



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

Aspectos biológicos de *Mulloidichthys dentatus*
(Gill, 1862) de la pesca artesanal de Puerto
Ángel, Oaxaca.

Tesis

Que para obtener el Título de

Biólogo

Presenta

Salinas Moreno Sthefani Joana



Director de Tesis: Dr. Isaías H. Salgado-
Ugarte

Ciudad de México, Mayo 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"
DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
P R E S E N T E.

Comunico a usted que la alumna **SALINAS MORENO STHEFANI JOANA**, con número de cuenta **309131872**, de la carrera de Biología, se le ha fijado el día **23 de mayo de 2017** a las **15:00 hrs.**, para presentar examen profesional, el cual tendrá lugar en esta Facultad con el siguiente jurado:

PRESIDENTE M. en C. ERNESTO MENDOZA VALLEJO

VOCAL Dr. ISAÍAS HAZARMABETH SALGADO UGARTE

SECRETARIO Biól. ANGÉLICA ELAINE GONZÁLEZ SCHAFF

SUPLENTE Dra. BERTHA PEÑA MENDOZA

SUPLENTE M. en C. VERÓNICA MITSUI SAITO QUEZADA

El título de la tesis que presenta es: **Aspectos biológicos de *Mulloidichthys dentatus* (Gill, 1862) de la pesca artesanal de Puerto Ángel, Oaxaca.**

Opción de titulación: Tesis.

Agradeceré por anticipado su aceptación y hago propia la ocasión para saludarle.

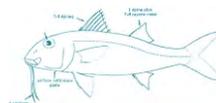
ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Ciudad de México, a 18 de abril de 2017

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NÚÑEZ
DIRECTOR



RECIBÍ
OFICINA DE EXÁMENES
PROFESIONALES Y DE GRADO

VO. BO.
M. en C. ARMANDO CERVANTES SANDOVAL
JEFE DE CARRERA



Dedicatoria

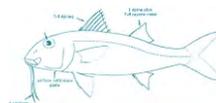
A mis padres Mariana Moreno Silva y Julio Salinas Zeferino por el apoyo recibido durante todos estos años en especial en estos momentos por darme las palabras de aliento para seguir adelante. Gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas, este proyecto es para ustedes.

A mis hermanas Brenda Itzel Salinas Moreno y Ameyali Joselyn Salinas Moreno por siempre hacerme reír por estar en cada momento a ustedes dos por hacer de mi vida tan agradable y las quiero mucho.

A mis abuelos Isaías Salinas Calderón y Elda Zeferino Silva por siempre estar conmigo en cada momento importante, abuelito porque a pesar de estar físicamente sé que estarás cuidándome y muy orgulloso por este logro te quiero mucho.

A mi abuelita Fidelia Silva Arellano gracias por su apoyo por sus palabras por siempre confiar en mí, en su gran amor y paciencia hacia mí.

A ti Francisco Javier Colín Hernández por acompañarme apoyarme en cada momento de la carrera no tengo palabras para agradecer todo lo que me has brindado .Te quiero mucho.



Agradecimientos

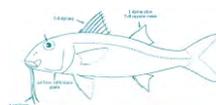
A la Universidad Nacional Autónoma de México que me abrió las puertas a través del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente y mediante la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza me permitió este crecimiento académico.

A cada uno de los profesores de la FES Zaragoza por transmitir sus conocimientos así como el apoyo para el uso de los laboratorios y prácticas de campo durante mi periodo de estudio que me permitió concluir satisfactoriamente esta investigación

A mi director de tesis el Dr. Isaías H. Salgado Ugarte por darme la oportunidad de trabajar en el Laboratorio de Biometría y Biología Pesquera, por el gran apoyo brindado, por transmitir sus conocimientos, su paciencia, tiempo y proporcionar cada uno de los programas utilizados en este proyecto, muchas gracias Doctor.

A mis sinodales Biól. Angélica Elaine González Schaff, M. en C Ernesto Mendoza Vallejo, M. en C. Verónica Mitsui Saito Quezada y Dra. Bertha Peña Mendoza por sus valiosas apreciaciones, consejos y correcciones para que este trabajo pudiera ser mejor. Por tomarse el tiempo en analizar las páginas de esta tesis. Muchas gracias.

A mis padres Mariana Moreno Silva y Julio Salinas Zeferino que me brindaron su apoyo, consejo y en los momentos más difícil me alentaron a seguir adelante, anhelando que siempre me preparara para enfrentarme a la vida. Hoy se ven culminados nuestros esfuerzos y mis deseos, iniciándose así una etapa en mi vida, en la que siempre estarán en mi corazón.



A Francisco Javier Colín Hernández por tu cariño, tu amor, tus grandes manifestaciones de afecto, por impulsarme y acompañarme en cada etapa para terminar este proyecto.

A mi amiga Iris Vianey Islas Espinoza por esta desde principio a fin en esta etapa por ser siempre parte de mi equipo a pesar de las diferencias que teníamos y de mi mal genio. Amiga te quiero muchísimo y siempre contarás conmigo para lo que necesites.

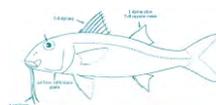
Gracias a mi familia y amigos que siempre me brindaron un gran apoyo, me dieron palabras de ánimo, se preocupaban cada día por mi avance y desarrollo de esta tesis.

A mis “Kittyamigas” Juana (Estrellita), Vane, Mariana, Thaly, Mily, Ana Lucia siempre estuvieron preguntando y apoyando cada avance de esta tesis las quiero mucho.

A las personas que hicieron posible la captura de las muestras en Puerto Ángel, Oaxaca. El señor Ernesto, señor Manolo y a sus familias.

Sthefani Joana Salinas Moreno

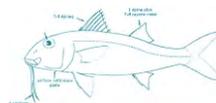
Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM- PAPIIME: 206213; PAPIIT: IG201215



“NUNCA CONSIDERES EL ESTUDIO COMO UNA OBLIGACIÓN
SINO COMO UNA OPORTUNIDAD PARA PENETRAR EN EL BELLO
MUNDO DEL SABER”
ALBERT EINSTEIN

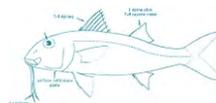
“SI BUSCAS RESULTADOS DISTINTOS. NO HAGAS SIEMPRE LO
MISMO”
ALBERT EINSTEIN

“DE ESO SE TRATA, DE COINCIDIR CON GENTE QUE TE HAGA
VER COSAS QUE TÚ NO VES. QUE TE ENSEÑEN A MIRAR CON
OTROS OJOS”
MARIO BENEDETTI

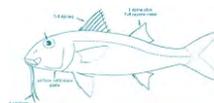


Índice

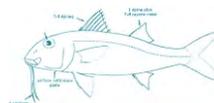
Índice	vii
Índice de Tablas.....	x
Índice de Imágenes.....	xi
Índice de gráficas.....	xii
Abreviaturas.....	xiv
Resumen	1
Introducción	3
Marco Teórico.....	7
Reproducción.....	7
Índices Morfofisiológicos	11
Antecedentes.....	16
Clasificación de <i>Mulloidichthys dentatus</i> (Gill, 1862).....	19
Zona de estudio	21
Litoral Marino.....	23
Justificación	25



Hipótesis	25
Objetivos	26
Objetivo General.....	26
Objetivos Particulares.....	26
Material y Método	27
Trabajo de Campo.....	27
Laboratorio.....	28
Gabinete.....	30
Relación peso-longitud.....	30
Composición por tallas.....	31
Proporción Sexual.....	31
Factor de condición.....	32
Índice gonadosomático (IGS).....	32
Índice hepatosomático (IHS).....	32
Talla de Primera madurez sexual.....	33
Estadio de Madurez Sexual	33
Resultados	35

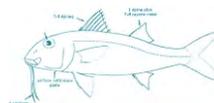


Relación Peso-Longitud	36
Composición por tallas	37
Proporción Sexual.....	40
Índices Morfofisiológicos	42
Temperatura Superficial del mar	47
Primera Talla de Madurez Sexual (King, 1985)	51
Análisis de resultados	57
Conclusiones	62
Bibliografía	64



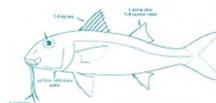
Índice de Imágenes

Figura 1.-Ubicación de las gónadas en los peces teleósteos (Lagler <i>et al.</i> ,1990). 9	
Figura 2.- Sistema reproductor de las hembras teleósteos (modificado de Kobelkowsky, 2005)..... 10	
Figura 3.- Sistema reproductor de los machos peces óseos (<i>Fuente:</i> Kobelkowsky, 2005)..... 11	
Figura 4.- Foto de <i>Mulloidichthys dentatus</i> “Chivo Barbón” Tomado de Fishbase, http://www.fishbase.org por Allen, GR (Froese y Pauly, 2001) 20	
Figura 5.- Ubicación de la zona de estudio modificación de Esri (2016), INEGI (2016) y Google Earth (2016)..... 21	
Figura 6.- Climograma de Puerto Ángel, Oaxaca 22	
Figura 7.-Colecta de la muestra 27	
Figura 8.- Biometría de <i>Mulloidichthys dentatus</i> 28	
Figura 9.- Examen gonádico 29	
Figura 10.- Extracción de las vísceras..... 29	

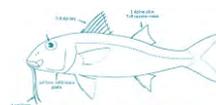


Índice de gráficas

Gráfica 1.- Organismos obtenidos durante el muestreo	35
Gráfica 2.- Relación Peso-Longitud hembras e indeterminados	36
Gráfica 3.- Relación Peso-Longitud de machos e indeterminados	37
Gráfica 4.- EDK para el total por longitud patrón de los organismos <i>M. dentatus</i> .	38
Gráfica 5.- EDKs mensuales por longitud patrón de <i>M. dentatus</i>	39
Gráfica 6.- Frecuencia total de organismos de <i>M. dentatus</i> en cada sexo.....	40
Gráfica 7.- Proporción sexual mensual de organismos de <i>M. dentatus</i> , discriminando por sexos	42
Gráfica 8- Índice Gonadosómico en machos, discriminado por días (fecha de muestreo).....	43
Gráfica 9- Índice Gonadosómico en hembras, discriminado por días (fecha de muestreo).....	43
Gráfica 10.- Índice Hepasomático en machos de <i>M. dentatus</i> , discriminado por días(fecha de muestreo)	44
Gráfica 11.- Índice Hepasomático en hembras de <i>M. dentatus</i> , discriminado por días(fecha de muestreo)	45
Gráfica 12.- Factor de condición relativa en machos de <i>M. dentatus</i> , discriminada por días (Fecha de muestreo)	46



Gráfica 13.- Factor de condición relativa en hembras de <i>M. dentatus</i> , discriminada por días (Fecha de campo)	46
Gráfica 14.- Relación del índice gonadosomático en machos con la temperatura superficial de <i>M. dentatus</i> , discriminado por días (fecha de muestreo)	48
Gráfica 15.- Relación del índice gonadosomático en hembras con la temperatura superficial de <i>M. dentatus</i> , discriminado por días (fecha de muestreo)	49
Gráfica 16.- Relación de los índices Morfofisiologicos machos de <i>M. dentatus</i> , discriminado por días (fecha de muestreo)	50
Gráfica 17.- Relación de los índices Morfofisiologicos en hembras de <i>M. dentatus</i> , discriminado por días (Fecha de campo)	50
Gráfica 18.- Talla de primera madurez sexual para machos de <i>M. dentatus</i>	51
Gráfica 19.- Talla de primera madurez sexual para hembras de <i>M. dentatus</i>	52
Gráfica 20.- Talla de primera madurez sexual combinada de <i>M. dentatus</i>	53
Gráfica 21.- Madurez sexual total de <i>M. dentatus</i>	54
Gráfica 22.- Estadio de madurez sexual, discriminado por fecha de muestreo de <i>M. dentatus</i>	56



Resumen

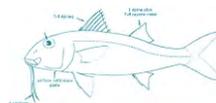
La presente investigación se realizó para conocer y describir el periodo de reproducción de *Mulloidichthys dentatus* obtenido de la pesca artesanal de Puerto Ángel, Oaxaca. El conocimiento de los aspectos biológicos básicos permitió establecer criterios que contribuirían a mejorar el aprovechamiento de los recursos pesqueros. Para esta investigación se realizaron colectas mensuales en lo posible de enero 2015 a agosto del 2016, en Puerto Ángel, Oaxaca.

El total de los organismos estudiados (79) fueron medidos (promedio): Longitud total (30.97 cm), furcal (26.66 cm), patrón (24.95cm) y altura (6.95 cm); pesados: peso total (384.42 g) y disectados para determinar el sexo y obtener el peso eviscerado (347.94g) de las gónadas (16.85g) y del hígado (2.68g).

La relación peso eviscerado - longitud patrón en hembras fue $P=0.079(Lp)^{2.6039}$ y en machos $P=0.0465(Lp)^{2.7627}$; el intervalo de confianza para el exponente de alometría contuvo al cero lo que indicó un crecimiento isométrico con tendencia a la alometría negativa.

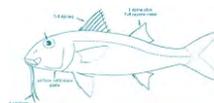
Para conocer la composición de tallas se utilizaron los estimadores de densidad por kernel (EDKs) de la longitud patrón con la amplitud de banda óptima de Silverman, lo que permitió observar una distribución con tres modas (13.66, 19.03 y 25.86).

La proporción sexual en la población se encuentra de 1.14:1.00 (hembras: machos, $\chi^2 = 2.7$, $P = 0.64$) sugiere que la población se encuentra en un estado potencialmente adecuado para la reproducción y estable.



Los índices morfofisiológicos sugieren que esta especie se reproduce durante los meses de enero a marzo; entre IGS e IHS así como entre IGS y Kr se registraron relaciones directas.

La talla de primera madurez sexual fue de 25.24 cm de Longitud patrón (Lp) para machos, mientras que para las hembras de 25.42 cm de Lp; los estadios de madurez gonádica indican que la fase V se encuentra en los meses de enero y marzo lo cual indica el periodo de reproducción de la especie.



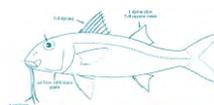
Introducción

Para cubrir las necesidades alimenticias crecientes de un país como México, se requiere, entre otras cosas, del aprovechamiento racional de los recursos naturales disponibles. Los recursos pesqueros, si bien su explotación aún se encuentra en vías de ser racional y planificada, representan una solución alternativa al problema alimentario de gran parte de la población (Ruiz-Durá, 1978)

La pesca es una actividad que el hombre ha practicado desde hace miles de años; es la actividad humana más realizada en los sistemas acuáticos en todo el planeta y representa la principal actividad de explotación de recursos naturales que se realiza en la actualidad. Esta actividad es una de las principales fuentes de alimentación para la población, formando parte de la economía de las naciones y generando fuentes de empleo de manera directa e indirecta (Ancona *et al.*, 2004; Montana-Camacho, 2005; Coayla y Rivera, 2008).

Así mismo esta actividad enfrenta diferentes problemas, como son que el número de animales capturados se ha mantenido, además se considera que del 71% al 78% de las especies se encuentran plenamente explotados, en exceso, agotadas o en recuperación de la misma. Además el porcentaje de poblaciones ha ido en aumento, ya que se calcula que aproximadamente 29.9% de las poblaciones mundiales están sobreexplotadas, y solo el 2.7% de las poblaciones no están plenamente explotadas, es decir que se encuentran sometidas a una presión pesquera relativamente baja y tienen ciertas posibilidades de aumentar su producción (FAO, 2012).

Los antecedentes y/o conocimiento que se tiene de las especies acuáticas que habitan actualmente en los mares, permiten entre otras cosas, proponer estrategias de explotación encaminadas a su conservación y con esto, generar fuentes de proteína de origen animal para el consumo humano, así como el



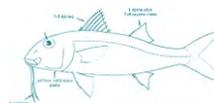
incrementar las fuentes de trabajo derivadas del establecimiento de pesquerías (Arredondo, 1993)

Dada la importancia que representan los recursos pesqueros para la población en general, resulta necesario cubrir la demanda social de los productos pesqueros y al mismo tiempo protegerlos, sobre todo ante la actual situación en la que se encuentran a nivel mundial, resulta necesaria la elaboración y aplicación de planes de ordenación efectivos para la recuperación de las poblaciones sobreexplotadas, los cuales estén basados en estudios biológicos y ecológicos (Pérez-Olivares, 2014).

La pesca artesanal es un tipo de actividad pesquera que utiliza técnicas tradicionales con poco desarrollo tecnológico. Se practica a bordo de pequeños barcos en zonas costeras a no más de 10 millas de distancia, dentro de lo que se llama mar territorial. Se mantiene en regiones poco desarrolladas donde la producción es escasa y sirve básicamente para el autoconsumo; solo una pequeña parte se destina al mercado (Agüero, 1992).

Los pescadores artesanales, ribereños o de pequeña escala, son aquellos que tienen como actividad primordial la pesca artesanal que como se mencionó anteriormente, comúnmente se realiza en aguas costeras, lagunas y ríos, utiliza embarcaciones menores equipadas con distinto desarrollo tecnológico pero exclusivamente diseñadas para la captura y no para la conservación, las cuales poseen pocas horas de autonomía para la navegación por lo que diariamente desembarcan su producto en diversos puntos del litoral. De esto se debe destacar la importancia de la fuerza de trabajo sobre la inversión de capital, la tendencia a mantener una pesquería diversificada en especies y la plurifuncionalidad de la labor del pescador (Charles, 1991; Lobato, 1996; Alcalá, 1999).

