <p>El núcleo comienza a desplazarse hacia el polo animal, se presenta la aglomeración de gránulos de vitelo para la formación de la gota lipídica. La zona radiata ha incrementado.</p>	
<p style="text-align: center;">Proteólisis de vitelo</p> <p>Proteólisis de vitelo se caracteriza por las vesículas de vitelo fusionadas parcial o totalmente en las zonas del citoplasma.</p>	

7.2.2. Desarrollo ovárico

Se realizó la descripción de seis fases de desarrollo gonadal: reposo, desarrollo inicial, desarrollo avanzado, madurez, desove y postdesove.

Reposo

Se distinguió por la presencia de ovocitos en crecimiento primario; fase de cromatina nucleolar y perinucleolar (Figura 7a).

Desarrollo inicial

Se caracterizó por la presencia de ovocitos en la fase de alveolo cortical y algunos en vitelogénesis (Figura 7b).

Desarrollo avanzado

Hay gran cobertura de ovocitos en estadio de gránulos de vitelo. Existen ovocitos con menor grado de desarrollo (Figura 7c).

Madurez

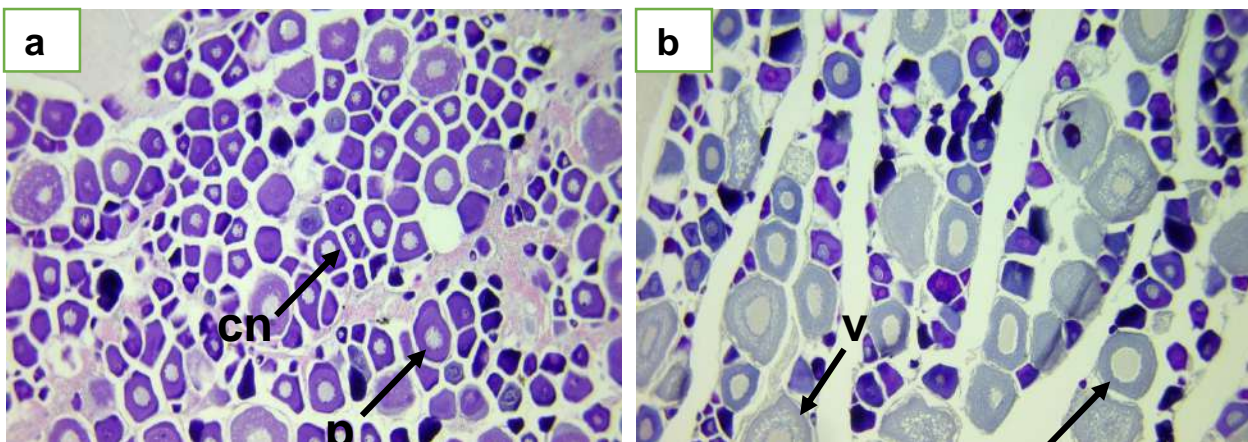
Se distingue por la presencia de ovocitos en fase de desarrollo de gránulos de vitelo y núcleo migratorio. Existen en menor cantidad ovocitos en fases de desarrollo primario (Figura 7d).

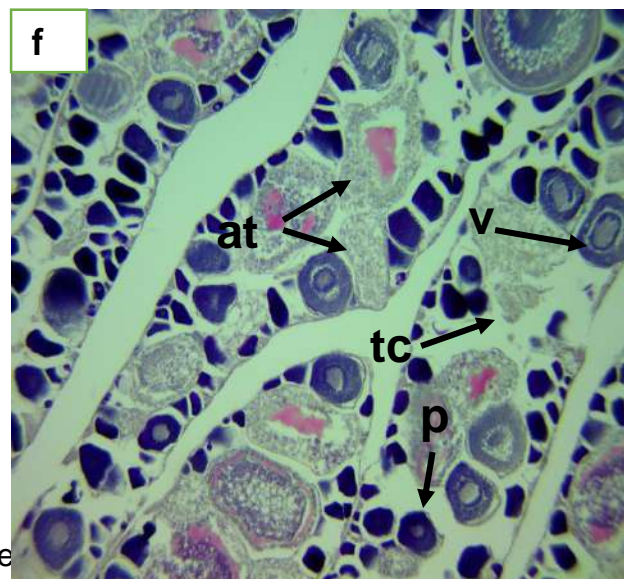
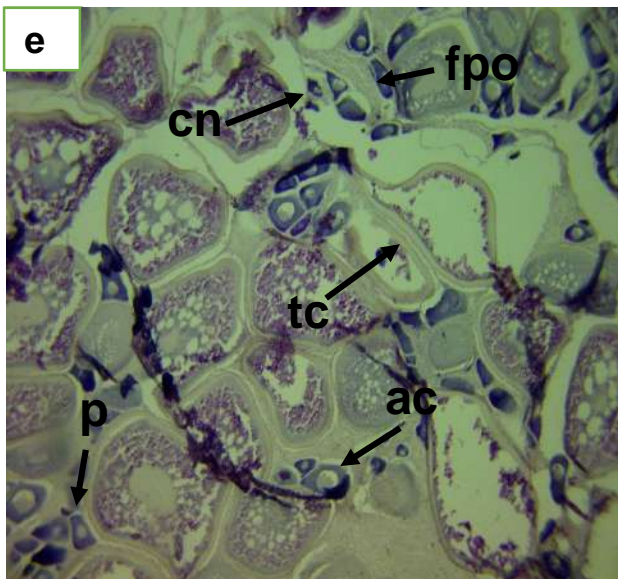
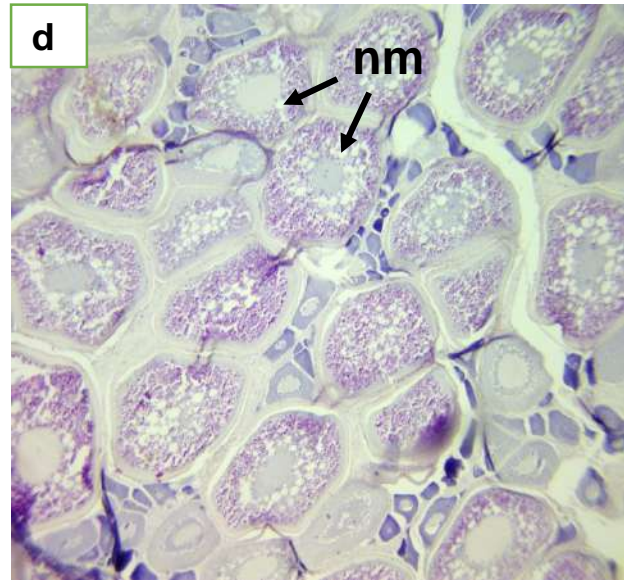
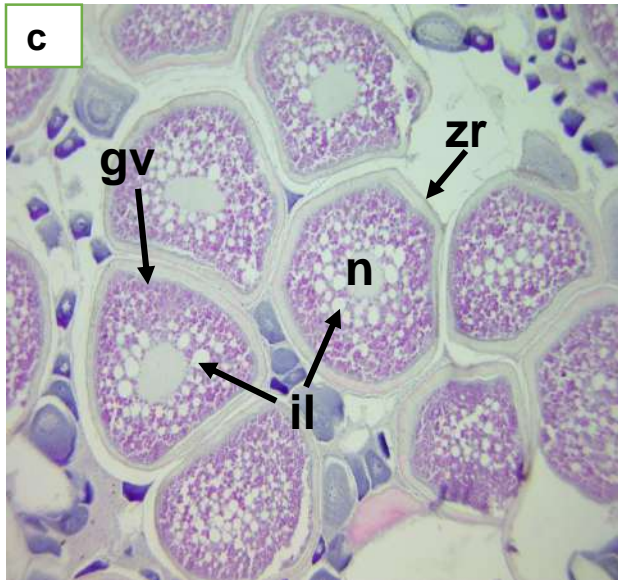
Desove

Se caracterizó por la presencia de folículos postovulatorios. Hay presencia de ovocitos en cromatina nucleolar, perinucleolar, alveolo cortical, vitelogénesis, gránulo de vitelo y tejido conjuntivo (Figura 7e).

Postdesove.

Se distinguió por la presencia de ovocitos en todas las fases de desarrollo, gran cantidad de tejido conjuntivo y atresias (Figura 7f).





inicial, c) desarrollo avanzado, d) madurez, e) desove y f) postdesove. Abreviaturas: cn = cromatina nucleolar, p = ovocito en estadio perinucleolar, ac = ovocito en fase de alveolo cortical, gv = ovocito en estadio de granulo de vitelo, nm = ovocito en

estadio de núcleo migratorio; n = núcleo, fpo = folículo postovulatorio, at = atresia, zn= zona radiata, tc = tejido conjuntivo, il = inclusiones lipídicas.

7.2.3. Fases de desarrollo testicular

Para los machos, se caracterizaron tres fases de desarrollo testicular (inmaduro, maduro y espermiado) (Figura 8) de acuerdo a lo establecido por Erisman *et al.* (2008).

Inmaduro

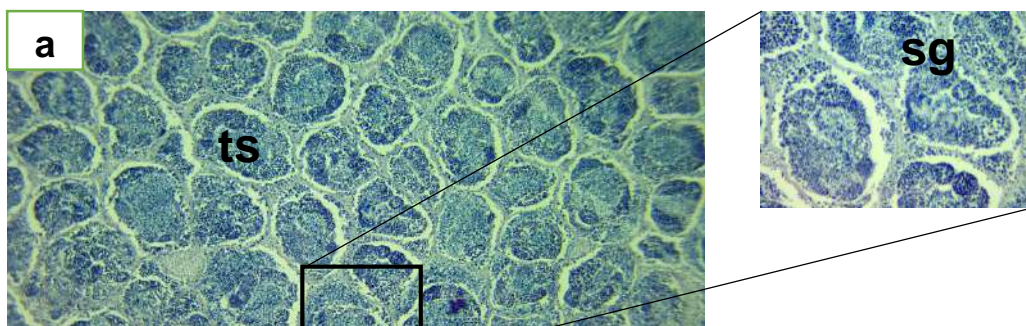
Los testículos están dominados por grandes conjuntos de espermatogonias y son de menor tamaño. Los senos espermáticos se encuentran presentes pero estos están comprimidos. Puede existir la presencia de espermatozoides en los senos espermáticos o esparcidos dentro de los espacios lobulares (Figura 8a).

Maduro

Los testículos se aprecian alargados y están dominados por células espermátides y espermatozoides. Hay grandes cantidades de espermatozoides presentes dentro de los espacios lobulares y los senos espermático, puede haber espermatogonias y espermátocitos; relativamente menos abundantes. Se observa esperma fluyente (Figura 8b).

Espermiado

Se aprecian espacios vacíos en lo túbulos seminíferos. Se observa gran cantidad de espermatozoides, espermatogonias y espermátocitos, con lo cual se determina que la espermatogénesis sigue llevándose a cabo. Las espermatogonias se observan en las paredes en forma de lamelas (Figura 8c).



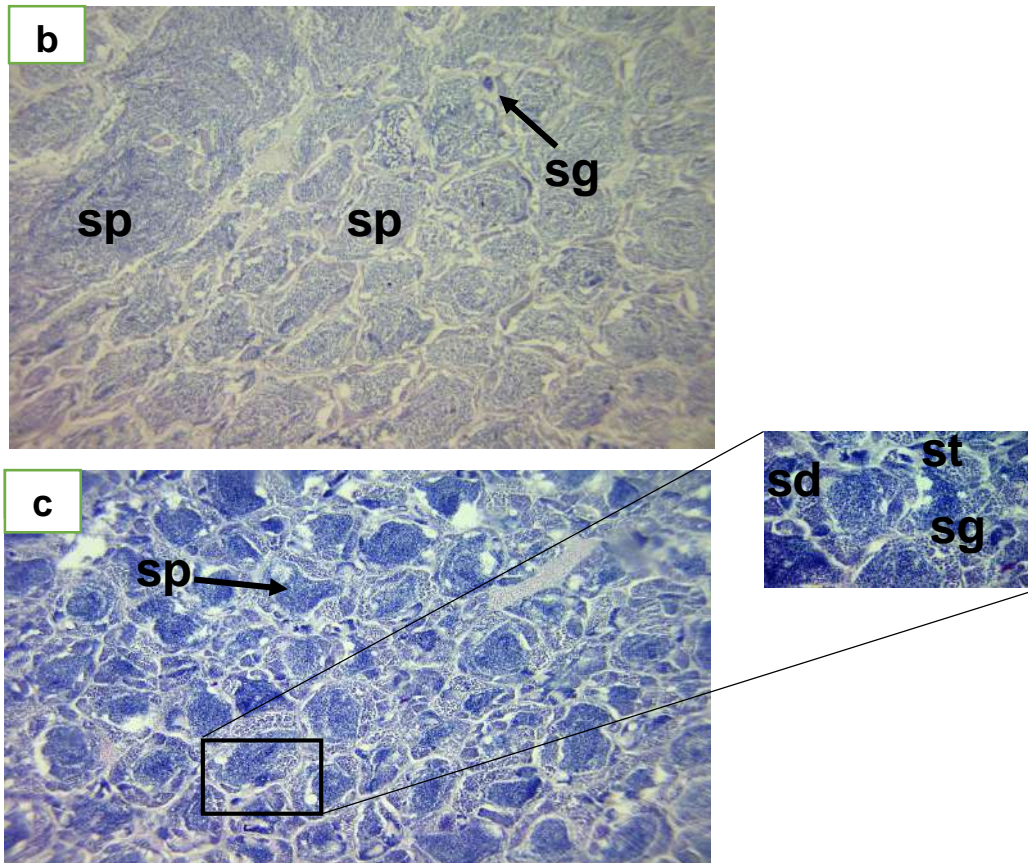


Figura 8. Fases de desarrollo testicular de *Sphyraena ensis*. a) Inmaduro, b) Maduro y c) Espermiado. Abreviaturas: sp = espermatozoides, sg = espermatogonias, ts = túbulo seminífero, sd = espermatides, st = espermatocitos.

7.3. Ciclo reproductivo

Se caracterizó el ciclo reproductivo de acuerdo a los resultados determinados de los índices somáticos y análisis histológico aplicado durante el periodo de

estudio, tomando en cuenta las clasificaciones reportadas por Sánchez-Cárdenas (2007), Erisman *et al.* (2008) y Estrada-Godínez (2012). Por lo que se determinaron seis fases de desarrollo gonádico **a)** Reposo, **b)** Desarrollo inicial, **c)** Desarrollo avanzado, **d)** Madurez, **e)** Desove y **f)** Postdesove) y tres fases de desarrollo testicular **a)** Inmaduro, **b)** Maduro y **c)** Espermiado. Cabe mencionar que *Sphyaena ensis* es una especie en la que hay presencia de ejemplares (machos y hembras) maduros a lo largo de todo el año.

La presencia de hembras en reposo ocurrió en los meses de febrero, marzo, y de julio de 2014 a enero de 2015, cabe resaltar que en el mes de agosto no se obtuvieron muestras debido a condiciones climáticas. Mientras que el desarrollo inicial se observó únicamente en los meses de julio (10%), septiembre (9%), diciembre (5.9%) y enero (11.2%), en tanto que las hembras en desarrollo avanzado se presentaron de febrero a junio y septiembre. Siendo marzo (18.7), Abril (14.29%), mayo (25%) y junio (28.57%) con los porcentajes más altos de todo el periodo de muestreo.

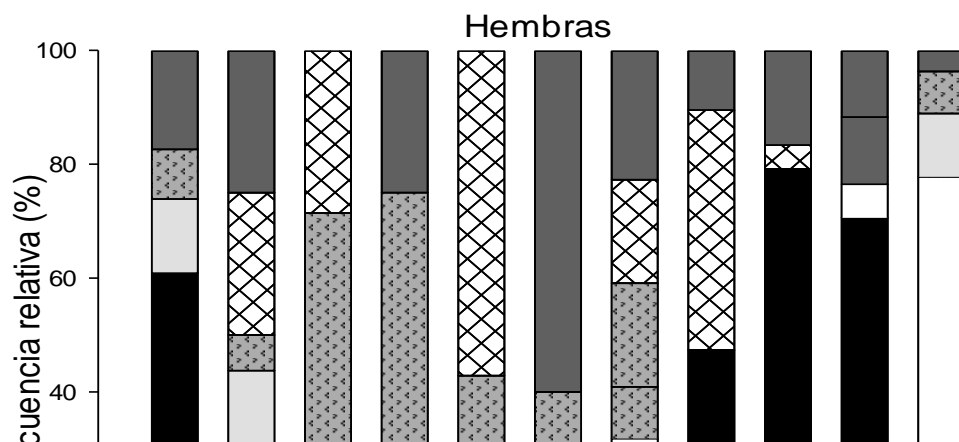
Las hembras en fase madura se observaron a lo largo de todo el ciclo de muestreo, excepto en los meses de octubre a diciembre, en tanto que los meses en los que se concentraron los mayores porcentajes de hembras en fase de desarrollo maduro fueron abril (57.14%), mayo (50%), junio (14.29%) y septiembre (18.18%), mientras que febrero (8.7%), julio (10%) y enero (7.4%) presentaron porcentajes bajos.

La presencia de hembras en fase desove se observaron en marzo (25%), Abril (28.57%), junio (57.14%), Septiembre (18.18%), octubre (42.11%), noviembre (4.17%) y diciembre (11.76%). Mientras que las hembras en postdesove existieron a lo largo de todo el periodo, excepto en abril y junio.

Se observaron machos en fase inmadura únicamente en febrero y julio, en tanto que los machos con madurez testicular se presentaron en la mayoría de los meses excepto en diciembre y enero. Mientras que los machos con testículos espermiados se observaron a lo largo de todo el muestreo excepto en marzo.