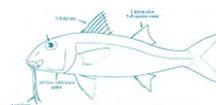
A este tipo de pesca (pesca artesanal) se le considera menos impactante para los ecosistemas, comparado con la pesca industrial, debido a que en la pesca artesanal las capturas son relativamente reducidas en coste por el elevado



por su volumen de extracción o por la importancia comercial (Flores y Smith, 2010).

La reproducción es el proceso biológico por el cual las especies se perpetúan y, en combinación con los cambios genéticos, aparecerán por primera vez características para las nuevas especies (Lagler et al., 1990). Los aspectos reproductivos resultan importantes debido a que permiten entender los ciclos biológicos de las especies. Esto genera información clave para el manejo y administración de las pesquerías. Los tópicos más tratados dentro del tema de la biología reproductiva son: el ciclo sexual, época de desove, talla de la primera madurez sexual y la fecundidad; todos estos aspectos son fundamentales para conseguir el manejo sustentable de las pesquerías, ya que permiten determinar periodos de veda y definir tallas mínimas de captura, entre otros (Sparre y Venema, 1995; Briñez-Vazquez y Francis-Turner, 2006; Flores y Smith, 2010).

El estudio de la reproducción es un tema central en la ciencia pesquera y se tiene conocimiento de que el ciclo reproductivo y la época de desove se pueden determinar mediante el uso de diferentes índices dentro de los que se encuentran el índice gonadosomático (*IGS*), el índice hepatosomático (*IHS*) y el factor de condición (*K*) (Salgado-Ugarte, 1995; Salgado-Ugarte, 2016).



Marco Teórico

Reproducción

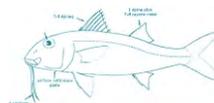
La reproducción es el fenómeno cíclico que permite la trasmisión de la información genética de una generación a otra, la existencia de la diversidad biológica así como la perpetuación de la especie.

Con esto se asegura la continuidad de la especie y junto con el crecimiento, es un proceso que depende de la energía y nutrientes presentes en los alimentos (Nikolsky, 1963; Luna-Figueroa *et al.*, 2003).

Los peces muestran diversos tipos de reproducción, la mayoría tiene sexos separados pero algunas especies son hermafroditas, la mayoría de especies son ovíparas.

Los principales tipos de reproducción en peces son:

- ★ Gonocorismo o bisexual: especies cuyos individuos adultos se reproducen solo como machos o solo como hembras, poseen un solo sistema reproductor, pudiendo tener ovarios o testículos.
- ★ Hermafroditismo: se caracteriza por la presencia de los dos sexos en un solo individuo, en el caso de autofecundarse se le llama hermafroditismo verdadero, el hermafroditismo puede ser:
 - ✳ Hermafrodita sincrónico: especies que al aparearse pueden alternarse como hembras o como machos (de manera secuencial).
 - ✳ Hermafrodita protoginico: peces que inicialmente se comportan como hembras y que en un momento cambian a macho.
- ★ Partogenética: mecanismo mediante el cual una hembra se aparea con un macho de una especie afín, el espermatozoide cumple con la función de



iniciar el desarrollo embrionario pero no participa en la herencia del nuevo individuo, por este motivo la herencia siempre será de hembras, las cuales serán triploides y no presentaran características del padre (Luchini, 1990)

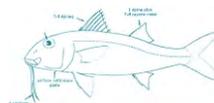
Ya que en los peces existe una gran variedad de estrategias reproductivas, el estudio del ciclo reproductivo resulta complejo.

De manera general la reproducción en todas las especies sólo cede en prioridad a la alimentación y a la supervivencia (Ommanney, 2004). Durante la reproducción el organismo gasta la mayor parte de sus reservas energéticas, incluso pone en peligro su existencia, con el fin de propagar sus células reproductoras o de defender su descendencia (Blas-Aritio, 2003).

Una de las características más notable de algunos peces es su elevada fecundidad. Aunque la capacidad de producción de huevos o embriones varía de especie a especie; de manera general los peces siguen la llamada estrategia r , que consiste en tener muchos descendientes con escasa probabilidad de supervivencia de cada uno (Vidal, 2004).

El espacio y tiempo son generalmente de gran importancia en el desove de las especies, ya que con buenas condiciones ambientales, tales como la temperatura luz, etc. Los gametos desarrollan y maduran. La luz y la temperatura juegan un papel muy relevante en el control del ritmo de la reproducción de la especie que desova estacionalmente. Con un manejo apropiado de estos elementos se puede modificar en algunos casos el ritmo reproductivo, (Tresierra, 1993).

Las estructuras reproductivas básicas de los peces teleósteos son las gónadas; las gónadas en los machos están definidas como los testículos y en las hembras como los ovarios (Weichert y Presch, 1981; Kobelkowsky, 2005) se



encuentran suspendidas por medio de mesenterios, las cuales se fijan a la vejiga gaseosa cuando existe (figura 1).

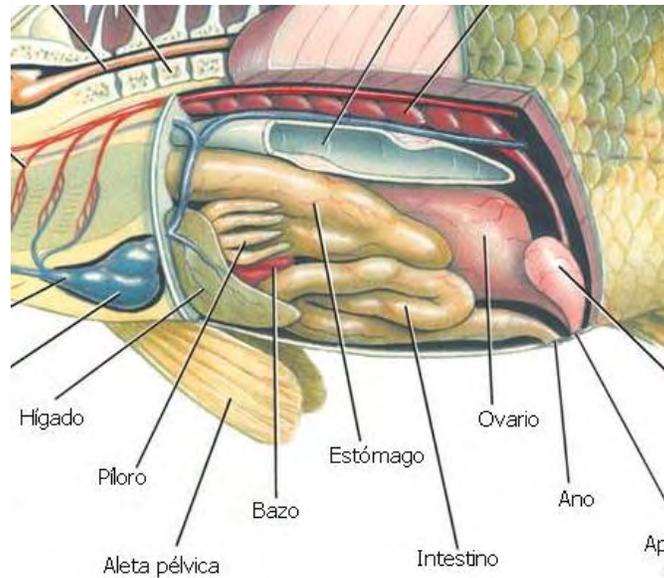
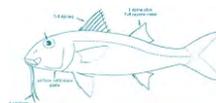


Figura 1.-Ubicación de las gónadas en los peces teleósteos (Lagler *et al.*, 1990)

Los ovarios (figura 2) constituyen un órgano par, alargado y unido a la pared dorsal del celoma por el mesovario; estos son huecos y se encuentran suspendidos por medio de mesenterios, llamados mesovarios, los cuales se fijan a la vejiga gaseosa cuando existe. En el ciclo anual del ovario se presentan las fases de ovogénesis, ovulación y puesta (Kobelkowsky, 2005).



Los testículos (figura 3) son un órgano par, con partes alargadas, rectas y unidas a la pared dorsal de la cavidad celómica; en cada testículo los espermatozoides son liberados al conducto testicular principal, el cual se continúa con el conducto espermático común. Este último se fusiona con el conducto urinario común y se forma el conducto urogenital, el cual se abre al exterior por el orificio urogenital, detrás del ano, sus funciones principales son la producción de espermatozoides y secreción de hormonas. Estos son órganos blanquecinos que generalmente no rebasan el 12% del peso corporal (Lagler *et al.*, 1990); estos son más pequeños que los ovarios.

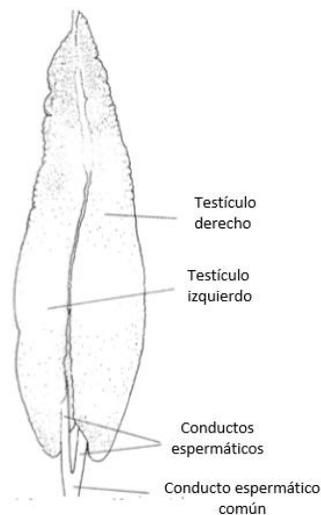
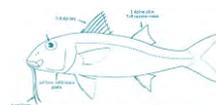


Figura 3.- Sistema reproductor de los machos peces óseos (Fuente: Kobelkowsky, 2005)

Índices Morfofisiológicos

Los índices Morfofisiológicos se basan en medidas generales: tales como el peso corporal, el peso eviscerado, peso de las gónadas, el peso del hígado y la longitud del cuerpo. En general, estas medidas se correlacionan positivamente con el tamaño y se utilizan para estimar otros procesos relacionados. En esta forma, el peso de las gónadas se relaciona con la madurez y el desove que a su vez depende del sexo, etapa de madurez, tamaño individual, temporada. El peso



eviscerado se utiliza para estimar la condición (la “gordura” o “bienestar” de los animales).

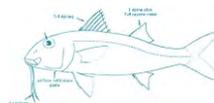
Se supone que los organismos (en la naturaleza) de más peso somático (es decir, esqueleto y músculo) a una longitud dada, están en mejores condiciones ya que el peso corporal se relaciona con los procesos fisiológicos implicados en la reproducción y la supervivencia (García–Berthou y Moreno-Amich, 1993; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Índice Gonadosómico

Una forma para determinar la época o estación de reproducción de los peces o de otros organismos, es por medio del índice gonadosómico o gonádico (*IGS*) el cual es frecuentemente utilizado para seguir el ciclo reproductivo de una especie en un año a intervalos mensuales o de menor tiempo. Este índice, el cual asume que el ovario incrementa en tamaño conforme aumenta el desarrollo y compara el peso de la gónada con el peso total del animal (King, 1995; deVlaming *et al.*, 1972):

Es el indicador cuantitativo más utilizado para caracterizar la actividad reproductiva (desarrollo de las gónadas y ciclo reproductivo); este índice tiene una estrecha relación con los cambios ocurridos en las gónadas y con la expulsión de los productos sexuales, la evaluación del desarrollo de las gónadas con relación al tiempo nos puede dar información para conocer la época de desove (Carrasco, 1984; Rodríguez, 1992)

Este índice permite evaluar indirectamente el desarrollo y el esfuerzo reproductivo, ya que la formula se basa en una relación directa entre el peso de la gónada y el peso del organismo ya sea el total o el peso eviscerado, en todo caso



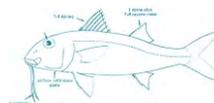
es conveniente definir el peso que se va a utilizar (Pacheco y Chirino, 2004; Inturias-Canedo, 2007)

El *IGS* se basa en el incremento del tamaño de la gónada a medida que se acerca el momento de la puesta o desove y varía con el estado de desarrollo de los ovocitos (King, 1995; Granado-Lorencio, 2002). Esto debido a que el peso de las gónadas supone una relación con el proceso que conlleva a la reproducción y supervivencia.

Índice hepatosomático (IHS)

El *IHS* está relacionado con el ciclo reproductivo debido a que el hígado se ve afectado mientras se lleva a cabo la reproducción, lo cual permite demostrar la correspondencia entre el proceso reproductivo y el estado nutricional del organismo (Rodríguez, 1992)

Este índice describe la condición hepática ya que se ha observado que existe una relación entre el peso del hígado y el peso del organismo. El peso del hígado disminuye al utilizarse sus materiales de reserva (glicógeno) para el desarrollo gonadal. Por esto, el *IHS* es uno de los parámetros utilizados para evaluar las modificaciones de las reservas energéticas del pez a lo largo del ciclo gonadal (Introzzi, 1986). La variación en el peso del hígado refleja procesos de almacenamiento y transferencias de proteínas y lípidos asociados con el esfuerzo reproductivo (Santos *et al.*, 1996; González y Oyarzún, 2002) por lo tanto este índice es directamente proporcional al ciclo reproductivo y decae justo antes del desove, siendo así un indicador de la puesta o del desove. (Pérez, 2014)



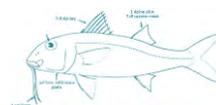
Factor de condición (K)

En general, el factor de condición, se basa en la idea de estimar las modificaciones temporales del buen estado de los peces bajo las influencias de factores externos (ambientales) e internas (fisiológicas); independiente de la longitud (Granado-Lorencio, 2002); por tanto la condición del pez es reflejo del estado fisiológico, esto debido a las actividades biológicas del organismo, como son: la reproducción, la alimentación, la acumulación de energía (Rodríguez, 1992; Garcia-Berthou y Moreno-Amich, 1993; Salgado-Ugarte, 1995; Pacheco y Chirino, 2004)

En otras palabras, este índice indica que tan gordos (o delgados) están los peces considerando sus pesos y longitudes. Para conocer la condición del pez, se usa el peso total o el eviscerado, (Garcia-Berthou y Moreno-Amich, 1993). En este caso, como lo recomiendan varios autores (Nikolski, 1963; Stearns, 1983, García-Berthou y Moreno-Amich, 1993; Salgado-Ugarte, 1995; Salgado-Ugarte, 2016; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005), se usó el peso eviscerado en lugar del peso total; esto para evitar el efecto doble de las gónadas y del tracto digestivo para expresar el estado de bienestar de los ejemplares.

Otro factor para determinar la condición de los peces es el factor de condición relativo (K_r), el cual puede ser usado para detectar las variaciones estacionales en la condición del pez y puede variar con la abundancia del alimento y el promedio reproductivo (King, 1995)

Los valores de $K_r=1$ indican una condición promedio, valores de K_r mayor a 1 indican una condición arriba del promedio (altos) y aquellos con K_r menor a 1 indican una condición por debajo de lo normal (Salgado-Ugarte, 1985, Lagler *et al.*, 1990; García-Berthou y Moreno-Amich, 1993; Salgado-Ugarte, 1995; Salgado-Ugarte, 2016; Salgado-Ugarte *et al.* 2005). El factor de condición varía según la



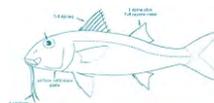
especie, sexo, edad, estado de madurez reproductiva y tipo de ambiente acuático. En este estudio se utilizará este índice relativo.

Talla de Primera madurez sexual

Esta es la talla que tienen los peces cuando inician su proceso reproductivo. Se les considera sexualmente maduros cuando las gónadas salen de su latencia y empiezan a desarrollarse, lo cual es evidente con la aparición de los ovocitos y los espermatozoides en diferentes fases de desarrollo, así como cambios morfológicos de las gónadas.

La madurez sexual es la fase durante la cual el pez alcanza el estado adulto con capacidad de reproducirse, no solo comprende a los individuos que han alcanzado la primera madurez sexual sino también a los individuos que entran en maduración gonadal cada año durante la época de reproducción. Constituye uno de los parámetros reproductivos básicos en el análisis de pesquerías y evaluación de stock (Cubillos y Alarcón, 2010). Para calcular la talla de primera reproducción o longitud media de madurez sexual "*P*" se lleva a cabo una regresión logística a la distribución acumulada de tamaños de organismos en fase de reproducción y se registra la longitud a la cual el 50% de todos los individuos son sexualmente maduros.

Para esto, se utilizará la longitud patrón (*L_p*), el número de organismos totales por muestreo y la proporción de organismos maduros. (Sparre y Venema, 1997)



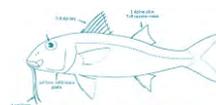
Antecedentes

Rojo-Vázquez *et al.*, (2010) analizaron los componentes tróficos de las seis especies de peces más importantes en la captura de la pesquería artesanal en las Bahía de Navidad y Chamela, ubicadas en la costa de Jalisco, México. Las especies estudiadas fueron *Microlepidotus brevipinnis*, *Caranx caballus*, *Haemulon flaviguttatum*, *Lutjanus guttatus*, *Lutjanus argentiventris* y *Mulloidichthys dentatus*. En las dos bahías estudiadas no se tienen antecedentes de estudios sobre aspectos alimenticios de *M. dentatus*,

Raymundo-Huizar (2000) estudió la alimentación de una especie de esta misma familia, *Pseudupeneus grandisquamis* y obtuvo una dieta compuesta principalmente por crustáceos y en segundo término por poliquetos y peces. Tanto en Chamela como en Bahía de Navidad, los crustáceos fueron el componente más importante de la dieta de *M. dentatus*, y sólo en Chamela durante la corriente Californiana (enero-junio) los poliquetos representaron el 15% del Índice de Importancia Relativa.

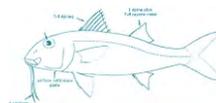
En el 2012 Rojas *et al.*, efectuaron muestreos por medio de censos visuales, en tres estaciones: Isla San Lorenzo, Casa Díaz Ordaz, e Isla Roqueta. Se visualizaron un total de 3,274 peces, pertenecientes a 26 familias, 40 géneros y 48 especies. La composición y abundancia de las especies varió tanto entre las estaciones como a lo largo del tiempo, debido a diferencias en las condiciones ambientales. Donde a *Mulloidichthys dentatus* fue visto ocasionalmente dentro de la zona Isla San Lorenzo (16°51' N, 99°52' O) con una abundancia registrada de 37 en la zona de Isla La Roqueta (16°49' N, 99°54' O) con una abundancia registrada de 42.