De acuerdo a los resultados del análisis histológico aplicado al tejido gonadal se determinó que *Sphyaena ensis* es una especie que se reproduce a lo largo de

todo el año con un periodo de mayor actividad reproductiva entre la primavera y el verano que va de marzo a junio (Figura 9).



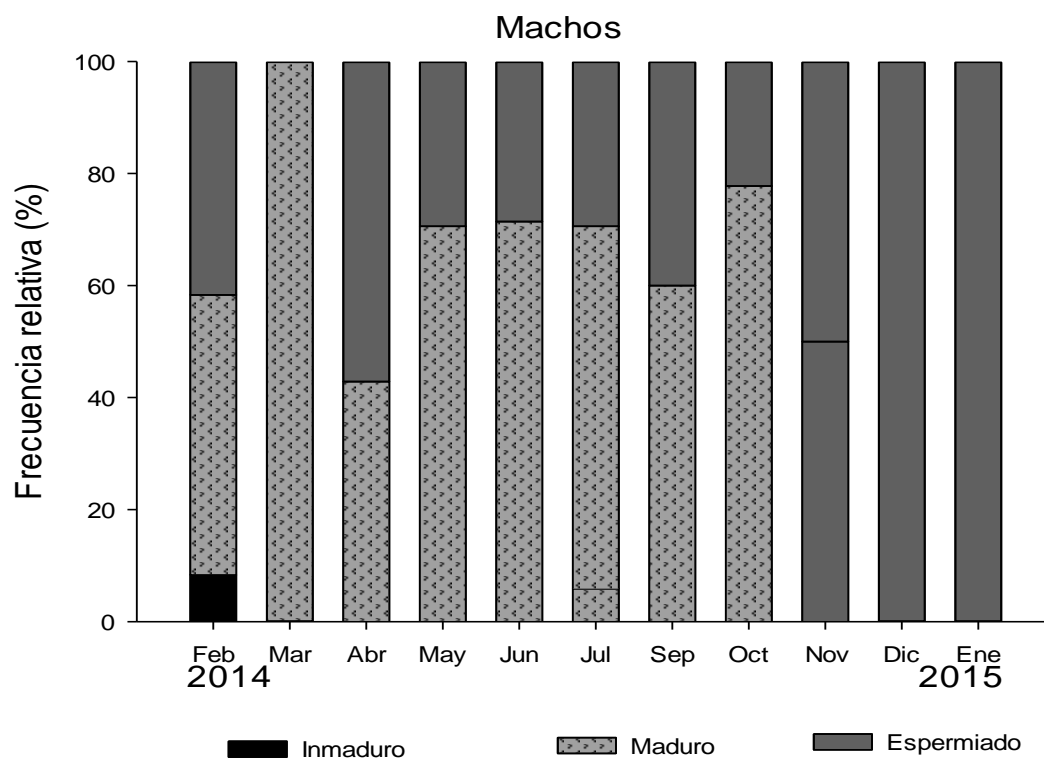
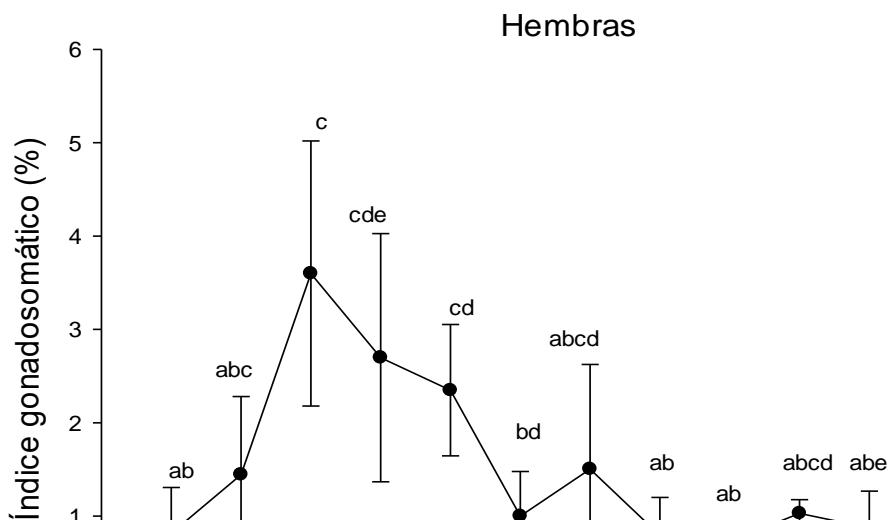


Figura 9. Ciclo reproductivo de *Sphyaena ensis* de la costa San Blas, Nayarit, México hembras y machos.

7.4. Índices morfofisiológicos

Los intervalos del índice gonadosomático observados en el periodo de estudio fueron de 0.63 a 3.48 y 0.59 a 3.75 para hembras y machos respectivamente (Figura 10), se observó que ambos sexos presentan un patrón muy similar en el

comportamiento de este índice a lo largo del año, las hembras con el valor mayor en abril (3.48) y los machos en mayo (3.75). En tanto que para el índice hepatosomático se determinó para hembras un intervalo de 0.60 a 2.13 y para machos de 0.47 a 2.04, el máximo valor del índice hepatosomático para machos y hembras se registró en mayo, este segundo índice presentó un patrón similar en ambos sexos y en contraste con el índice gonadosomático. Por su parte los intervalos del factor de condición observados fueron de 0.81 a 0.91 y 0.84 a 0.94 para hembras y machos respectivamente (Figura 11). El factor de condición no mostró un patrón determinado entre sexos ni en contraste con el índice gonadosomático y hepatosomático. El máximo valor fue de 0.91 en noviembre y 0.94 en abril para hembras y machos respectivamente (Figura 12).



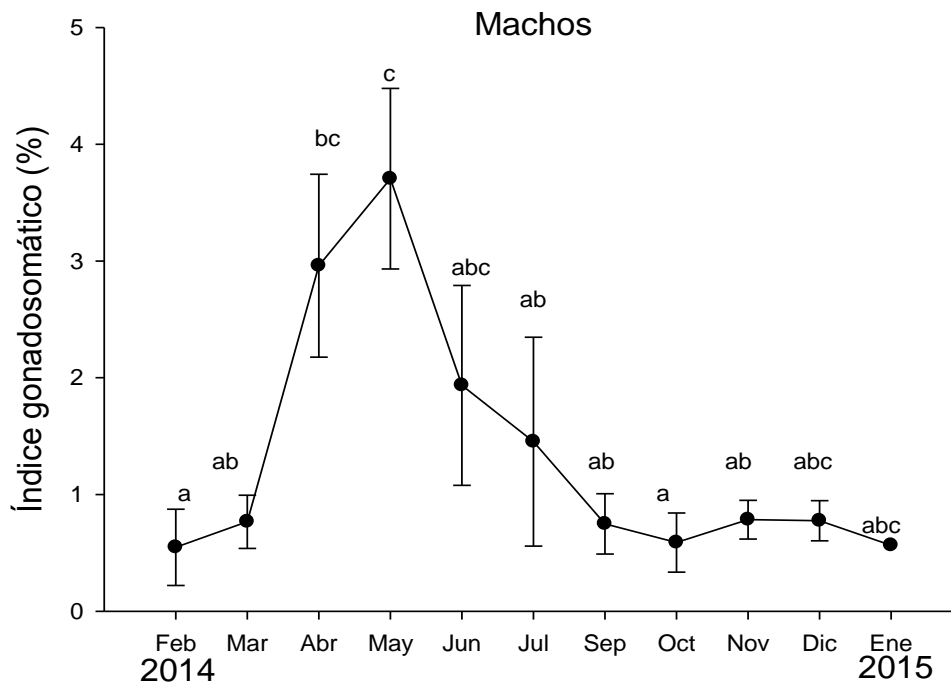


Figura 10. Índice gonadosomático de *Sphyraena ensis* (machos y hembras) de la costa de San Blas, Nayarit, letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$), las barras corresponden a la desviación estándar.