Lucano-Ramírez *et al.*, (2005) reportan que *Pseudupeneus grandisquamis* pertenece a la familia Mullidae. En su trabajo se colectaron en total 492



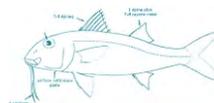
organismos utilizando redes de arrastre sobre fondos blandos en el Pacífico central mexicano (Jalisco y Colima); se observaron tallas que van desde los 77 a los 236 mm, con un promedio de 153.8 mm. Se observó una progresión en las tallas de los organismos, esto es, las tallas máximas promedios se capturaron a finales de 1996 y durante 1997. La talla promedio de las hembras (162 mm) fue mayor a la de los machos (150 mm). *P. grandisquamis* puede presentar un crecimiento de tipo alométrico. En ambos sexos se observaron los primeros cuatro estadios de madurez gonádica; el estadio más frecuente en las hembras fue el IV (gónadas maduras, 48.6 %) y en los machos fue el III (gónadas en maduración, 45.0%). *P. grandisquamis*, al parecer se reproduce principalmente en dos periodos del año: a mediados y a finales e inicios, ya que en estos periodos se encontraron los valores máximos del IGS tanto en las hembras como en los machos

En el 2004 Ramos nos habla que, como resultado de sus estrategias biológicas y ecológicas, el pez *Pseudupeneus grandisquamis* es una especie dominante en la comunidad demersal del Golfo de Tehuantepec. El principal objetivo de este estudio fue conocer estas estrategias con base en su distribución, abundancia y reproducción. Se analizaron un total de 5 175 individuos que forman parte de las recolectas de peces obtenidas en cinco cruceros oceanográficos realizados en el Golfo de Tehuantepec. La mayor abundancia de *P. grandisquamis* se presenta en marzo y noviembre, alrededor de la isobata de los 40 m y frente a los sistemas lagunares Superior-Inferior y Laguna del Mar Muerto. La reproducción de la especie se presenta durante todos los meses analizados, principalmente durante los meses de agosto a octubre, correspondiente a la época de lluvias. La presencia de juveniles, principalmente en noviembre y marzo, sugiere un amplio periodo de reclutamiento durante estos meses cuya distribución se refleja principalmente en el área influenciada por las lagunas Superior-Inferior, que representa un área de crianza. La talla máxima en esa región es de 213 mm y la talla de primera madurez es de 138 mm Longitud total. La alta abundancia y reproducción se presentan cuando el golfo tiene alta producción, acorde con la



dinámica del sistema, donde tiene gran relevancia la influencia de las lagunas costeras.

El último reporte encontrado fue el de López-Martínez *et al.* (2010) que muestra la composición taxonómica de peces integrantes de la fauna de acompañamiento de la pesca industrial de camarón del Golfo de California, México. La pesquería de camarón es la más importante en el Golfo de California y también la más problemática con respecto a las capturas incidentales en México. Dentro de la fauna de acompañamiento del camarón (FAC), se colectaron 51,101 ejemplares, pertenecientes a dos clases, 20 órdenes, 65 familias, 127 géneros y 241 especies. El intervalo de tallas de todos los peces varió de 2.2 a 94.7cm de longitud total. La especie *Pseudupeneus grandisquamis* (Gill 1863) registró la menor talla (2.2cm LT) y *Fistularia corneta* (Gilbert &Starks, 1904) la mayor (94.7cm LT). La región del Golfo de California presenta una gran riqueza de especies, lo que abre diversas expectativas desde el punto de vista ecológico, pesquero, alimenticio y de manejo.



Clasificación de *Mulloidichthys dentatus*(Gill, 1862)

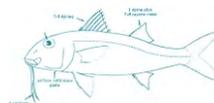
Mulloidichthys dentatus pertenece a la familia Mullidae; es una especie de arrecife, la cual constituye una porción significativa del volumen total existente en el océano mundial (cerca del 9%) y la actividad pesquera en áreas de arrecifes es una fuente importante de proteínas en la dieta de la población de diversos países (Sorokin, 1995).

M. dentatus es de hábitos nocturnos, pero forma cardúmenes durante el día. (Ruiz-Durá, 1978). Por lo tanto, es una especie bentónica la cual, con la ayuda de sus barbas, busca su alimento en el fondo, donde extrae crustáceos y moluscos. Habita en arrecifes rocosos y coralinos; con frecuencia se le observa en áreas adyacentes con fondos de arena y rocas. Es un organismo dioico. Su alcance de profundidad va de 2 a 60 metros (Ramos, 2004).

Esta especie es biológica y ecológicamente importante en el ecosistema bentónico-demersal y podría proporcionar información relevante acerca de cambios en los ecosistemas, pero ha sido poco estudiada (Morales-Azpeitia *et al.* 2013). Por lo tanto, es necesario evaluar y comprender su dinámica poblacional.

En el Pacífico Mexicano, se han registrado diversos trabajos que informan a esta especie como un componente característico de la ictiofauna demersal, presente en fondos lodosos, arenosos, rocosos y en praderas de pastos asociadas a arrecifes coralinos. Sin embargo, no existen antecedentes biológicos y de dinámica poblacional a pesar de su importancia biológica, ecológica y como recurso pesquero potencial.

La clasificación de esta especie se muestra a continuación:

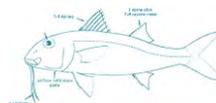


PHYLUM	CHORDATA
SUBPHYLUM	VERTEBRATA
SUPERCLASE	GNATHOSTOMATA
SERIE	PISCES
CLASE	ACTINOPTERYGII
ORDEN	PERCIFORMES
SUBORDEN	PERCOIDEI
FAMILIA	MULLIDAE
GENERO	<i>Mulloidichthys</i> (WHITLEY, 1929)
ESPECIE	<i>Mulloidichthys dentatus</i> (GILL, 1862)



Figura 4.- Foto de *Mulloidichthys dentatus* “Chivo Barbón” Tomado de Fishbase, <http://www.fishbase.org> por Allen, GR (Froese y Pauly, 2001)

Nombre común: Chivo Barbón, Salmonete



Zona de estudio

El Estado de Oaxaca se encuentra al sur de la República Mexicana, limita al Norte con los estados de Veracruz y Puebla, al Este con el Estado de Chiapas, al sur con el Océano Pacífico y al Oeste con el Estado de Guerrero. Es un territorio eminentemente montañoso, cruzado al Norte por la Sierra Madre del Sur. Características generales de la estrecha llanura del Pacífico y el Istmo de Tehuantepec. (Cortes, 2004). Puerto Ángel limita al Norte con Puerto Escondido al Sur con Santa Cruz Huatulco, al Este con el Municipio de Pochutla y al Oeste con el Océano Pacífico.

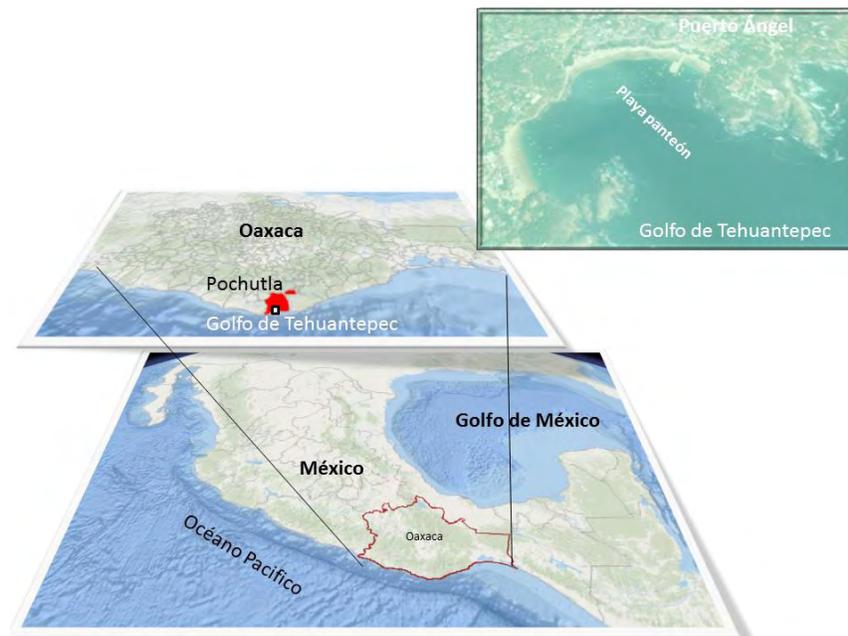
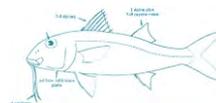


Figura 5.- Ubicación de la zona de estudio modificación de Esri (2016), INEGI (2016) y Google Earth (2016)

El clima regional, según García (1981) y Casas-Andreu (1978) es $Aw_0(w)igw$, es decir, cálido, subhúmedo con lluvias en verano, isotérmico, con marcha de temperaturas tipo Ganges, con canícula. La temperatura media anual es superior a $28^{\circ} C$, siendo mayo el mes más caliente con $33^{\circ} C$ de temperatura



media y enero el mes más frío con 27.º C; es también isotermal por la poca diferencia entre los valores de temperatura antes mencionados. Las lluvias se presentan generalmente entre mayo a noviembre, es decir, son de verano, humedad relativa de 66% y con vientos de 21 km/h.

Dentro de la localidad se observan 2 épocas bien marcadas correspondientes a la época de secas, que abarca los meses de noviembre a abril-mayo y la época de lluvias de mayo-junio a octubre. (Tapia-García, 1998).

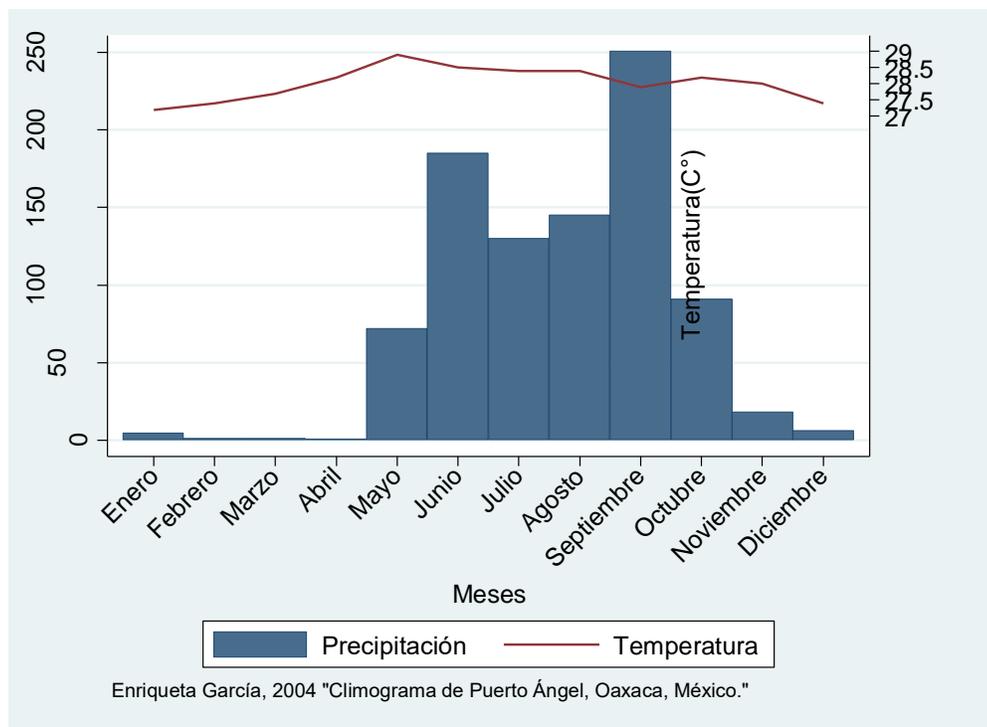
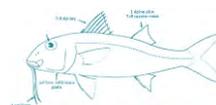


Figura 6.- Climograma de Puerto Ángel, Oaxaca



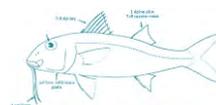
Litoral Marino

En Puerto Ángel la costa se divide en dos regiones: una que comprende la mayor parte del Golfo de Tehuantepec (desde Salinas del Marqués, Oaxaca, al Río Suchiate, Chiapas), que se caracteriza por una plataforma continental amplia de fondos blandos, y otra de escasa plataforma continental principalmente de litoral rocoso correspondiente a la parte oeste de la costa de Oaxaca, a partir de Salinas del Marqués hasta Puerto Ángel; la bahía ofrece un buen fondeadero para embarcaciones menores, con profundidades entre 7.4 y 13 m, con buena protección para los vientos . Los procesos meteorológicos más importantes en este golfo son los vientos tehuanos que se presentan en la época de sequía (de mayo a octubre), derivados de los vientos “nortes” en el Golfo de México.

Estos vientos de descenso que atraviesan el istmo hacia el Golfo de Tehuantepec, pueden exceder los 20 ms⁻¹, y producen un arrastre del agua hacia el sur que determina importantes surgencias y una mezcla considerable a lo largo del eje del viento. Esto ocasiona un descenso de la temperatura superficial, el aumento de la salinidad y cambios en la circulación.

Cuando los vientos tehuanos pierden fuerza se reinicia el calentamiento progresivo del agua superficial, desaparece la surgencia eólica y se restablece la circulación superficial del Golfo de Tehuantepec y de las aguas adyacentes. Las surgencias representan una bomba de nutrientes y carbono fitoplanctónico que enriquecen las aguas adyacentes en el Pacífico oriental tropical y determinan una productividad alta (Robles-Jarero y Lara-Lara, 1993).

El patrón de circulación en el Pacífico Tropical Este está influenciado por los desplazamientos latitudinales del sistema de vientos Alisios y la convergencia intertropical. La variación de dicho patrón de circulación afecta la dinámica dentro del Golfo de Tehuantepec. La circulación oceánica superficial en el Pacífico

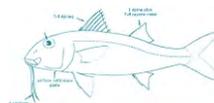


Tropical Este está dominada por la Corriente de California (fría y de baja salinidad), la Corriente Norecuatorial, la Contracorriente Norecuatorial, la Corriente Surecuatorial, la Corriente Subsuperficial Ecuatorial y por la Corriente de Perú (Monreal-Gómez y Salas de León, 1998)

Las mareas son mixtas semi diurnas con una pleamar media de 0.98 m y una bajamar media de 0.038 m (INEGI, 1992). La temporada de huracanes se presenta de mayo a octubre, con la presencia de algunas tormentas eléctricas. La temperatura media superficial del mar es de 28 ± 1.5 °C, con una salinidad desde 33.5‰ hasta 43.5‰ (Leyte-Morales, 2001).

El agua tropical superficial se localiza en la capa superficial y se caracteriza por su alta temperatura (mayor a 25° C) y salinidades menores a 34 ups. Esta agua, al igual que el agua subtropical superficial se introduce en el Golfo de Tehuantepec, principalmente en verano y otoño, a través de la corriente costera de Costa Rica. El agua subtropical superficial tiene una alta salinidad, sus valores llegan hasta 35–36 ups y su temperatura varía entre 15 y 28° C, pero generalmente es agua cálida y homogénea.

Durante el invierno y la primavera, el agua de la Corriente de California, con baja salinidad (menor a 34 ups) y baja temperatura (12 a 18° C) incursiona en la porción occidental del Golfo de Tehuantepec. Cerca de la cabeza del Golfo se encuentran aguas frías y salinas, las cuales han sido acarreadas hacia la superficie por efecto de la surgencia. En este proceso también intervienen el agua tropical y subtropical (Monreal-Gómez y Salas de León, 1998)



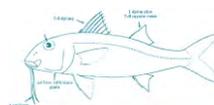
Justificación

En Puerto Ángel, Oaxaca la pesca artesanal es una actividad de sustento económica importante, se estima que alrededor de 2 mil personas viven directa e indirectamente de prácticas productivas, extractivas y de comercialización de los productos pesqueros según el Gobierno del Estado de Oaxaca, (2012), en este caso *Mulloidichthys dentatus*, tiene importancia como recurso pesquero alimenticio.

Considerando lo anterior, el presente estudio es un aporte importante para el conocimiento de la biología reproductiva de esta especie, la cual, hasta la fecha es poco conocida, ya que sólo se conocen aspectos reproductivos de algunas especies, sobre todo de aquellas que tienen una importancia económica, ya sea por su volumen de extracción o por la importancia comercial (Flores y Smith, 2010) además de constituir una información esencial para la aplicación de algunos modelos de evaluación del recurso. Ya que de *Mulloidichthys dentatus* no se han reportado trabajos referentes a su reproducción, la presente investigación pretende ser el primer trabajo para esta especie en la zona de estudio.

Hipótesis

El comportamiento de los valores máximos y mínimos de los índices morfofisiológicos (*IGS*, *IHS* y *Kr*) permitirá determinar la época reproductiva de *Mulloidichthys dentatus* analizando el comportamiento; la reproducción (valores altos) ocurre durante la época cálida del año (mayo a agosto), y se espera que la condición (*Kr*) e índice hepatosomático (*IHS*) de la especie, registren valores menores durante la época reproductiva y que la relación entre estos será inversa al del índice gonadosomático (*IGS*).



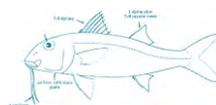
Objetivos

Objetivo General

Conocer algunos aspectos biológicos (alometría, composición por tallas y sexos, índices de condición y reproducción) de *Mulloidichthys dentatus* proveniente de la pesca artesanal de Puerto Ángel, Oaxaca.

Objetivos Particulares

- ★ Determinar la relación peso-longitud para conocer el tipo de crecimiento (isométrico, alométrico) de la especie.
- ★ Determinar la composición por tallas por medio del uso de estimadores de densidad por kernel.
- ★ Determinar la proporción sexual con ajuste de la prueba de bondad de ajuste de Chi-cuadrada.
- ★ Analizar la variación en el tiempo de los valores del índice gonadosomático (*IGS*) a lo largo del año.
- ★ Determinar la talla de primera madurez sexual por medio de la relación talla-madurez.
- ★ Relacionar el índice hepatosomático (*IHS*) y el factor de condición (*Kr*) por sexos con el índice gonadosomático (*IGS*).
- ★ Relacionar los índices Morfofisiológicos con la temperatura superficial del agua



Material y Método

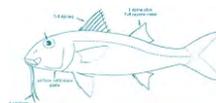
Trabajo de Campo.

Colecta.