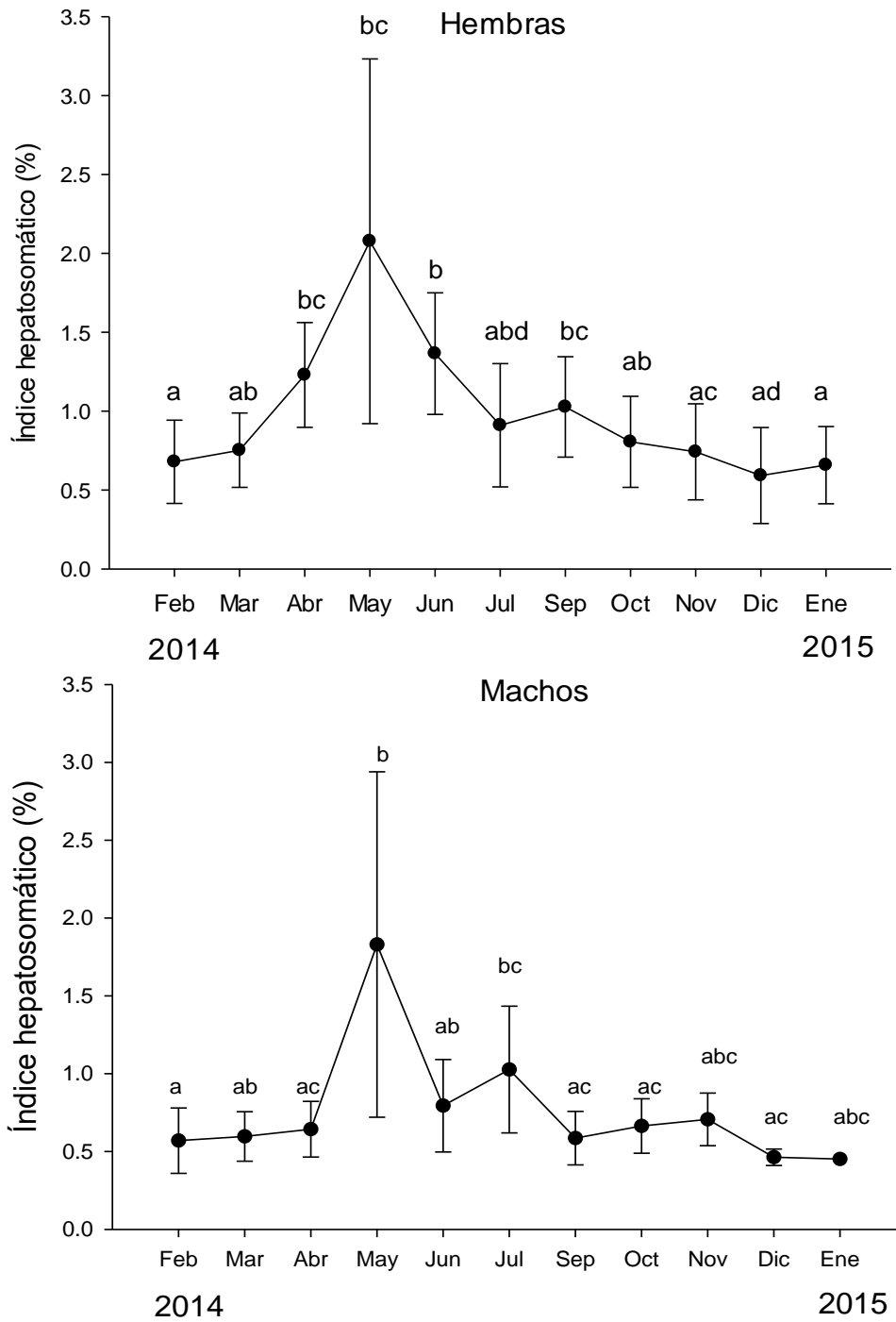


Figura 11. Índice hepáticosomático de *Sphyraena ensis* (machos y hembras) de la costa de San Blas, Nayarit, letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$), las barras corresponden a la desviación estándar.

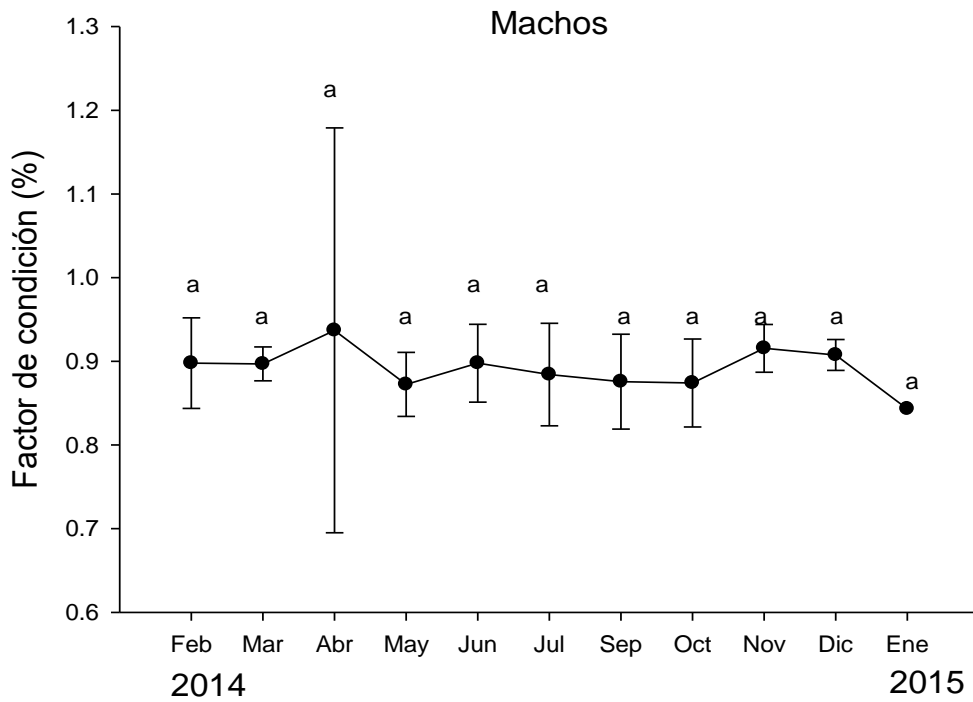
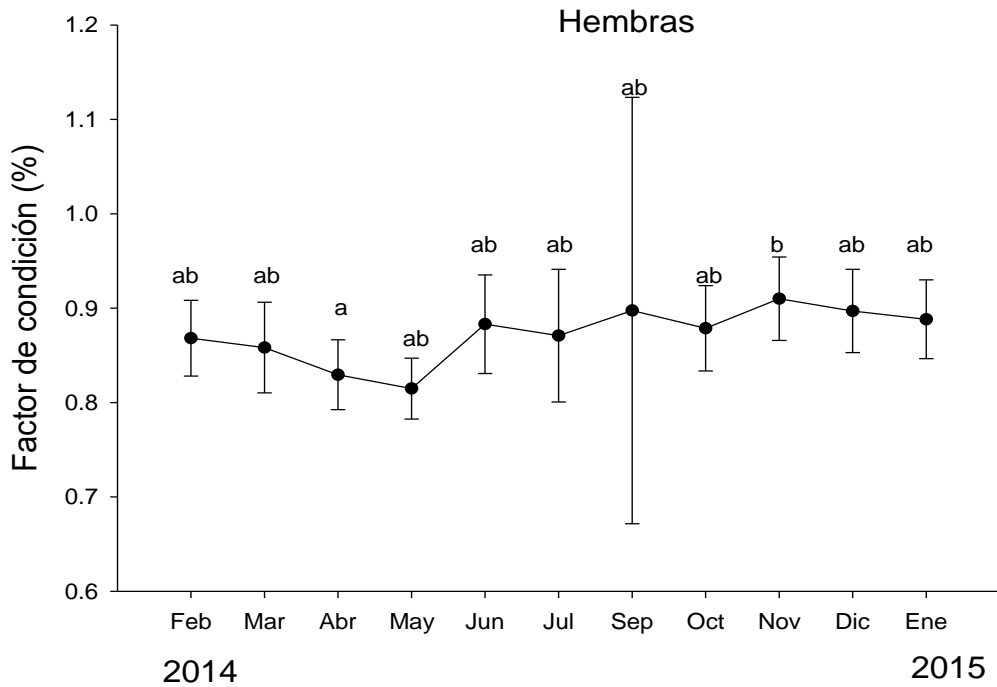


Figura 12. Factor de condición de *Sphyraena ensis* (machos y hembras) de la costa de San Blas, Nayarit, letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$), las barras corresponden a la desviación estándar.

7.5. Talla de primera madurez

El intervalo de longitud en la cual se encontró el 50% de organismos maduros fue de 36 a 41 cm para ambos sexos. Mientras que los intervalos de longitud total fueron de 34.5 a 58.7 cm. y 30.6 a 52 cm. para hembras y machos respectivamente. La talla de primera madurez que se determinó mediante el modelo logístico fue de 37.9 cm. longitud total para hembras y machos (figura 13 y 14).

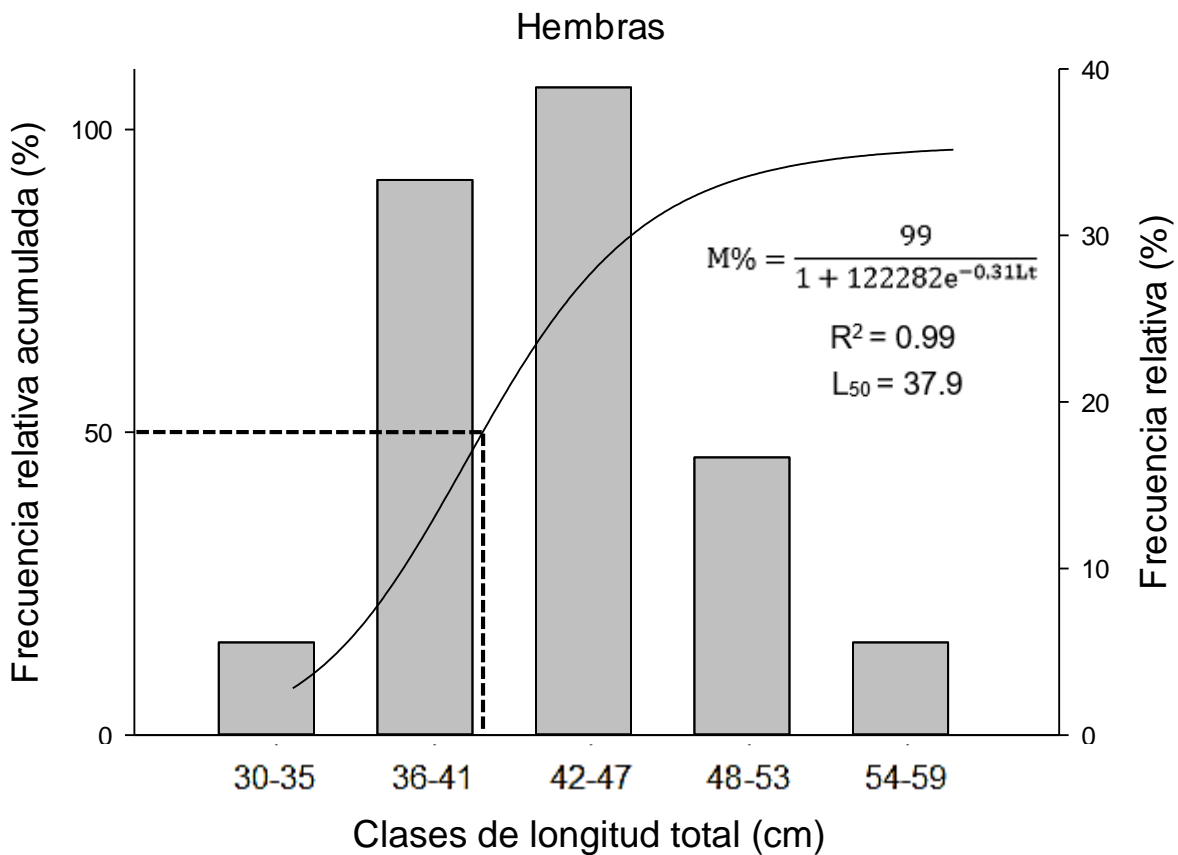


Figura 13. Distribución de frecuencias de las hembras en estadio de madurez de *Sphyaena ensis* de la costa de San Blas, Nayarit, se muestra el ajuste del modelo logístico (línea sólida). R^2 = Coeficiente de correlación lineal; L_{50} = Talla de primera madurez (línea punteada).

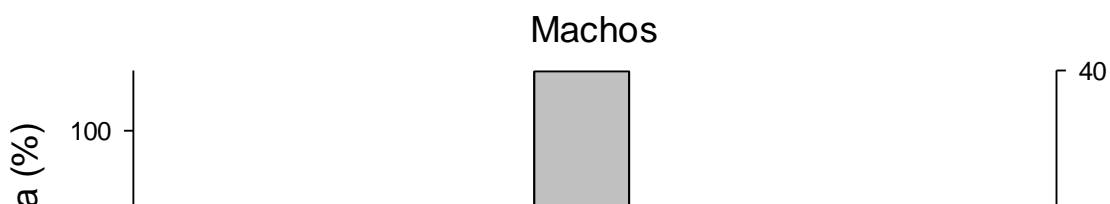


Figura 14. Distribución de frecuencias de los machos en estadio de madurez de *Sphyraena ensis* de la costa de San Blas, Nayarit, se muestra el ajuste del modelo logístico (línea sólida). R^2 = Coeficiente de correlación lineal; L_{50} = Talla de primera madurez (línea punteada).

7.6. Factores ambientales

7.6.1. Temperatura y fotoperiodo

La temperatura promedio superficial del mar en la zona de estudio fue de 28.8 °C. La mínima fue de 26.1 °C que ocurrió en enero de 2015 mientras que la máxima fue de 32.3 en julio de 2014. El promedio de horas luz a lo largo del muestreo fue de 11:9 h, siendo enero de 2015 con la menor cantidad de horas luz (10.3h) a lo largo del periodo de muestreo y junio con la mayor cantidad (13.2) (Tabla 5)

Tabla 5. Temperatura y fotoperiodo promedio superficial del mar en la zona de estudio.

Año	Mes	Temperatura (°C)	Fotoperiodo
2013	Noviembre	29.51	10.43
	Diciembre	27.54	10.21
2014	Enero	26.27	10.33
	Febrero	26.44	11.25
	Marzo	26.44	12.01
	Abril	26.54	12.38
	Mayo	28.13	13.09
	Junio	30.58	13.24
	Julio	32.31	13.17
	Agosto	31.95	12.51
	Septiembre	31.86	12.16
	Octubre	30.60	11.38
	Noviembre	28.65	11.08
2015	Diciembre	26.85	10.49
	Enero	26.16	10.32
2015	Febrero	26.63	11.1
	Marzo	26.08	11.59
	Abril	27.41	12.5

7.1. Correlaciones

Existió correlación positiva para ambos sexos entre el índice gonadosomático e índice hepatosomático (Tabla 6 y 7). Mientras que la correlación de los factores ambientales (fotoperiodo y temperatura) en contraste con los índices somáticos (gonadosomático y hepatosomático) en hembras y machos únicamente existió correlación positiva contra el factor fotoperiodo (Tabla 8 y 9), en tanto que para los factores ambientales y las fases de desarrollo, solo existió correlación positiva entre el fotoperiodo y las hembras en fase de desarrollo avanzado y madurez, mientras que para la fase de reposo se determinó una correlación inversamente significativa contra el fotoperiodo, a diferencia de los machos que no se encontró correlación alguna entre estos factores (Tabla 10 y 11).

Tabla 6. Correlación entre los índices somáticos en hembras de *S. ensis* durante un ciclo reproductivo. Números en negritas, significa correlación significativa. IGS = Índice gonadosomático, IHS = Índice hepatosomático, K = Factor de condición, r = Coeficiente de correlación, $p = < 0.05$.

Hembras	IGS		IHS		K	
	r	p	r	p	r	p
IGS			0.6909	0.0186	-0.4909	0.1252
IHS	0.6909	0.01856			-0.4545	0.1601
K	-0.4909	0.1252	-0.4545	0.1601		

Tabla 7. Correlación entre los índices somáticos en machos de *S. ensis* durante un ciclo reproductivo. Números en negritas significa correlación significativa. IGS = Índice gonadosomático, IHS = Índice hepatosomático, K = Factor de condición, r = Coeficiente de correlación, $p = < 0.05$.

Machos	IGS		IHS		K	
	r	p	r	p	r	p
IGS			0.736364	0.0097	0.327273	0.3258
IHS	0.736364	0.0097			0.009091	0.9788
K	0.327273	0.3258	0.009091	0.9788		

Tabla 8. Correlación entre factores ambientales y los diferentes índices somáticos de las hembras de *S. ensis* durante un ciclo reproductivo. Números en negritas significa correlación significativa. IGS = Índice gonadosomático, IHS = Índice hepatosomático K = Factor de condición, r = Coeficiente de correlación, p = <0.05.

Hembras	IGS		IHS		K	
	r	p	r	p	r	p
Temperatura	-0.009	0.979	0.474	0.141	0.278	0.408
Fotoperiodo	0.636	0.035	0.900	0.000	-0.464	0.151

Tabla 9. Correlación entre los diferentes índices somáticos y los factores ambientales en machos de *S. ensis* durante un ciclo reproductivo. Números en negritas, significa correlación significativa. IGS = Índice gonadosomático, IHS = Índice hepatosomático, K = Factor de condición, r = Coeficiente de correlación, p = <0.05.

Machos	IGS		IHS		K	
	r	p	r	p	r	p
Temperatura	0.301	0.369	0.601	0.050	-0.050	0.884
Fotoperiodo	0.673	0.023	0.764	0.006	0.036	0.915

Tabla 10. Correlación entre los factores ambientales y las fases de desarrollo en hembras de *S. ensis* durante un ciclo reproductivo. Números en negritas significa correlación significativa, r = Coeficiente de correlación, p = <0.05.