Los especímenes se obtuvieron de la captura comercial (artesanal) efectuada por los lugareños (figura 8). La colecta de organismos se llevó a cabo con periodicidad mensual en lo posible de enero del 2015 a agosto del 2016. Los organismos son obtenidos por medio de la red agallera con una luz de malla 7.36 cm (3 in). Se transportan en una mezcla frigorífica de hielo con sal para conservarlos en buen estado.



Figura 7.-Colecta de la muestra



Laboratorio.

Biometría de especímenes

Los organismos obtenidos de la captura local artesanal, fueron procesados en mayor detalle: se midió (longitud total (Lt), longitud patrón (Lp), longitud furcal (Lf) y altura (Alt) en $\text{cm} \pm 0.1$ con un ictiómetro) figura 8.

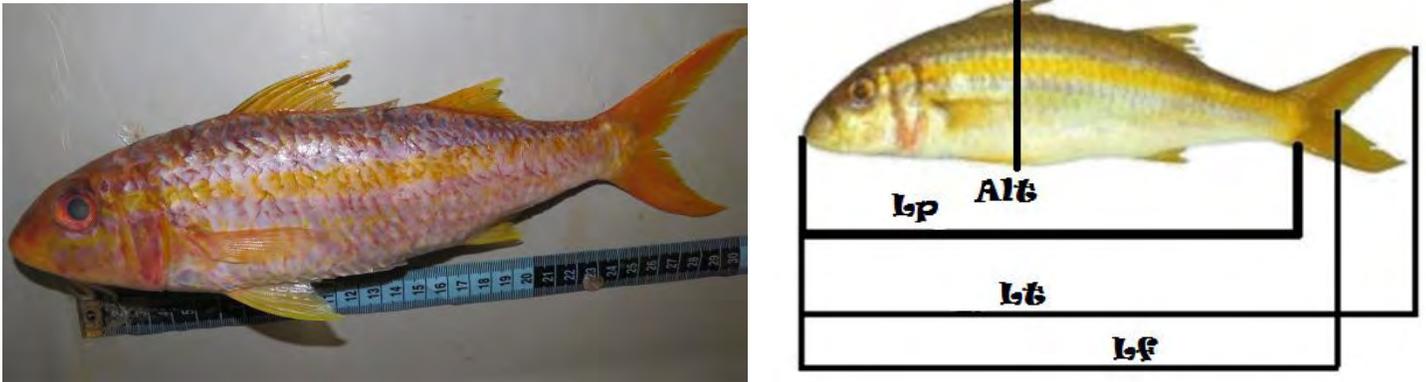


Figura 8.- Biometría de *Mulloidichthys dentatus*

Se pesaron (balanza semianalítica) y se les determinó el sexo (examen gonádico). Por medio de las tablas de madurez sexual de Lozano (1983) se determinó la fase de madurez sexual (figura 9).

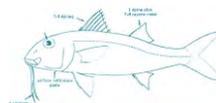


Figura 9.- Examen gonádico

A estos organismos se les extrajeron las vísceras, las cuales fueron separadas (gónadas, hígado y tracto digestivo) y pesadas (balanza digital con precisión de 0.1 g). (Figura 10)



Figura 10.- Extracción de las vísceras



Composición por tallas

El análisis de la frecuencia de tallas se llevó a cabo por medio de histogramas suavizados o estimadores de densidad por kernel (EDKs). Los EDKs son estimadores no paramétricos de la frecuencia que resuelven los problemas de punto de origen y discontinuidad presentados por los histogramas tradicionales (Chambers, et al.; Silverman, 1986; Härdle, 1991; Scott, 1992; Salgado-Ugarte *et al.*, 1993; Salgado-Ugarte, 2002; Salgado-Ugarte, *et al.* 2005).

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x - x_i}{h}\right)$$

Dónde:

$\hat{f}(x)$ = Estimación de la densidad (frecuencia).

n = Numero de datos.

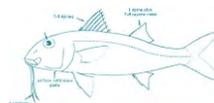
h = Amplitud de banda (intervalo)

$k(\bullet)$ = Función que define el peso de cada dato en la estimación de frecuencia

Por medio de este estimador no será necesario pensar en el origen y el resultado es una curva suave que trata de recuperar la naturaleza continua de la variable original y para el problema de la amplitud de banda (intervalo), Silverman (1986) usó una distribución normal (gaussiana) como referencia para llegar a una expresión para la amplitud óptima de banda.

Proporción Sexual

Esta se determinó con el número total de los individuos y contando el número de hembras y machos. Esta proporción fue sometida a una prueba de bondad de



ajuste de χ^2 ($\alpha= 0.05$), para probar si la distribución es uniforme (proporción 1:1). Ya que se tienen sólo dos categorías, la prueba se calculó con la corrección de Yates (Marques, 1991). Esto se hizo de manera mensual y anual. La expresión para el estadístico de prueba fue:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(|O_i - E_i| - 0.5)^2}{E_i}$$

Para el cálculo de los índices morfofisiológicos se utilizaron las expresiones siguientes:

Factor de condición

$$K = \frac{Pe}{aL^b}$$

Dónde:

Pe =peso eviscerado

a = coeficiente de la relación P-L potencial

b = exponente (potencia) de la relación P-L potencial

Índice gonadosomático (IGS)

$$IGS = \left(\frac{Pg}{Pe} \right) * 100$$

Donde

Pg = peso de la gónada

Pe =peso eviscerado

Índice hepatosomático (IHS)

$$IGS = \left(\frac{Ph}{Pe} \right) * 100$$

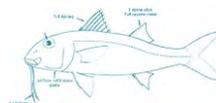
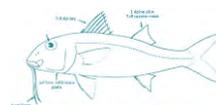


Tabla 1.- Escala de Madurez sexual (Lozano 1983).

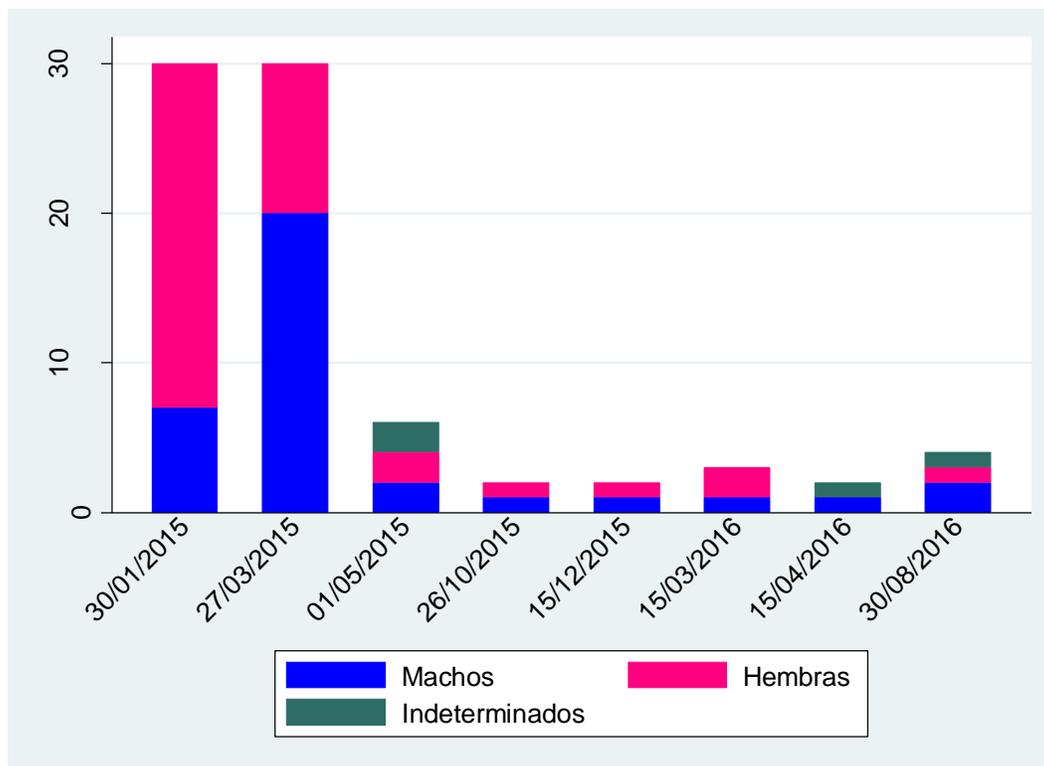
Fase	Descripción
I	Corresponde a los peces jóvenes, vírgenes, cuya evolución sexual no ha comenzado todavía. Las gónadas están situadas en la porción postero-superior de la cavidad general del cuerpo, siendo a veces difíciles de distinguir, por lo que el sexo es indeterminado
II	Comienza el proceso de maduración. Los ovarios están muy vascularizados. Los testículos tienen longitud y anchura poco mayores.
III	Las gónadas están ya francamente desarrolladas y ocupan la mitad de la cavidad visceral. Ovarios abultados, traslucidos, de color amarillo naranja con tendencia al rojo. En ocasiones y a través de la membrana externa se ven los ovulos, son pequeños y con el aspecto de gránulos. Testículos muy abultados, de color blanco y de brillo nacarado.
IV	Las gónadas, de consistencia dura y firme, ocupan casi toda la longitud de la cavidad visceral. Ovarios con numerosos huevos grandes, de los que algunos comienzan a hacerse traslucidos. Testículos de consistencia muy firme y de brillo nacarado.
V	Corresponde esta fase al momento de la puesta, en la que las gónadas se ablandan al vaciarse; Los productos sexuales se expulsan en respuesta a una presión ligera de la región abdominal
VI	Los productos sexuales han sido expulsados. Las gónadas tienen la apariencia de sacos desinflados. Los ovarios generalmente contienen unos cuantos huevecillos residuales y los testículos algo de esperma.



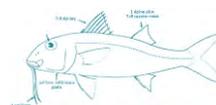
Resultados

Se obtuvieron 79 organismos de los cuales fueron 35 machos, 40 hembras y 4 indeterminados (Gráfica 1) durante enero 2015 a agosto del 2016 de la pesca artesanal en Puerto Ángel, Oaxaca.

Se registró un intervalo de tallas 13.6 cm a 29.3 de longitud patrón, 19.5 a 35.7 de longitud total, altura 2.9 a 8.5 cm, peso total 44.4 a 566.3 g. y peso eviscerado fue 42.1 a 518.2 g.

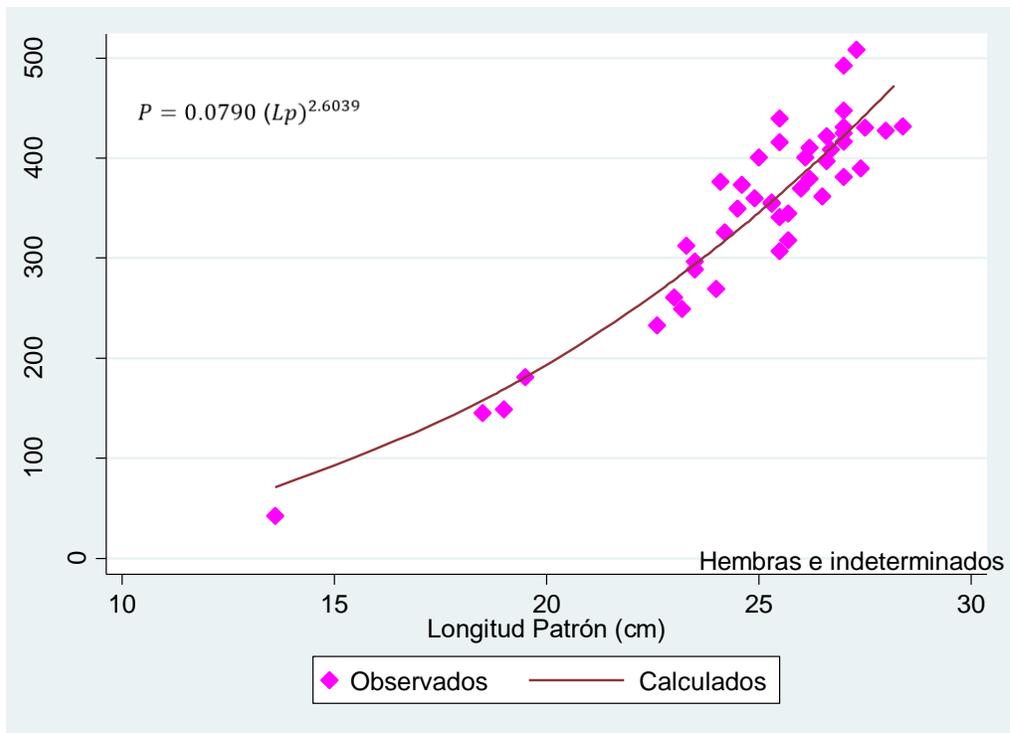


Gráfica 1.- Organismos obtenidos durante el muestreo



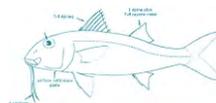
Relación Peso-Longitud

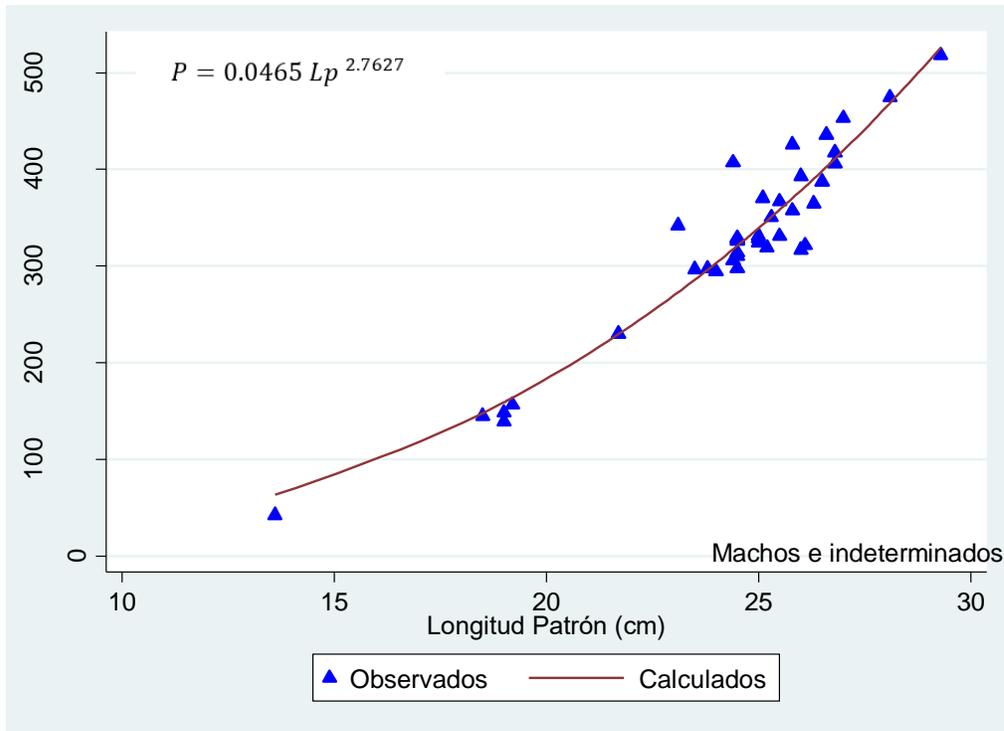
En la Gráfica 2 se observa que donde $b= 2.6039$ y $a= 0.079$.



Gráfica 2.- Relación Peso-Longitud hembras e indeterminados

En la Gráfica 3 podemos observar que $b=2.7627$, y $a = 0.0465$

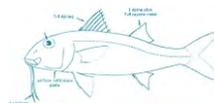


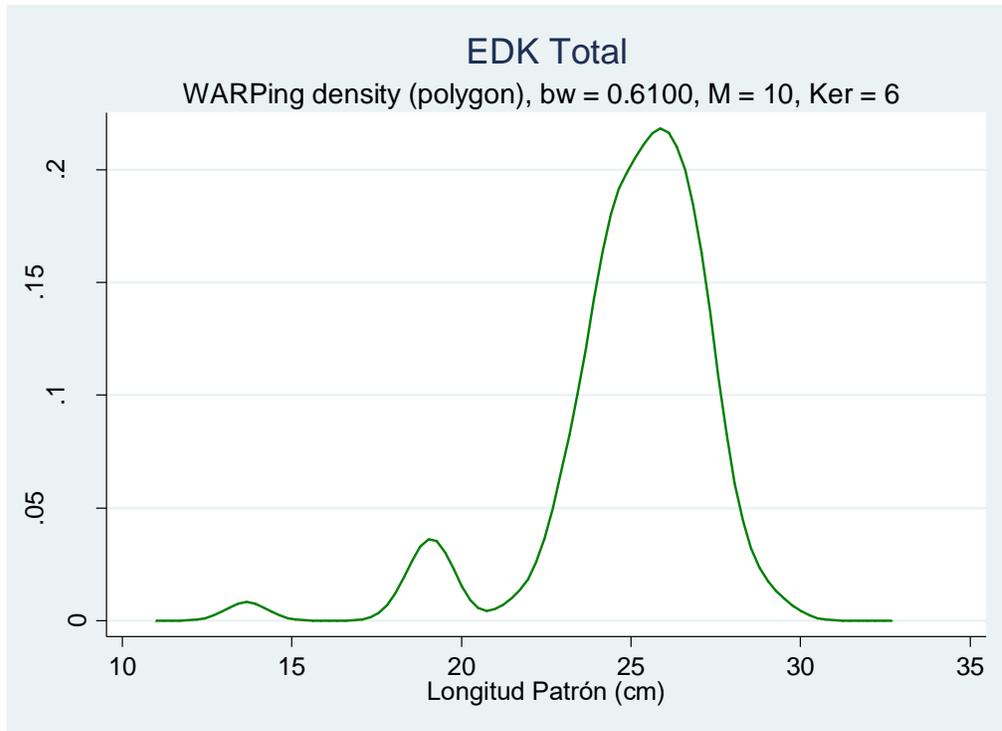


Gráfica 3.- Relación Peso-Longitud de machos e indeterminados

Composición por tallas

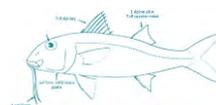
La talla del total de organismos fue la longitud patrón; para la construcción de los EDKs se utilizó la amplitud de banda óptima propuesta por Silverman (1986) ($h=0.61$) donde se encontraron tres modas 13.66, 19.03 y 25.86 centímetros, se nota que la distribución es trimodal.