	Temperatura		Fotoperiodo	
	r	p	r	p
Reposo	-0.331	0.320	-0.927	0.000
Desarrollo inicial	0.116	0.734	-0.232	0.493
Desarrollo avanzado	-0.162	0.633	0.629	0.038
Madurez	0.101	0.767	0.697	0.017
Desove	0.226	0.504	0.288	0.390
Postdesove	0.249	0.460	0.183	0.591

Tabla 11. Correlación entre los factores ambientales y las fases de desarrollo en machos de *S. ensis* durante un ciclo reproductivo. Números en negritas significa correlación significativa, r = Coeficiente de correlación, p = <0.05

Machos	Temperatura		Fotoperiodo	
	r	p	r	p
Inmaduro	0.065	0.858	0.208	0.565
Maduro	0.387	0.240	0.575	0.064
Espermiado	-0.389	0.237	-0.584	0.059

8. DISCUSIÓN

El intervalo de longitud para *S. ensis* en el presente estudio fue de 30.6 a 58.7 cm longitud total, mientras que Robertson y Allen (2018) reportan una talla record para *S. ensis* de 137 cm. Esto pudiera deberse a que los organismos fueron capturados cerca a la costa, y según Whitehead *et al.* (1986) los organismos de mayor tamaño se encuentran en mar abierto. Además se observó que las hembras alcanzan tallas mayores en contraste con los machos. Nikolsky (1963) sugiere que las hembras alcanzan mayor longitud como una estrategia reproductiva, debido a que esto les permite producir una mayor cantidad de huevos.

La proporción de sexos es útil para estimar el potencial reproductivo de los organismos (Hamano y Matsuura, 1987) y puede variar considerablemente entre especies, pero es común encontrar la proporción de 1:1 en el medio silvestre (Nikolsky, 1963), esta variación obedece a factores ambientales, genéticos, fisiológicos, evolutivos y de comportamiento (Guerrero-Estévez y Moreno-Mendoza, 2010). En el presente estudio se encontró una proporción sexual para *S. ensis* predominante por hembras de 1:1.99 (M:H) lo cual es muy similar a lo reportado en otros peces de la familia Sphyraenidae, tal es el caso de *S. guachancho* con una proporción sexual de 1:1.3 (M:H) (Bedia-Sánchez, Franco-López, y Barrera-Escorcía, 2011); 1:1.7 (M:H) para *S. barracuda* (Kadison *et al.*, 2010) y 1:1.6 (M:H) para *S. Novaehollandiae* (Bertoni y Dip, 1997).

La reproducción implica cambios energéticos y bioquímico en los órganos y tejidos de los teleósteos (Fernández-Palacios e Izquierdo, 2009) en éste sentido, el índice hepatosomático (IHS) y factor de condición (K) pueden ser bases que indiquen la cantidad de energía en los peces para realizar sus funciones vitales (Lambert y Dutil, 1997), mientras que el índice gonadosomático (IGS) es buen indicador de madurez sexual en teleósteos (Barber y Blake, 2006). Este se basa en la relación entre el peso de la gónada con respecto al peso total del pez (Bolguer y Connolly, 1989), la actividad reproductiva más alta es asociada con los valores más altos del IGS, mientras que los valores bajos se relacionan a épocas de descanso (Htun-Han, 1978). En este estudio se observó que la actividad reproductiva de *S. ensis* fue constante a lo largo del año, en todos los meses se presentaron hembras

en estadio de madurez, esto puede obedecer a que en las latitudes tropicales las condiciones climatológicas no presentan cambios abruptos y con estas condiciones óptimas que permiten la producción de alimento para los reproductores y prole (excepto en octubre, noviembre y diciembre), siendo abril, mayo y junio los meses de mayor actividad reproductiva, lo cual coincide con los índices somáticos (IGS e IHS) más altos y con correlación estadísticamente significativa para ambos sexos entre el IGS e IHS. Mientras que la época reproductiva de *S. novaehollandiae* ocurre durante el verano, de noviembre a febrero (Bertoni, 1994), *S. viridensis* de mayo a julio (Villegas *et al.*, 2014), *S. sphyraena* a mediados de la primavera (abril) y finales del verano (septiembre), cuando existe mayor disponibilidad de alimento, lo cual le garantizará mayor porcentaje de supervivencia a su prole (Wadie *et al.*, 1988), *S. chrysoaenia* de agosto a noviembre entre el verano y otoño (Zouari *et al.*, 2009) y *S. guachancho* mientras sucede el temporal de lluvias (junio-septiembre) y durante el temporal de nortes que se extiende de octubre a febrero (Bedia *et al.*, 2011). La reproducción de teleosteos es un proceso de marcado carácter rítmico que se ve influenciado por distintos factores ambientales cíclicos, dentro de los que destaca la temperatura y fotoperiodo (Bayarri *et al.*, 2002; Carrillo *et al.*, 2009) siendo el fotoperiodo el más importante y en general se considera que es el determinante principal de la maduración de la mayoría de los peces. Se estima que el fotoperiodo es la señal ambiental más fiable para los ajustes diarios o estacionales de las funciones biológicas, dado que esta señal está libre de ruido ambiental, permanece constante a través de los años y refleja la estacionalidad dependiendo de la estación (Carrillo *et al.*, 2009). De acuerdo a lo que ya ha sido documentado con respecto a la influencia de la temperatura y fotoperiodo en el proceso reproductivo, en esta investigación se observó que para *S. ensis* el fotoperiodo es el factor determinante en su actividad reproductiva, ya que se determinó una correlación positiva estadísticamente significativa entre el fotoperiodo y los índices gonadosomático y hepatosomático para machos y hembras, así también existió tal correlación entre el fotoperiodo y el estadio de desarrollo avanzado y madurez de las hembras, no siendo así para la temperatura. Esto se debe principalmente a que el fotoperiodo es un factor próximo o predictivo; este tipo de factores son los responsables del inicio

de la maduración, activando el eje reproductivo (cerebro-hipófisis-gónada) e iniciando la utilización de las principales fuentes energéticas para el crecimiento gonádico, por su parte la temperatura es un factor de sincronización, su función es sincronizar el inicio de la reproducción, de acuerdo a las condiciones óptimas para la sobrevivencia de las crías, por lo tanto inducen a la maduración final y el desove (Munro, 1990; Davies y Bromage, 2002).

La talla de primera madurez en la presente investigación para ambos sexos fue de 37.9 cm. contrario a lo que sugiere De Sylva (1963) que los machos de barracuda alcanzan su madurez sexual entre los 46 y 50 cm y las hembras entre los 58 y 66 cm. de longitud total, mientras que Kadison (2010) reporta la madurez sexual para machos a los 62.6 cm. y hembras a los 74.5 cm. por su parte Akadje (2013) reporta la talla de primera madurez a los 28.8 cm. Tales diferencias entre la talla de primera madurez propuestas en este trabajo y lo propuesto por De Sylva (1963), Kadison (2010) y Akadje (2013) pueden obedecer a que fueron utilizados distintos análisis y métodos de captura, sin dejar de lado la posibilidad de diferencias demográficas y fisiológicas de las especies.

9. CONCLUSIONES

-En la costa San Blas Nayarit la población de *S. ensis* presenta una proporción sexual de 1:1.99 M:H

-La mayor actividad reproductiva de *S. ensis* coincide con índice gonadosomático y hepatosomático alto, el cual disminuye conforme transcurre el periodo de reproducción.

-*S. ensis* se reproduce a lo largo de todo el año, presentando su mayor actividad reproductiva de marzo a junio.

-El desarrollo gonadal de *S. ensis* es asincrónico, por lo cual se considera que son desovadores parciales.

-La maduración gonádica de *S. ensis* inicia cuando el fotoperiodo comienza a incrementar de forma gradual y este es el principal factor ambiental que regula la maduración gonádica.

-Ambos sexos alcanzan su madurez sexual a los 37.9 cm de longitud total.

-Las hembras alcanzan mayor talla y peso que los machos.

10. REFERENCIAS

- Aguilar-Covarrubias, (2016). Estructura de Tallas y Relación Peso-Longitud de la Barracuda Mexicana, *Sphyraena ensis* (actinopterygii: sphyraenidae) en la Costa de san Blas Nayarit, México (Tesis de Pregrado). Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Akadje, C., Diaby, M., Le Loc'h, F., Konan, J.K., & N'da, K. (2013). Diet of the barracuda *Sphyraena guachancho* in Ivory Coast, Equatorial Eastern Atlantic Ocean. *Cybium*, 37(4), 285-293. <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010061724>
- Akyol, O. (2015). Additional record of the yellowmouth barracuda, *Sphyraena viridensis* Cuvier, 1829 (Perciformes: Sphyraenidae) from the NE Aegean Sea, Izmir Bay, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 31(5), 919-921. doi: 10.1111/jai.12832
- Arellano-Martínez, M. (1997). Biología reproductiva del ángel rey *Holocanthus passer* Valenciennes, 1846 y del ángel de cortés *Pomacanthus zonipectus* (Gill, 1863) (Teleostei: Pomacanthidae), en la costa sur-occidental del Golfo de California, México. (Tesis de Maestría). CICIMAR-IPN, México.
- Balinsky, B.I. (1978). Introducción a la embriología. Barcelona, España, Editorial Omega., 664 pp.
- Barber, B.J., & Blake, N.J. (2006) Reproductive Physiology, In S.E. Shumway & G.J. Parsons (Eds), *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture* (pp 357-416). Amsterdam, Hollande, Elsevier Press., 1460 pp.
- Bayarri, M.J., Rodriguez, L., Zanuy, S., Madrid, J.A., Sanchez-Vazquez, F.J., Kagawa, H., Okuzawa, K., & Carrillo, M. (2004). Effect of photoperiod manipulation on the daily rhythms of melatonin and reproductive hormones in caged European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *General and Comparative Endocrinology*, 136(1), 72-81. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2003.12.004>
- Bayarri, M. J., Madrid, J.A., & Sánchez-Vázquez, F.J. (2002) Influence of light intensity, spectrum and orientation on sea bass plasma and ocular melatonin. *Journal of Pineal Research*, 32(1), 34-40. <https://doi.org/10.1034/j.1600-079x.2002.10806.x>
- Bedia-Sánchez, C., López, J.F., & Barrera-Escorcía, H. (2011). Análisis de la relación peso-longitud, alimentación y maduración gonádica de *Sphyraena guachancho* Cuvier,

1829 (Sphyraenidae) en Playa Barrancas, Municipio de Alvarado, Veracruz. *Revista de Zoología*, (22), 23-32.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49821222003>

Bermejo-Méndez, A.M., & Sánchez-Díaz, J.A. (1990). Contribución al conocimiento de la biología pesquera de *Sphyraena ensis* (bicuda) en la bahía de Matanchén, San Blas, Nayarit, México (Tesis de Pregrado). Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit, México.