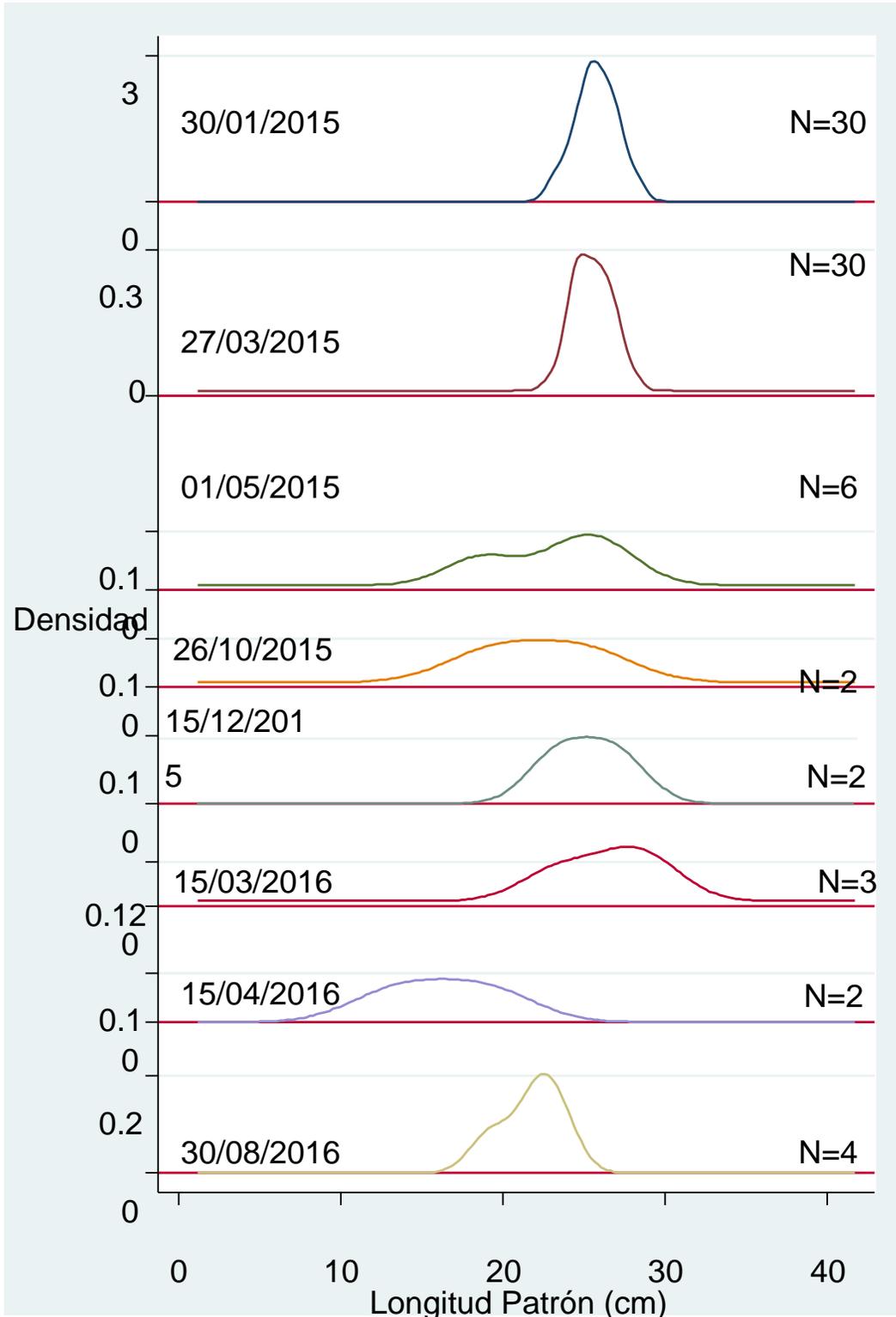




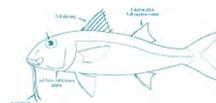
Gráfica 4.- EDK para el total por longitud patrón de los organismos *M. dentatus*

En la gráfica 5 la composición de tallas mensuales, son distribuciones en su mayoría unimodales, donde sólo se tiene una moda. En los meses que encontramos más de una moda son en mayo del 2015, marzo y agosto del 2016 cuando se observan dos modas.





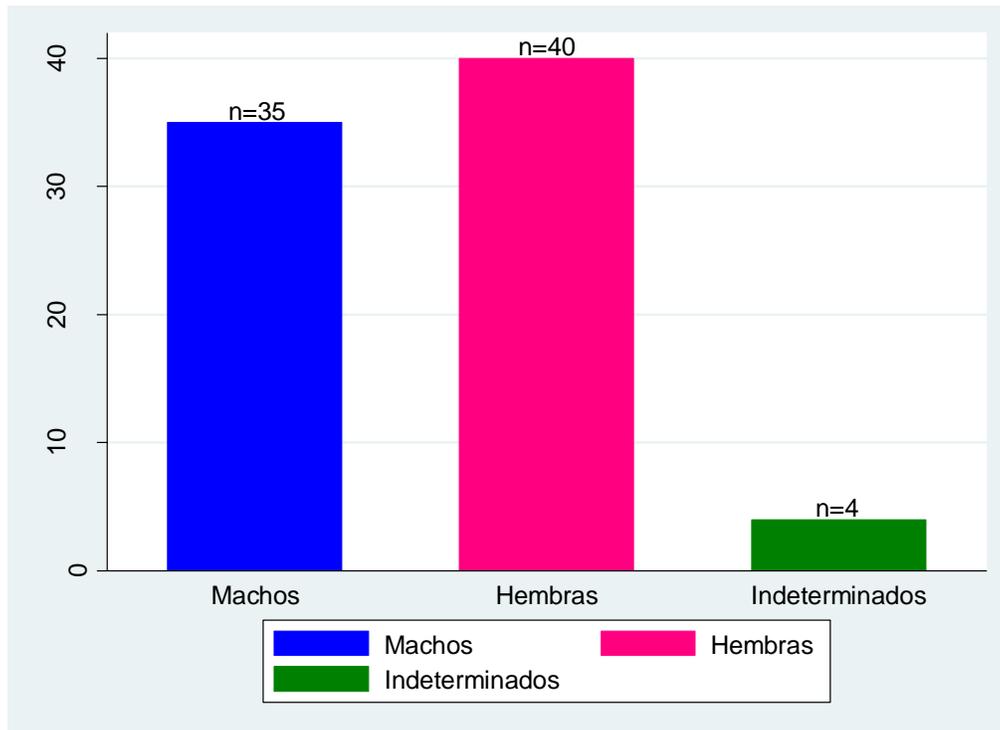
Gráfica 5.- EDKs mensuales por longitud patrón de *M. dentatus*



Proporción Sexual

De los 79 organismos capturados el 50.63% fueron Hembras (40), 44.30% fueron Machos (35) y el 5.06% fueron indeterminados (4). Con estos resultados se calculó la proporción sexual por medio de la prueba de Chi-Cuadrada para evaluar diferencias en el número de individuos por sexos durante los meses de muestreo fue una proporción total de 1.14H:1M, es decir que aproximadamente 8 hembras por cada 7 machos.

De la prueba χ^2 se obtuvo que la proporción sexual(H:M) no presenta diferencias estadísticamente significativas de ($\chi^2 = 0.23$, $P=0.64$), por lo que no se rechaza que proporción sea 1:1 (Gráfica 6)



Gráfica 6.- Frecuencia total de organismos de *M. dentatus* en cada sexo

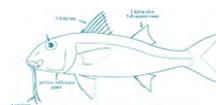
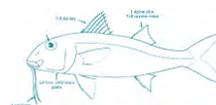


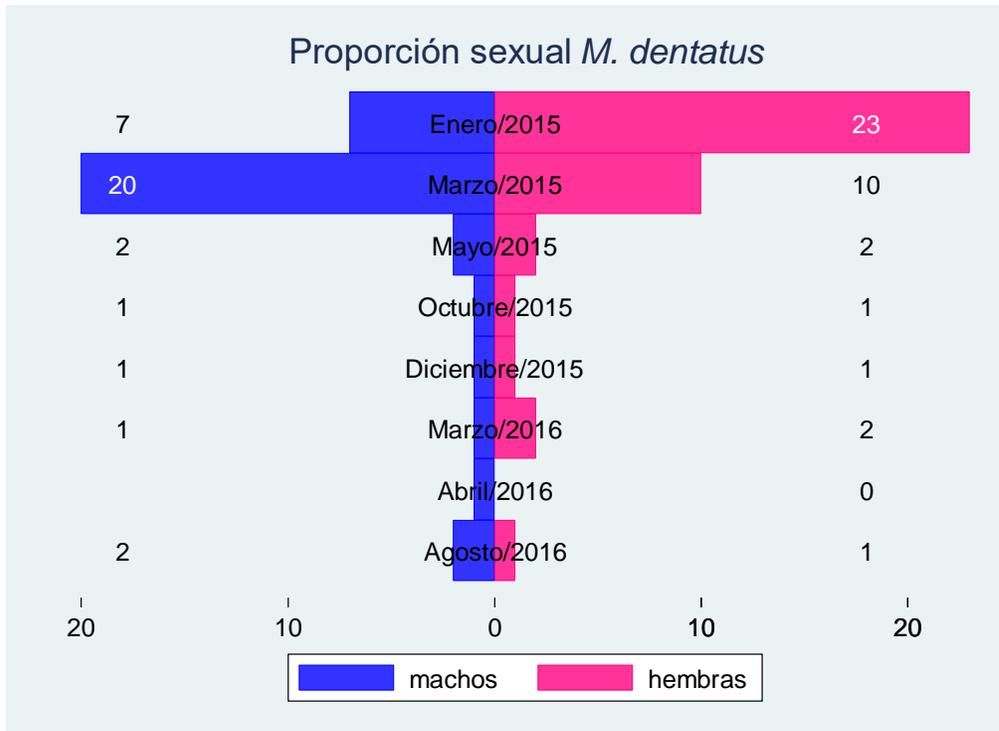
Tabla 2.- Proporción sexual de *M. dentatus*, para cada mes de estudio

Días	Machos	Hembras	Proporción sexual	χ^2	P	
30/01/2015	7	23	1M:3H	7.50	0.006	*
27/03/2015	20	10	2M:1H	2.70	0.100	✓
01/05/2015	2	2	1M:1H	0.25	0.617	✓
26/10/2015	1	1	1M:1H	0.5	0.479	✓
15/12/2015	1	1	1M:1H	0.5	0.479	✓
15/03/2016	1	2	1M:2H	0	1	✓
15/04/2016	1	0	-	-	-	
30/08/2016	2	1	2M:1H	0	1	✓
Total	35	40	1M:1.14H	0.23	0.644	✓

✓	No hay diferencia	*	Se encuentra diferencia
---	-------------------	---	-------------------------

En la proporción sexual de cada mes se encontró diferencia significativa en la proporción 1:1 de machos y hembras en el mes de enero 2015 ($\chi^2_c = 7.5, P < 0.01$). En la Tabla 2 y gráfica 7 están las proporciones sexuales para cada fecha junto con el resultado de la prueba de χ^2 y el valor correspondiente de $P=0.644$ para la proporción total.

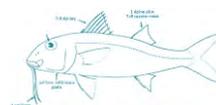


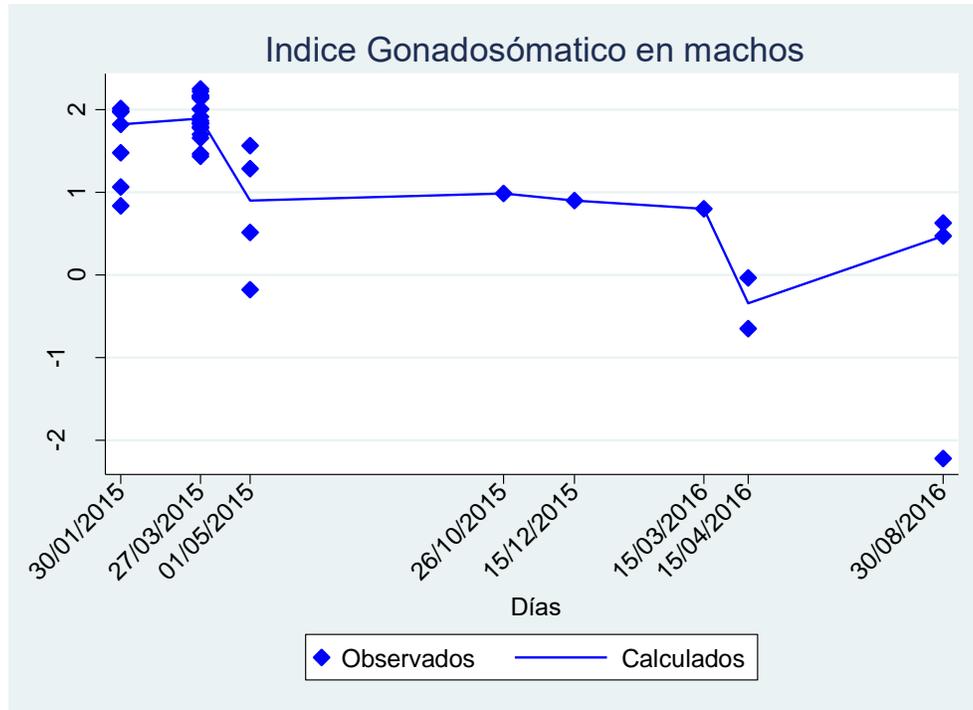


Gráfica 7.- Proporción sexual mensual de organismos de *M. dentatus*, discriminando por sexos

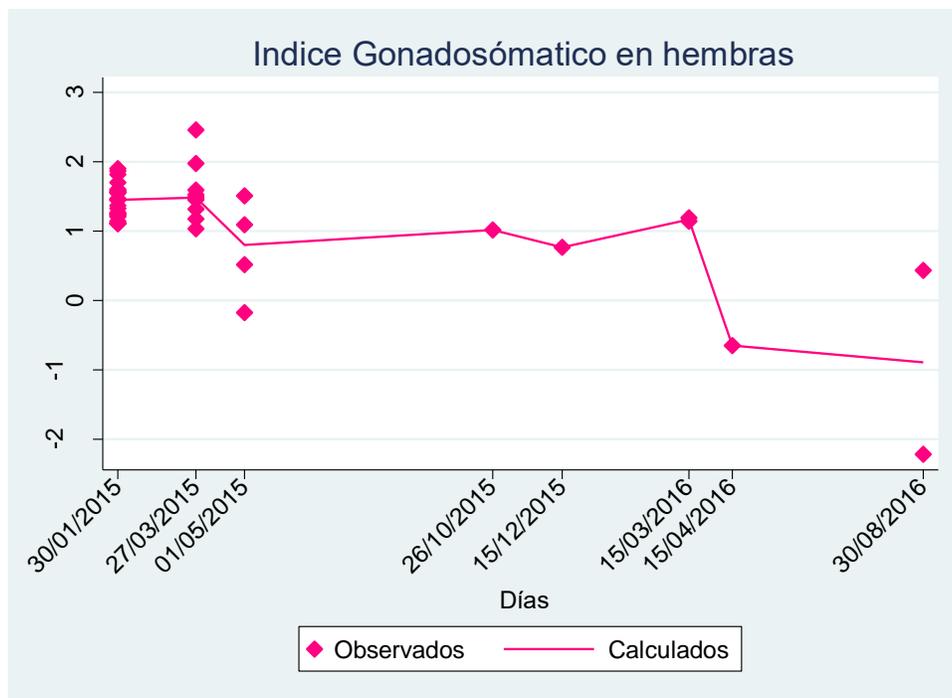
Índices Morfofisiológicos

Para determinar la época reproductiva se analizó el comportamiento del índice gonadosomático (*IGS*) por sexos. Se registraron valores altos en el mes de marzo de 2015 y otra alza en marzo del 2016 en ambos sexos como se muestra en las gráficas 8 y 9, en las cuales se presentan los valores observados y las tendencias medianas interpoladas linealmente. En los meses de octubre del 2015 y abril del 2016 se observan los valores bajos.

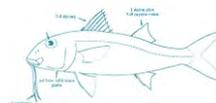




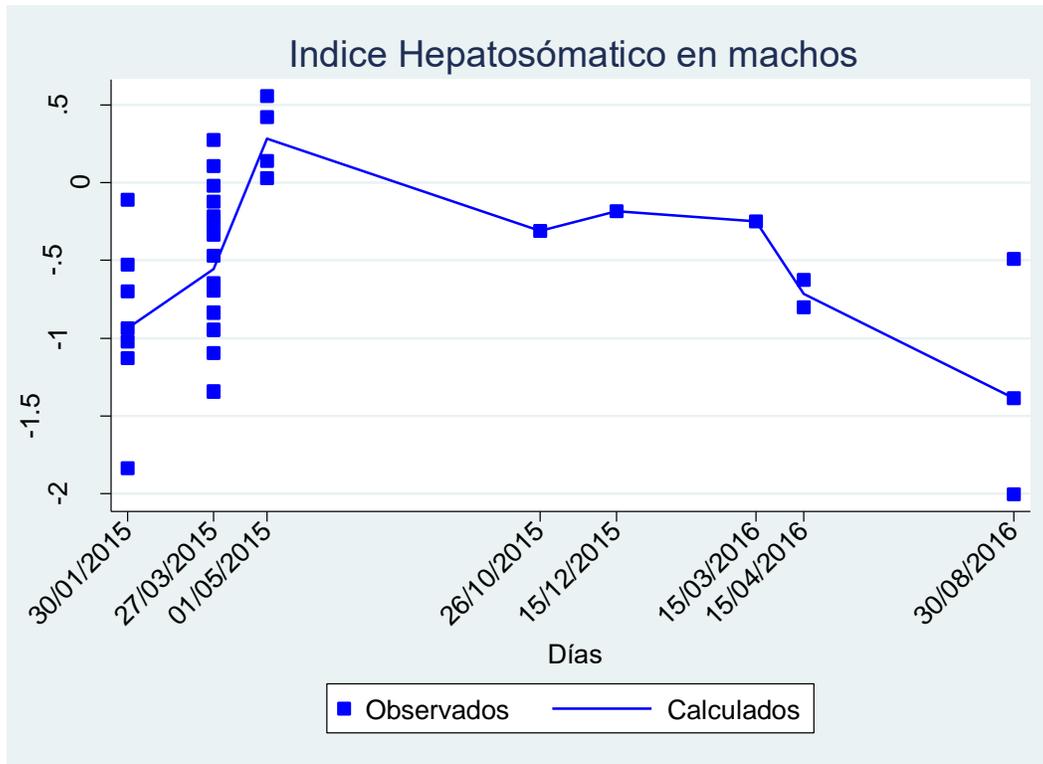
Gráfica 8- Índice Gonadosómico en machos, discriminado por días (fecha de muestreo)



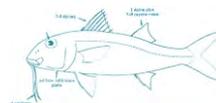
Gráfica 9- Índice Gonadosómico en hembras, discriminado por días (fecha de muestreo)

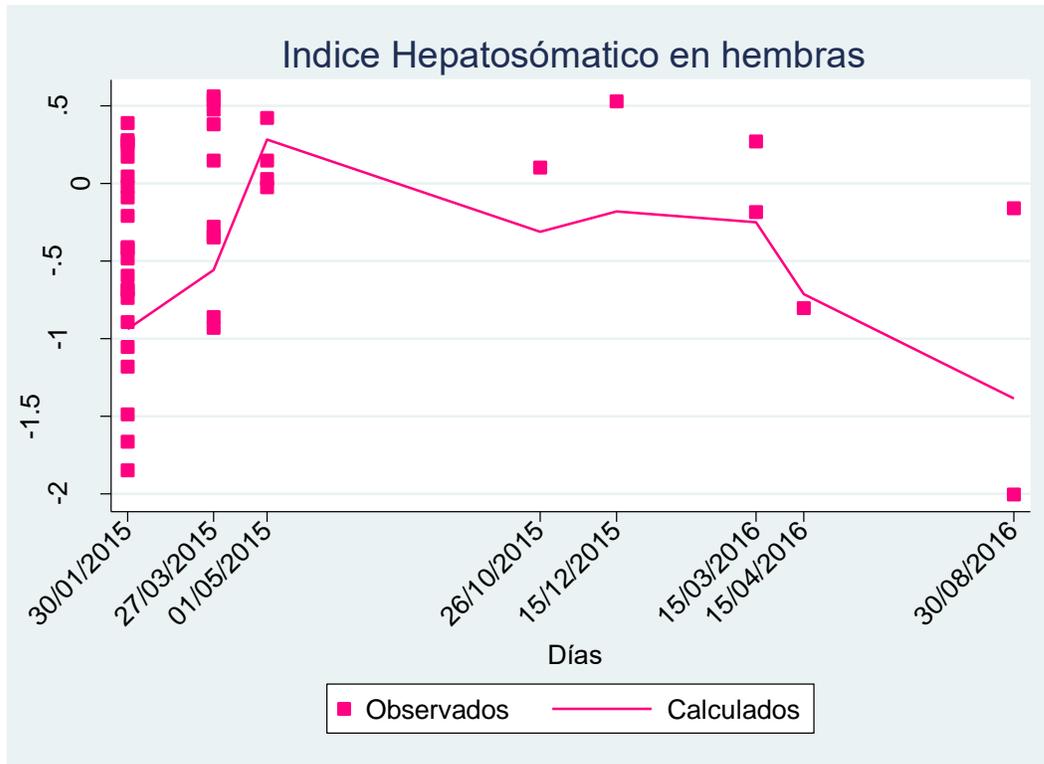


Con respecto a la variación del índice hepatosomático, en las gráficas 10 y 11 se muestran una tendencia a valores relativamente altos durante Mayo, Octubre y Diciembre del 2015 y se observan valores bajos durante Enero, Marzo del 2015 y Marzo del 2016; ambos sexos presentaron un comportamiento semejante.



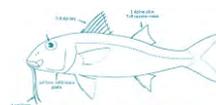
Gráfica 10.- Índice Hepatosomático en machos de *M. dentatus*, discriminado por días (fecha de muestreo)

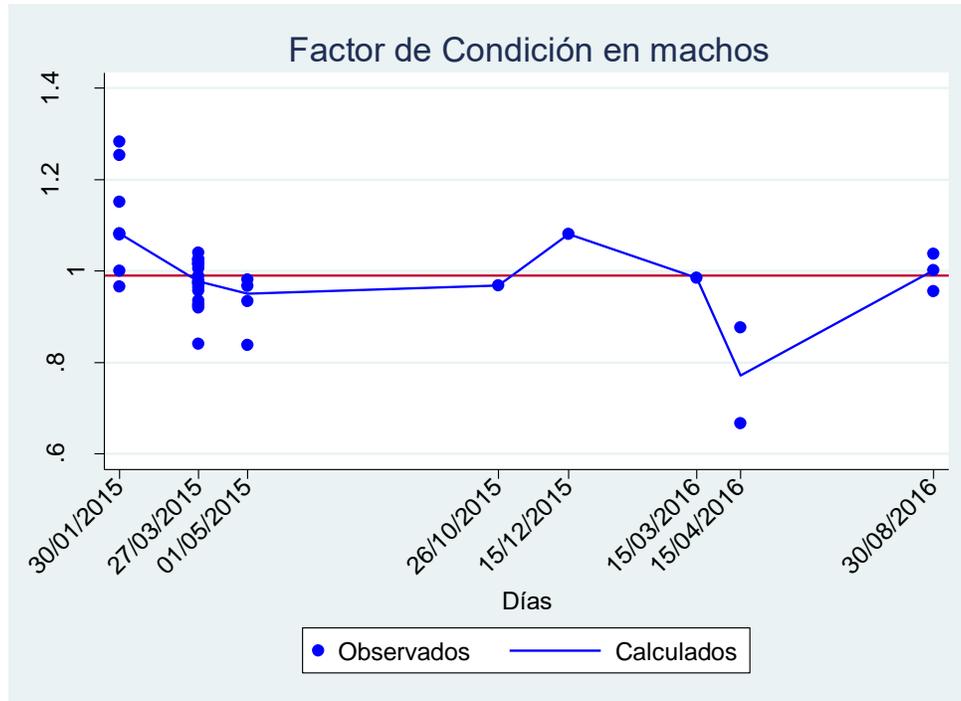




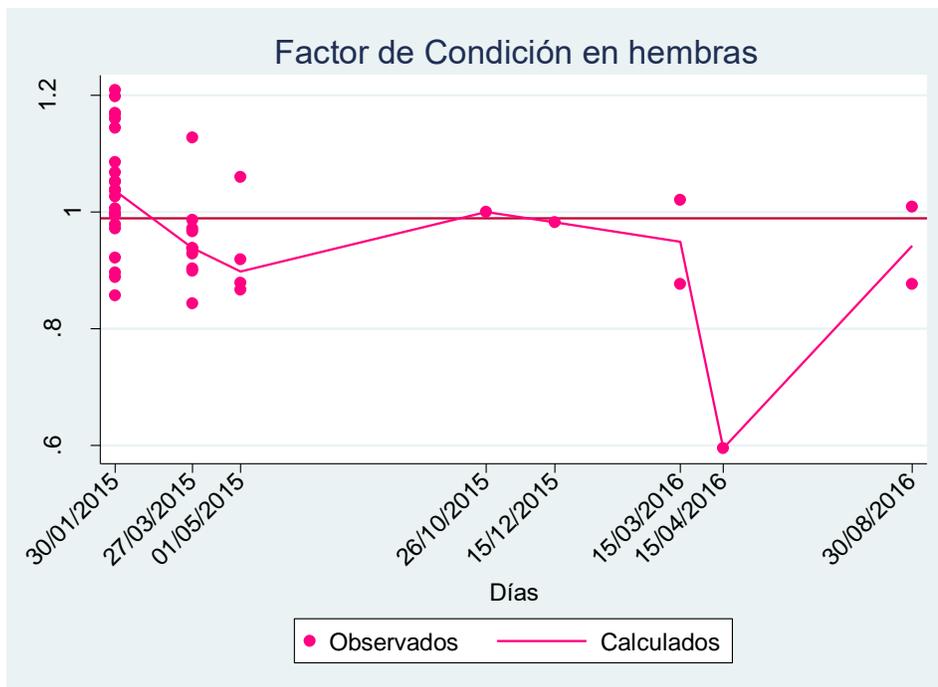
Gráfica 11.- Índice Hepatosómico en hembras de *M. dentatus*, discriminado por días (fecha de muestreo)

Para este estudio se utilizó el factor de condición relativa el cual mostró amplias variaciones a lo largo del muestreo. En enero, marzo, octubre y diciembre del 2015, marzo y agosto del 2016 se obtuvieron valores mayores a la unidad, si bien los valores medianos sólo superaron la unidad en enero, diciembre (2015) y agosto (2016). La mínima fue de 0.6158 en el mes de abril del 2016 y la máxima 1.2661 en el mes de enero del 2015 como se muestra en las gráficas 12 y 13.

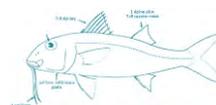




Gráfica 12.- Factor de condición relativa en machos de *M. dentatus*, discriminada por días (Fecha de muestreo)



Gráfica 13.- Factor de condición relativa en hembras de *M. dentatus*, discriminada por días (Fecha de campo)



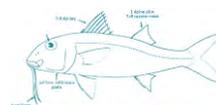
Temperatura Superficial del mar

El factor ambiental que más se menciona en la literatura como decisivo para provocar el desove es la temperatura del agua (Arreola-Hernández, 1997). Por lo que los datos de temperatura superficial se relacionaron con los datos obtenidos de los métodos antes mencionados.

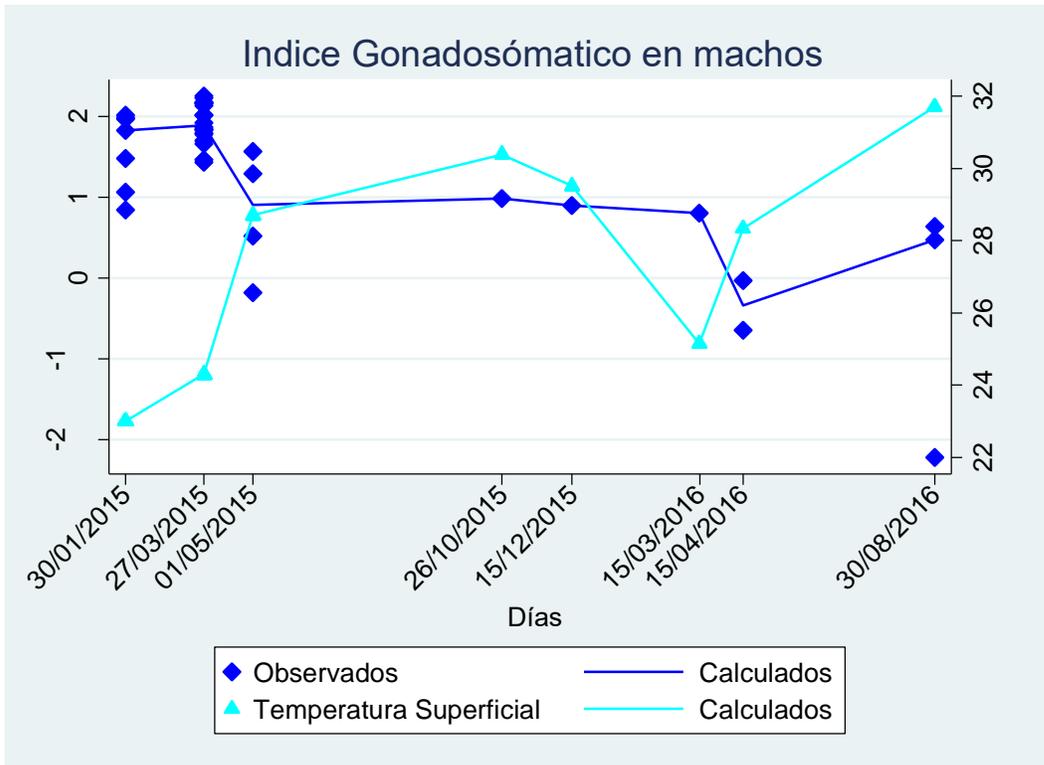
Tabla 3.- Temperatura Superficial del Mar

Fecha	Temperatura superficial
30/01/2015	23.50
27/03/2015	24.30
01/05/2015	28.70
26/10/2015	30.39
15/12/2015	29.51
15/03/2016	25.15
15/04/2016	28.34
30/08/2016	31.70

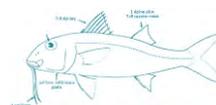
En general, se observó que la relación de la temperatura superficial del mar con el IGS fue inversa: cuando el IGS sube la temperatura baja y viceversa. Lo anterior sugiere que los organismos se reproducen cuando la temperatura es baja, cuando

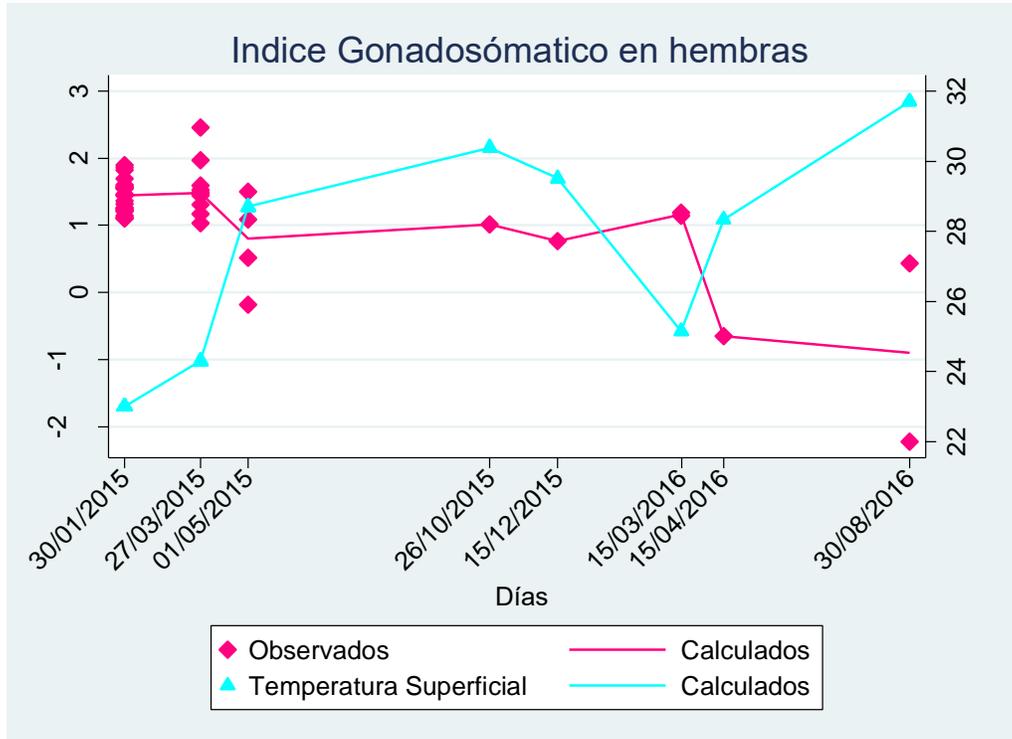


la temperatura aumenta los organismos tienen madurez gonádica baja esta relación se observa en ambos sexos gráficas 14 y 15.