Bertoni, M. D., & Dip, G. (1997). Fishery, Reproductive Biology, Feeding & Growth of the Snook (SPHYRAENIDAE: *Sphyraena novaehollandiae*) in South Australia (Report No. 127). Australia, Australian Maritime College Press., 101 pp.

Blaskovic, V., Fernández, D., & Navarro, I. (2008). Hábitos alimentarios de las principales especies costeras del litoral de tumbes en el 2007. Informe técnico anual. Instituto del Mar del Perú. Informe Interno.

Boada, C., Fraile, F.J., Jiménez-Prado, P., & Valencia, J. (2009). Fauna de Vertebrados del Ecuador, Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador, Quito., 93 pp.

Bolger, T., & Connolly, P.L. (1989). The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *Journal of Fish Biology* 34(2), 71-182.

<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1989.tb03300.x>

Bottinelli, D.J., & Allen, L.G. (2007). A re-evaluation of age, growth, and batch fecundity in the California barracuda, *Sphyraena argentea*, from Southern California based on specimens taken from 2000 to 2002. *California Fish and Game*, 93(4), 167-199.

<https://www.researchgate.net/publication/239730445>

Bromage, N.R., Porter, M.J.R., & Randall, C.F. (2001). The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture*, 197(1), 63-98.

[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00583-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00583-X)

Carrillo, M., Zanuy, S., Felip, A., Bayarri, M.J., Moles, G., & Gómez, A. (2009). Hormonal and environmental control of puberty in perciform fish. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1163(1), 49-59.

Doi:10.1196/annals.1388.047.

- Ceballos-Vázquez, B.P. (1993). Biología reproductiva del "Conejo" *Caulolafilus affinis*, Gil, 1865 (Pistes: Branchiostegidae), en el canal Cerralvo, B.C.S., México. (Tesis de Maestría). CICIMAR-IPN, México.
- Chirichigno, N., & Cornejo, M. (2001). Catálogo comentado de los peces marinos del Perú.
- Clark, R.W., Henderson-Arzapalo, A., & Sullivan, C.V. (2005). Disparate effects of constant and annually-cycling daylength and water temperature on reproductive maturation of striped bass (*Morone saxatilis*). *Aquaculture*, 249(1-4), 497-513. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.001>
- Curtís, H., Barnes, N.S., Schnek, A., & Flores, G. (2000). Biología. España, Editorial Médica Panamericana., 1496 p.
- Davies, B., & Bromage, N. (2002). The effects of fluctuating seasonal and constant water temperatures on the photoperiodic advancement of reproduction in female rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 205(1-2), 183-200. DOI:10.1016/S0044-8486(01)00665-2
- De Sylva, D.P. (1963). Systematics and Life History of the Great Barracuda *Sphyræna barracuda* (Walbaum). Coral Gables (FL): University of Miami Press., 179 pp.
- Doiuchi, R., Bogorodsky, S., & Nakabo, T. (2011). An underwater photograph of *Sphyræna iburiensis* (Perciformes: Sphyrænidae) from the Red Sea: first record outside Japanese waters. *Ichthyological research*, 58(1), 99-100. <https://doi.org/10.1007/s10228-010-0180-4>
- Erisman, B.E., Rosales-Casián, J.A., & Hastings, P.A. (2008). Evidence of gonochorism in a grouper, *Mycterperca rosacea*, from the Gulf of California, Mexico. *Environmental Biology of Fishes*, 82(1), 23-33. <https://doi.org/10.1007/s10641-007-9246-1>
- FAO, (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma., 224 pp.
- Fernández-Palacios, H., & Izquierdo, M.S. (2009) efecto de la dieta de los reproductores sobre la puesta. In M. Carrillo (Eds), La reproducción en los peces: aspectos básicos y su aplicación en la acuicultura (pp 337-380). Fundación OESA. Madrid, España. CSIC Press., 718 pp.

- García-Allegue, R., Madrid, J.A., & Sánchez-Vázquez, F.J. (2001) Melatonin rhythms in European sea bass plasma and eye: influence of seasonal photoperiod and water temperature. *Journal of pineal research*, 31(1), 68-75.
<https://doi.org/10.1034/j.1600-079X.2001.310110.x>
- González, J.I. (2011). Predicción de mareas en México. <http://oceanografia.cicese.mx/predmar>. Acceso: abril 2018.
- Gutiérrez, C. (2005). Pesca en América Latina: enfoque ecosistémico para la rentabilidad económica. *Recuperado de: http://www.ecoportel.net/Eco-Noticias/Pesca_en_America_Latina_enfoque_ecosistemico_para_la_rentabilidad_economica*.
- Hernández-Olalde, L. (2008). Ecología reproductiva de peces de arrecife rocoso en el suroeste del Golfo de California, México. (Tesis doctoral). CICIMAR-IPN, México.
- Houillon, C. (1978). Sexualidad. Barcelona, Ediciones Omega, S.A., 202 pp.
- Htun-Han, M. (1978). The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L) in the North Sea: gonadosomatic index, hepatosomatic index and condition factor. *Journal of Fish Biology*, 13(3), 369-378.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1978.tb03445.x>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). Recuperado de www.inegi.org.mx
- Kadison, E., D'Alessandro, K., Davis, O., & Hood, P. (2010). Age, growth, and reproductive patterns of the great barracuda, *Sphyraena barracuda*, from the Florida Keys. *Bulletin of Marine Science*, 86(4), 773-784. **DOI: 10.5343/bms.2009.1070**
- Kahru, M., Kudela, R.M., Manzano-Sarabia, M., & Mitchell, B.G. (2012). Trends in the surface chlorophyll of the California Current: Merging data from multiple ocean color satellites. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 77, 89-98.
<https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2012.04.007>
- Kah, O., Anglade, I., Leprêtre, E., Dubourg, P., & Monbrison, D. (1993) The reproductive brain in fish. *Fish Physiology Biochemistry*, 11(1-6), 85-98.
<https://doi.org/10.1007/BF00004554>
- Kalogirou, S., Mittermayer, F., Pihl, L., & Wennhage, H. (2012). Feeding ecology of indigenous and non-indigenous fish species within the family Sphyraenidae. *Journal of fish biology*, 80(7), 2528-2548.

<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2012.03306.x>

Lagler, F.K., Bardach, J.E., Millar, R., & Pasi3n, D.R.M. (1984). Ictiolog3a. M3xico, Editorial AGT., 489 pp.

Lambert, Y., & Dutil, J.D. (1997) Can Simple Condition Indices Be Used to Monitor and Quantify Seasonal Changes in the Energy Reserves of Atlantic cod (*Gadus morhua*) *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54,(s1), 104-112.

<https://doi.org/10.1139/f96-149>

Lender, T., Delavault, R., & Le-Moigne, A. (1982). Diccionario de biolog3a. Barcelona Ediciones Grijalbo, S.A., 203 pp.

Maitra, S.K., Seth, M., & Chattoraj, A. (2006). Photoperiod, pineal photoreceptors and melatonin as the signal of photoperiod in the regulation of reproduction in fish. *Journal of Endocrinology and Reproduction*, 10(2), 73-87.

Matsuyama, M., Nagahama, Y., & Matsursa, S. (1991). Observations on ovarian follicle ultrastructure in the marine teleost, *Pagrus major*, during vitellogenesis and oocyte maturation. *Aquaculture*, 92, 67-82.

[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(91\)90009-V](https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90009-V)

Munro, A.D. (1990). General introduction. In A.D. Munro., A.P. Scott. & T.J. Lam (Eds), *Reproductive Seasonality in Teleosts: Environmental Influences* (pp. 1-12). Boca Raton, FL, USA, CRC Press., 264 pp

Nagahama, Y. (1983). The Functional Morphology of Teleost Gonads. In W.S. Hoar, D.J. Randall & E.M. Donaldson. (Eds), *Fish physiology* (pp. 223-275). New York Academic Press., 483 pp

Nelson, J.S., Grande, T.C., & Wilson, M.V.H. (2016). *Fishes of the World*, New Jersey, USA, John Wiley & Sons Press., 601 pp.

Nelson, J.S. (1984). *Fishes of the World*, New York, USA, John Wiley & Sons Press., 523 pp.

Nikolsky, G.V. (1963). *The ecology of fishes*. London, Academic Press., 352 pp.

Rodr3guez-Ibarra, L.E. (2002). Composici3n espec3fica y estructura espacio-temporal de la taxocenosis de lenguados (Pleurinectiformes: Osteichthyes) en la Plataforma Continental de Jalisco y Colima, M3xico (Tesis de Maestr3a). Universidad de Colima. Tecoman, Colima, M3xico.

- Rodríguez-Gutiérrez, M. (1992). Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. México, Editor A.G.T. S.A., 79 pp.
- Robertson, D.R., & Allen, G.R. (2015). Peces Costeros del Pacífico Oriental Tropical: Sistema de Información en Línea. Versión 2.0 Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, Balboa, República de Panamá. Recuperado de <https://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/es/pages>
- Saborido-Rey, F. (2014). Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Digital CSIC Ed. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/39394429>. 71 pp.
- Sadovy de Mitcheson, Y., & Liu, M. (2008). Functional hermaphroditism in teleosts. *Fish and Fisheries*, 9(1), 1-43. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2007.00266.x>
- Sánchez-Cárdenas, R. (2007). Estrategia reproductiva de *Sphoeroides annulatus* (Jenyns, 1842) (Tetraodontidae) en la costa de Mazatlán, Sinaloa, México. (Tesis de Maestría). CICIMAR-IPN. México.
- Shulman, G.E., & Love, R.M. (1999). The Biochemical Ecology of Marine Fishes, Advances in Marine Biology. San Diego, USA, Academic Press., 351 pp.
- Sommer, C. (1995). Sphyraenidae. Barracudas, Picudas. En guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. (pp. 1618-1621). Roma, Italia., 1813 pp.
- Tyler, C.R., & Sumpter, J.P. (1996). Oocyte growth and development in teleost. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 6(3), 287-318. <https://doi.org/10.1007/BF00122584>
- Villegas-Hernández, H., Muñoz, M., & Lloret, J. (2014). Life-history traits of temperate and thermophilic barracudas (Teleostei: Sphyraenidae) in the context of sea warming in the Mediterranean Sea. *Journal of fish biology*, 84(6), 1940-1957. <https://doi.org/10.1111/jfb.12411>
- Viana, M.T. (2009). La ictiología marina en México, La enciclopedia de las ciencias y la tecnología en México, México.
- Wadie, W., Riskalla, S., & Dowidar, N. (1988). Maturity of family Sphyraenidae in the southeastern Mediterranean Sea. *Rapport du la Commission Internationale pour Mer Méditerranée* (Report No. 40). Marseille, France 269 pp.

Wallace, R.A., & Selman, K. (1981). Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. *American Zoologist*, 21(2), 325-343. <https://doi.org/10.1093/icb/21.2.325>

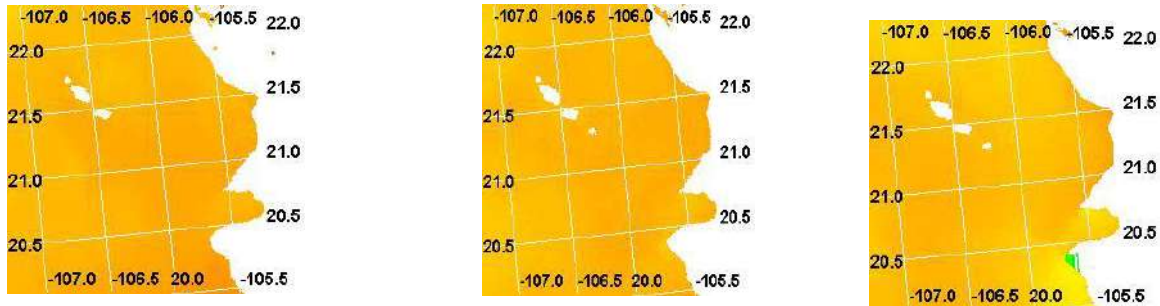
Wootton, R.J. (1984). Fish reproduction. In G.W. Potts & R.J. Wootton (Eds), *Strategies and tactics* (pp. 1-12). New York, Academic Press., 410 pp.

Zohar, Y., & Mylonas, C.C. (2001) Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes. *Aquaculture* 197: 99-136.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-50913-0.50009-6>

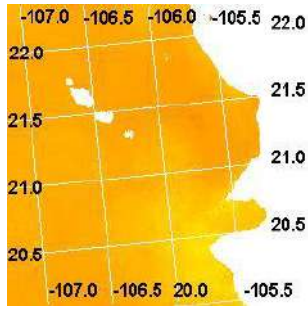
Zouari-Ktari, R., Bradai, M.N., & Bouain, A. (2009). Reproduction and Growth of the Yellowstripe Barracuda *Sphyraena chrysotaenia* Klunzinger, 1884, in Central Mediterranean. *Reviews in Fisheries Science*, 17(4), 485-493.
<https://doi.org/10.1080/10641260903082471>

11. ANEXO

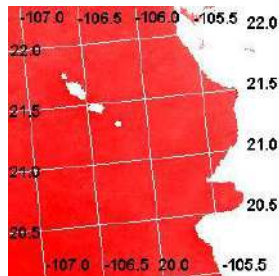
Anexo 1. Imágenes de la temperatura superficial promedio del mar en la costa de San Blas, Nayarit, de febrero de 2014 a enero de 2015.



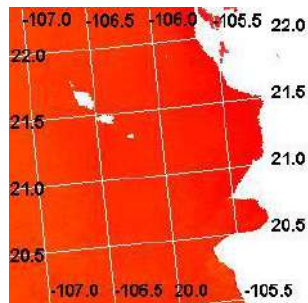
Enero 2014



Abril 2014



Julio 2014

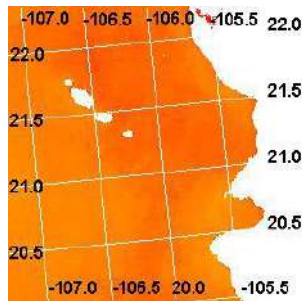


Octubre 2014

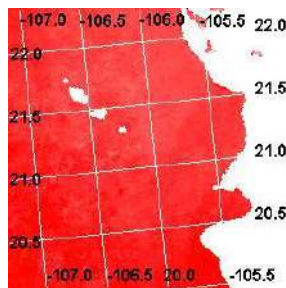


Enero 2014

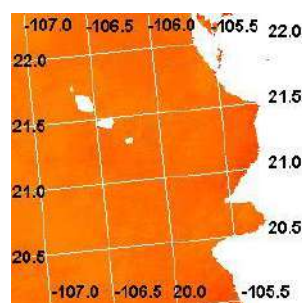
Febrero 2014



Mayo 2014



Agosto 2014

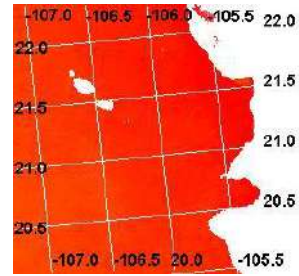


Noviembre 2014

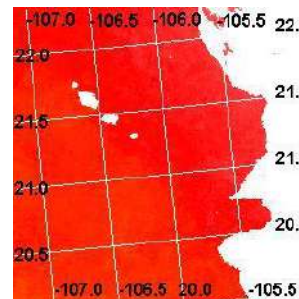


Noviembre 2014

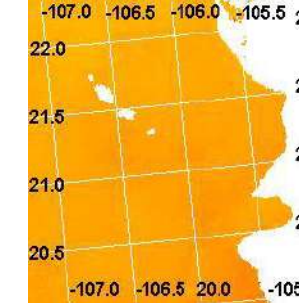
Marzo 2014



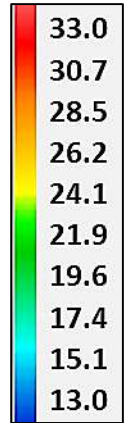
Junio 2014

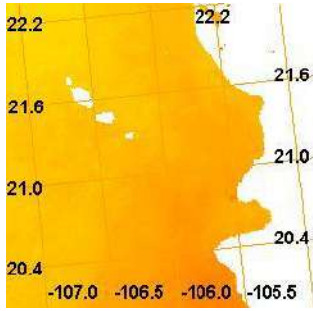


Septiembre 2014

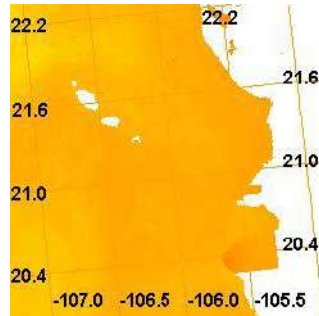


Diciembre 2014





Enero 2015



Febrero 2015