Gráfica 14.- Relación del índice gonadosómico en machos con la temperatura superficial de *M. dentatus*, discriminado por días (fecha de muestreo)

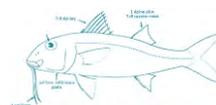


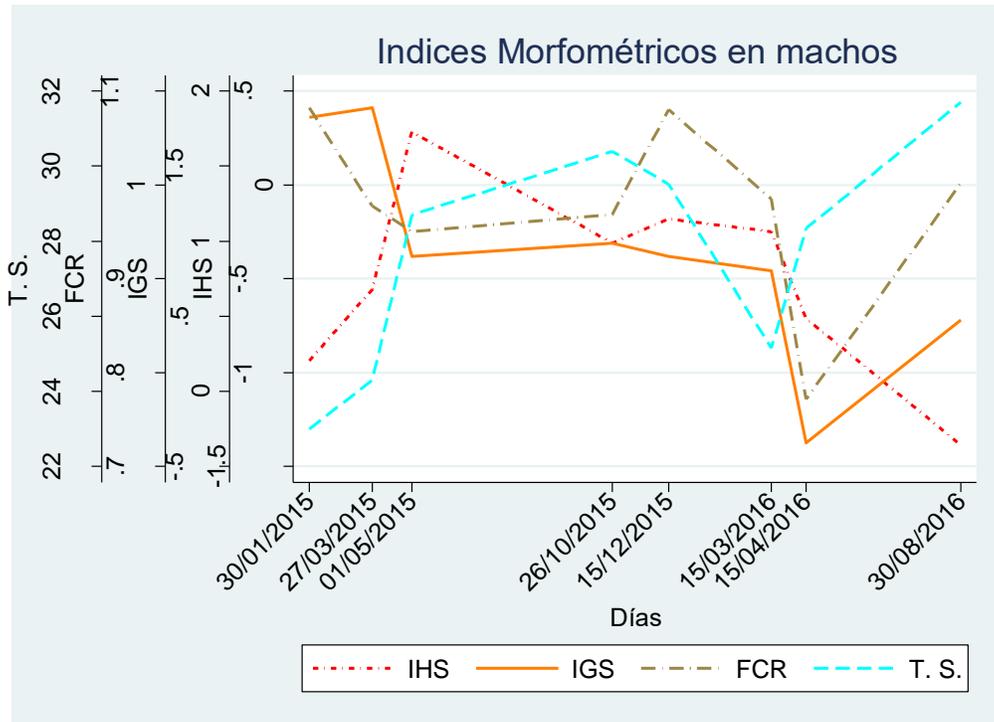


Gráfica 15.- Relación del índice gonadosómico en hembras con la temperatura superficial de *M. dentatus*, discriminado por días (fecha de muestreo)

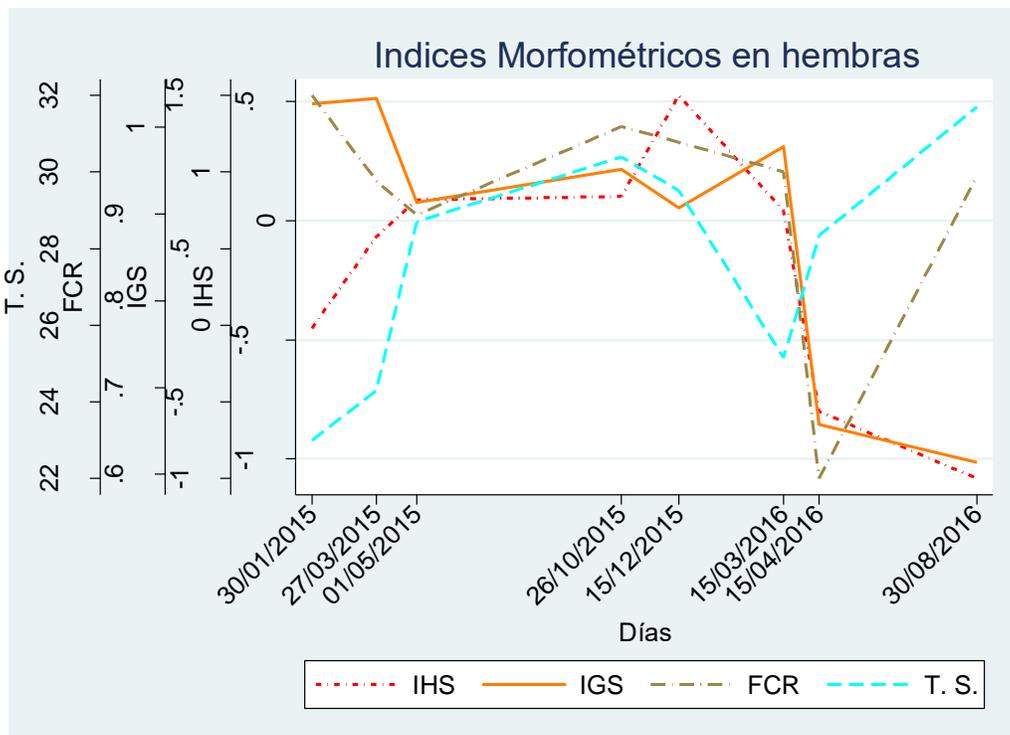
En la gráfica 16 se han incluido las tendencias medianas de los índices morfofisiológicos de machos por fecha de muestreo. Se puede apreciar una relación positiva del IGS con el IHS, es decir que existe una correlación directa entre el periodo reproductivo y el estado del hígado.

La temperatura superficial muestra una relación negativa con el IGS, es decir, que cuando presenta valores altos la T. S. los valores de IGS bajan y viceversa esto ocurre para ambos sexos.

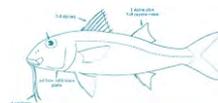




Gráfica 16.- Relación de los índices Morfofisiológicos machos de *M. dentatus*, discriminado por días (fecha de muestreo)



Gráfica 17.- Relación de los índices Morfofisiológicos en hembras de *M. dentatus*, discriminado por días (Fecha de campo)

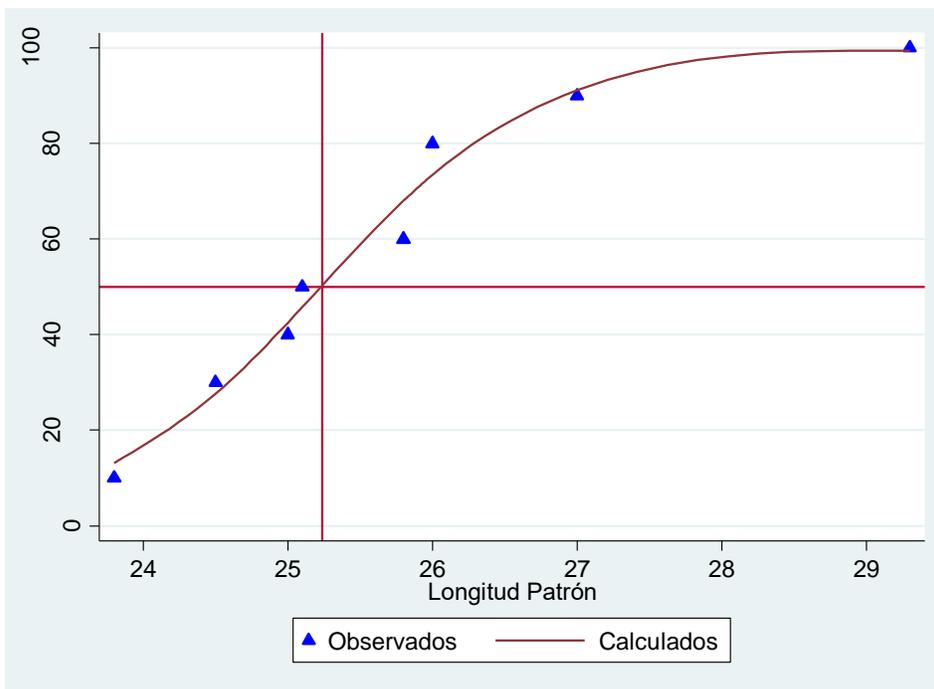


Primera Talla de Madurez Sexual (King, 1985)

Machos

En la gráfica 18 se observa la madurez sexual para machos tienen la capacidad de iniciar su proceso reproductivo en la talla de 25.24 cm de longitud patrón. La ecuación que obtenemos para los machos es

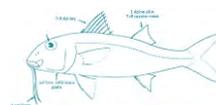
$$P = \frac{1}{\{1 + \exp[-2.7627(L - 25.24)]\}}$$



Gráfica 18.- Talla de primera madurez sexual para machos de *M. dentatus*

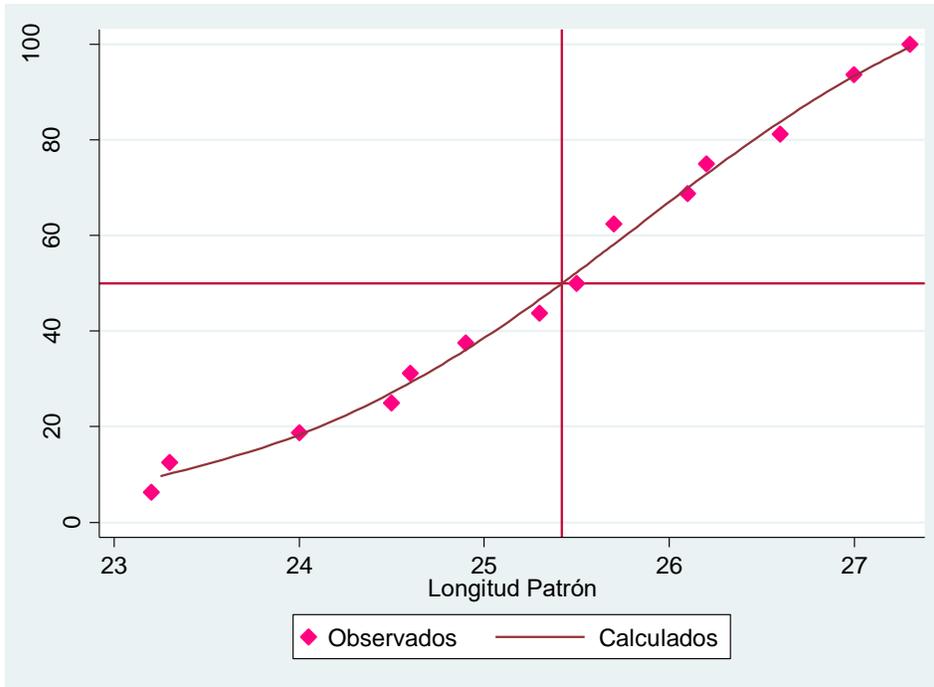
Hembras

Las hembras comienzan su capacidad reproductiva a los 25.42 cm de longitud patrón gráfica 19.



La ecuación queda para las hembras queda:

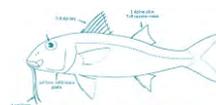
$$P = \frac{1}{\{1 + \exp[-2.6039(L - 25.42)]\}}$$

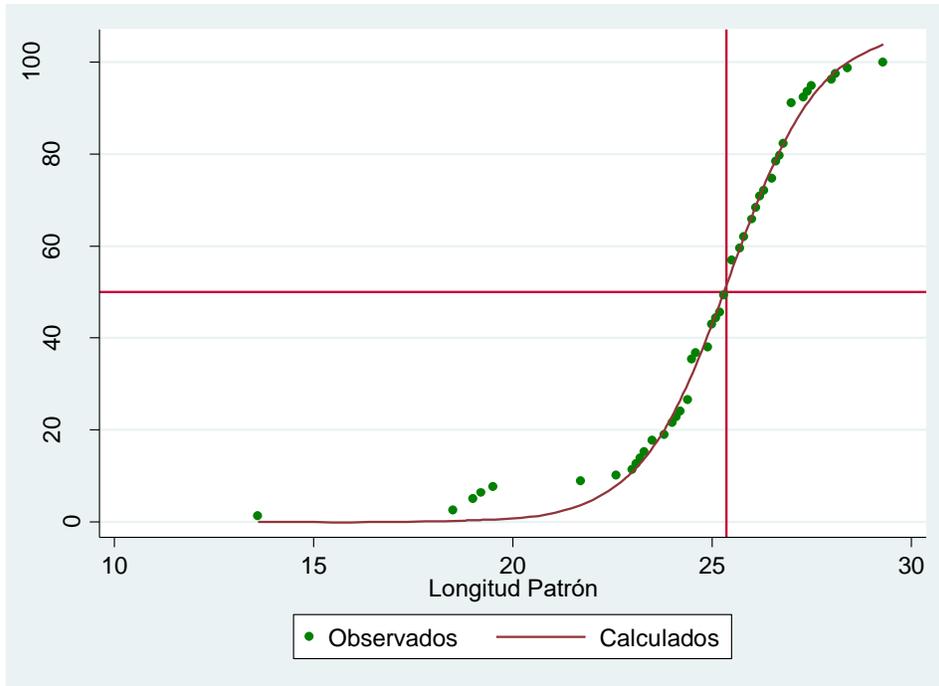


Gráfica 19.- Talla de primera madurez sexual para hembras de *M. dentatus*

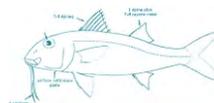
La muestra en general tiene la capacidad de iniciar su proceso reproductivo a los 25.43 cm de longitud total como se observa en la gráfica 20. La ecuación para la población queda de la siguiente forma.

$$P = \frac{1}{\{1 + \exp[-2.6484(L - 25.43)]\}}$$





Gráfica 20.- Talla de primera madurez sexual combinada de *M. dentatus*

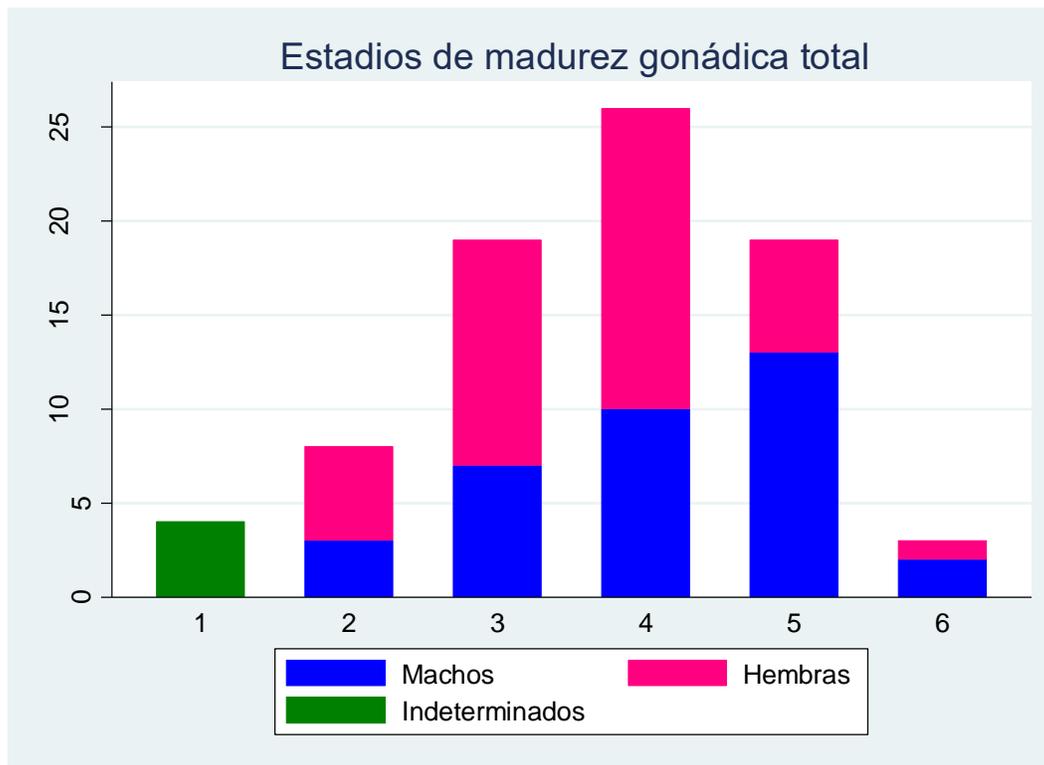


Estadio de Madurez Sexual

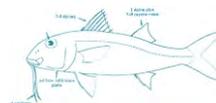
Los estadios de maduración total de cada sexo

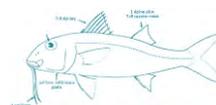
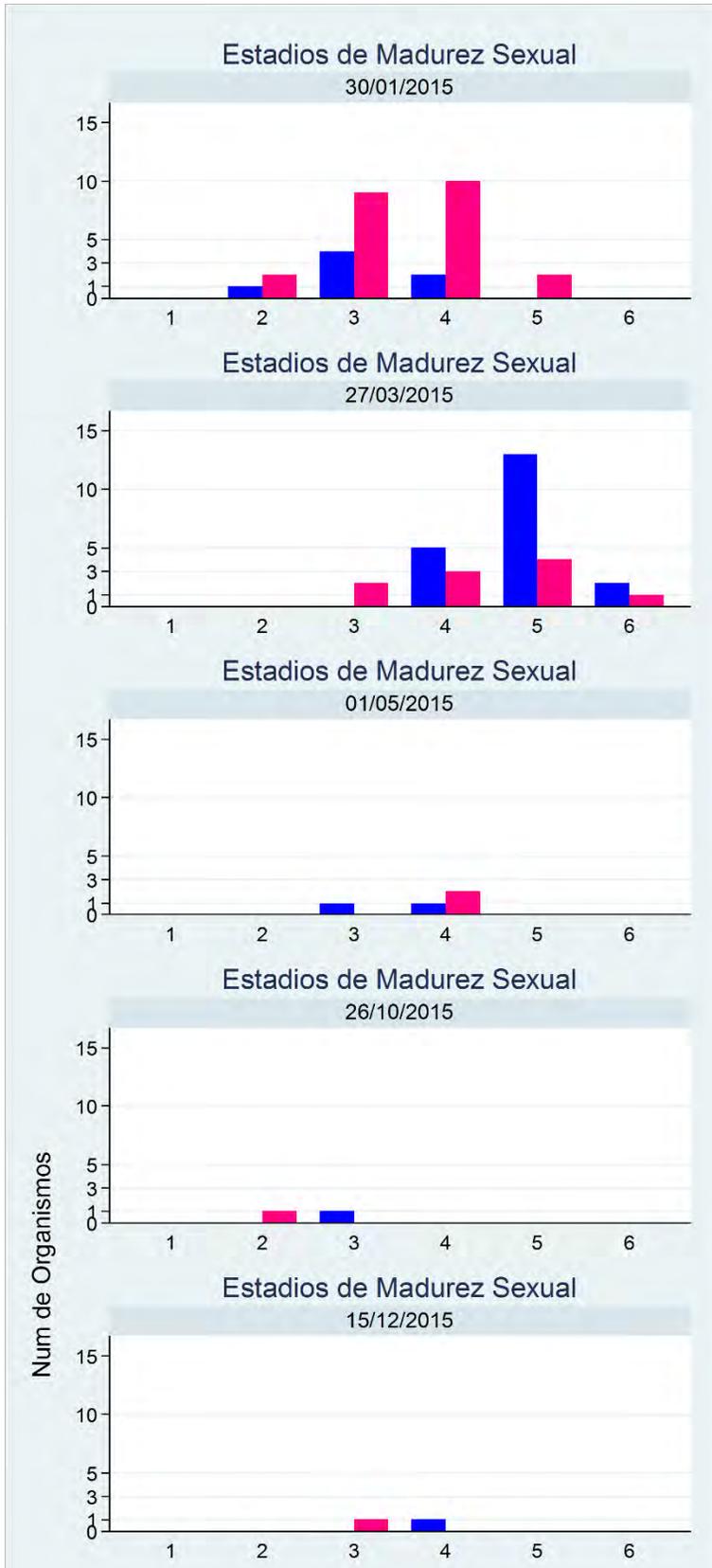
Tabla 4.- Estadio de maduración gonádica total de *M. dentatus*

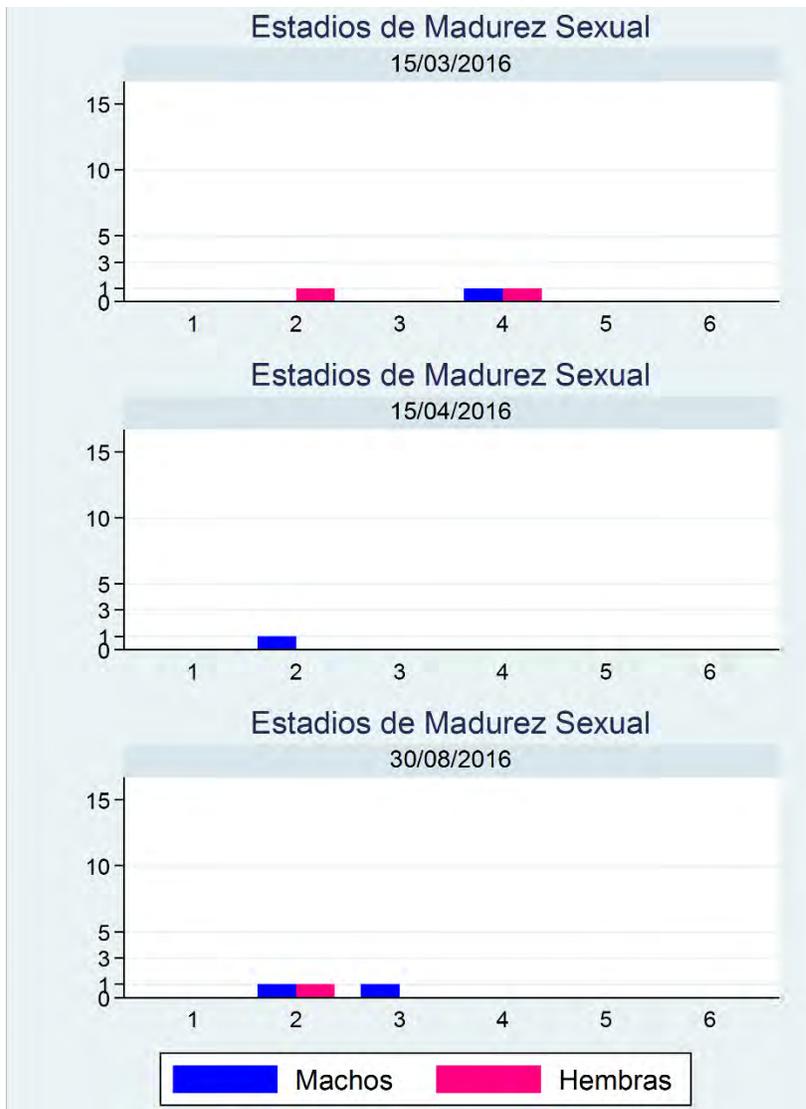
Sexo	Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV	Fase V	Fase VI	Total
Machos	0	3	7	10	13	2	
Hembras	0	5	12	16	6	1	
Indeterminados	4	0	0	0	0	0	
Total	4	8	19	26	19	3	79



Gráfica 21.- Madurez sexual total de *M. dentatus*

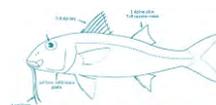






Gráfica 22.- Estadio de madurez sexual, discriminado por fecha de muestreo de *M. dentatus*

En la gráfica 21 de los estadios de madurez se observa que la fase IV en hembras es la que predomina y en la gráfica 22 se puede ver cada una de las muestras mensuales y que en el 30 de enero del 2015 es donde se tienen la mayoría de los estadios de madurez sexual.



Análisis de resultados

Para la relación **peso-longitud** se consideraron el peso eviscerado y la longitud patrón. El primero para evitar las fluctuaciones de peso debidas al contenido estomacal y a las gónadas, y la segunda para no tomar en cuenta a los peces con la aleta caudal dañada por la manipulación de los individuos durante la captura o durante su análisis en el laboratorio. El modelo potencial se realizó para cada sexo por separado. Los indeterminados fueron incluidos con machos y hembras para incluir en la relación a los individuos más pequeños.

En esta relación se encontró que para las hembras junto con los indeterminados se obtuvo la ecuación siguiente:

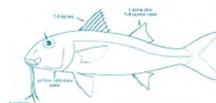
$$P = 0.0790 (Lp)^{2.6039}$$

En la relación peso-longitud de machos e indeterminados se obtuvo la siguiente ecuación:

$$P = 0.0465 (Lp)^{2.7627}$$

Los exponentes de la función de la relación tuvieron, tanto en machos como en hembras, valores puntuales menores a 3 pero considerando los intervalos de confianza correspondientes (2.1602-3.0476; 2.3870-3.1385, respectivamente) no se puede rechazar la hipótesis nula de que el crecimiento de *Mulloidichthys dentatus* es isométrico. No obstante, la asimetría de los mismos sugiere una tendencia hacia la alometría negativa

La **composición de tallas mensuales** mostró que las modas mayores se registraron en mayo del 2015 y en septiembre del 2016 además de que la distribución de las tallas fue bimodal (Gráfica 5).



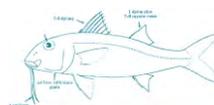
Para los meses de enero y marzo del 2015 ($n=30$) se encontraron más organismos con 25 cm de longitud patrón y por otra parte se encontró que los meses con organismos de menor tamaño fueron Octubre, Diciembre del 2015 y Abril 2016.

La talla máxima de *M. dentatus* registrada en este estudio fue de 29.3 cm, mientras que la talla mínima fue de 13.6 cm ambas de longitud patrón. Estos valores están relacionados con la abertura de luz de malla empleada por los pescadores, la altura de los organismos, la época y el lugar de captura.

Uno de los factores importantes en la reproducción de los peces es la **proporción sexual** de hembras y machos que se encuentran en la población; en este estudio la proporción de sexos registrada para la muestra total de *Mullidichthys dentatus* en Puerto Ángel Oaxaca fue de 1.14:1.00 (hembra: macho) ($\chi^2_c=0.23$, $p=0.644$) por lo que no se puede rechazar estadísticamente que sea diferente de la proporción 1:1. De acuerdo con Nikolsky (1963) la proporción sexual esperada para la mayoría de las especies es de 1:1 (hembra: macho).

Sin embargo, lo anterior no siempre ocurre y cuando esta proporción difiere, puede deberse a que en ciertos casos, alguno de los sexos tienen mayor supervivencia o a la diferencia que existe en la distribución o al hábitat que prefiere cada uno de estos (Nikolsky 1963, Santamaría-Miranda y Rojas-Herrera 1997, Santamaría *et al.* 2003a,b, Rojas *et al.* 2004).

El **IGS** se basa en la relación que existe entre el peso de la gónada respecto al peso del organismo y pretende relacionar el grado de desarrollo de la gónada comparativamente con la biomasa total del individuo, ya que las gónadas alcanzan su mayor biomasa antes de que el pez libere las células reproductoras; además este índice ha sido utilizado como un indicador que sirve para señalar el período de reproducción de algunas especies (Rodríguez,1992), este se utilizó



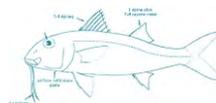
para identificar el momento de la madurez sexual y a su vez se verificó si el pez está destinando parte de la energía a la producción de tejido gonádico, lo que resultaría en una disminución de su tasa de crecimiento somático.

En las gráficas 8 y 9 se muestra que en los meses de Enero 2015, Marzo 2015 y Marzo 2016 el *IGS* tiene un alza y para el mes de Abril 2016 tiene una disminución. Estos resultados sugieren una época de reproducción en los meses de enero a marzo.

El *IHS* da una estimación aproximada del estado de salud, dado que describe la relación entre el tamaño del cuerpo y el tamaño del tejido hepático. En este índice mostró gran variabilidad durante el muestreo. Los valores más altos se observaron en los meses de mayo, octubre, diciembre del 2015 y los valores mínimos se presentaron en los meses de enero, marzo del 2015 y marzo del 2016.

En términos generales, el *IHS* mostró un comportamiento inverso al del *IGS*, ya que cuando uno disminuye el otro aumenta. La variación en el peso del hígado refleja procesos de almacenamiento y transferencia de proteínas y lípidos asociados con el esfuerzo reproductivo (Santos *et al.* 1996). En tanto, las variaciones serían una indicación de la energía almacenada como lípidos corporales y proteínas que pueden ser movilizadas para enfrentar los requerimientos en periodos de escases (Jobling 1995). Ambos índices suelen asociarse en forma inversa al grado de madurez (*IGS*) (Maddock y Burton 1999).

El *Kr* mostró el valor máximo en el mes de enero del 2015 y marzo 2016; el valor menor se registró en el mes de abril del 2016. Los organismos cuyos valores de *Kr* son mayores a 1 se interpretan como peces cuentan con una “buena” condición (un peso más alto que el “promedio”) en el estado fisiológico. De manera general se muestra estabilidad durante el periodo del presente estudio. Esto nos



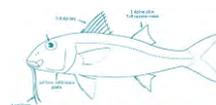
permite ver que las modificaciones temporales como lo son los factores externos que son los ambientales e internos que son los fisiológicos.

La relación que se tiene del Kr con el IGS es positiva, mientras que con el IHS es una tendencia inversa. Es así que la comparación del Kr y el IHS con el IGS permite estimar si hay un énfasis en el crecimiento somático sobre el crecimiento gonadal (Jobling, 1995, Zimmerman 1997) ya que existe una correlación entre el periodo reproductivo y el estado nutricional (Santos et al. 1996, Yoneda et al., 1998).

El IGS y el Kr muestren la misma tendencia o comportamiento, se debe muy probablemente a que esta especie no tiene que utilizar sus reservas energéticas. Esto también sugiere la existencia de una oferta constante de alimento en el medio, lo cual le permite mantener unas condiciones fisiológicas favorables a lo largo de su periodo reproductivo (Acevedo, 2007).

La **temperatura superficial relacionada con el IGS** muestra una tendencia negativa, se debe a que los organismos se reproducen cuando las temperaturas son bajas, es decir cuando entran las corrientes frías, como se ha visto anteriormente, muchos estudios corroboran que la temperatura es un importante factor ambiental que se relaciona con la reproducción y desove (Lucas, 2008).

La **talla de primera madurez** fue de 25.24 cm de Lp para machos, mientras que para las hembras de 25.42 cm Lp. Los resultados sugieren una talla de primera madurez semejante en hembras y machos. La mayor parte de los organismos colectados tuvieron tallas mayores a estas longitudes.



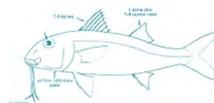
Pascual (2010) sugiere que la talla y edad de primera madurez sexual son parámetros reproductivos poblacionales que pueden variar como consecuencia de factores externos, los cuales pueden ser ambientales o antropogénicos y además llegan a afectar de manera general a la población, así como de factores internos como la fisiología y condición de cada individuo.

Los peces tendrán la capacidad de reaccionar de manera efectiva a los estímulos ambientales que darán origen a la gametogénesis a medida que crecen hasta llegar a la edad y talla adecuada (Schaefer, 2001). Por otra parte, Cushing (1995) sugiere que las variaciones que existen en la madurez sexual de los peces se encuentran influenciadas por la disponibilidad de alimento en las primeras etapas de vida.

La evaluación de la variabilidad de la talla de primera madurez sexual es de vital importancia en la evaluación de los stocks de población. La talla de primera madurez sexual es un dato importante para la realización de modelos predictivos (Trippel y Harvey, 1991). De igual manera es de importancia para evaluar la edad óptima a la primera captura de una especie y el momento y lugar del desove se pueden emplear para organizar la pesca, ya que muchas especies son más fáciles de pescar cuando se congregan para la reproducción (Sparre y Venema, 1997).

La talla de primera madurez sexual constituye uno de los parámetros reproductivos básicos en el análisis de pesquerías y evaluación de stocks, ya que determina la ojiva de madurez que permite separar la fracción madura de un stock de peces. La talla de madurez se determina a través de una observación macroscópica o microscópica de las gónadas, clasificando los peces maduros en función de las características morfológicas o histológicas (Oliva *et al*, 1982).

El análisis de primera madurez sexual se realizó en este estudio a nivel macroscópico.



El análisis de los **estadios de madurez gonádica** nos indica que los individuos juveniles (Fase I a II) se encontraron en Octubre del 2015, Abril y Agosto del 2016, los ejemplares en proceso de maduración (fase III) se observaron en los meses de Mayo, Diciembre del 2015, la mayor cantidad de organismos sexualmente maduros (fase IV) y en proceso de reproducción (fase V) se obtuvo de Enero a Marzo de 2015 (Gráfica 16).

Conclusiones

Se determinó con la relación peso-longitud que el tipo de crecimiento es isométrico, con tendencia a la alometría negativa.

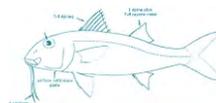
El total de individuos colectados presentaron una distribución multimodal específicamente con tres modas (13.66, 19.03 y 25.86) de Lp.

La proporción sexual en la muestra total fue de 1.14:1.00 (hembra: macho), valor que sugiere una población con un potencial reproductivo adecuado.

Los valores del *IGS* mostraron valores altos en enero y marzo, lo que sugiere un desove prolongando de tres meses.

La talla de primera madurez fue de 25.24 cm Lp para Machos y de 25.42 cm Lp para Hembras. La muestra total resultó en 25.36cm de Lp.

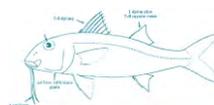
El *IGS*, el *IHS* y el *Kr* determinó el periodo reproductivo de *Mulloidichthys dentatus* durante los meses de enero a marzo en los cuales se alcanza la madurez sexual en fases IV y V, ya que a finales de este también se encuentran fase VI.



La relación es negativa entre el *IGS* y la temperatura superficial, cuando el *IGS* aumenta la temperatura disminuye y viceversa esto ocurre para ambos sexos.

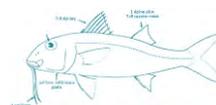
La distribución de los estadios de madurez gonádica en los dos sexos, también sugiere la misma temporada de reproducción señalada (final-principio del año), ya que en estos dos periodos se encontraron los porcentajes más altos de hembras y machos con gónadas maduras o en maduración, respectivamente.

De acuerdo a esta investigación se sugiere que para la zona de estudio Puerto Ángel Oaxaca, se tomen medidas especiales de manejo durante la época reproductiva, orientados a garantizar el escape mayoritario de los organismos de menos de 25.36 cm de Lp.

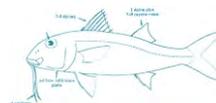


Bibliografía

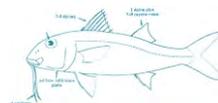
1. Acevedo, J., W. Angulo, M. Ramírez¹ & L.A. Zapata. 2007. Reproducción del pez *Brotula clarkae* (Pisces: Ophidiidae) en el Pacífico colombiano. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 55 (3-4): 957-967.
2. Agüero, M., 1992. Contribuciones para el estudio de la pesca Artesanal en América Latina. ICLARM. Proceedings of the Mini-Symposium on Small Scale Fisheries of the 46th International Congress of Americanists. 113 p
3. Alcalá, M. G., 1999. Con el agua hasta los aparejos. Pescadores y pesquerías en El Soconusco, Chiapas. México, UNICACH, CIAD, CIESAS,
4. Ancona P. I., A.E. Mena y V. G. Zapata, 2004. Ecología. Segunda Edición. Universidad Autónoma de Yucatán : 118-126
5. Arredondo, F.J.L., 1993. Fertilización y fertilizantes. Su uso y manejo en la acuicultura. UAM Iztapalapa, México, 202p.
6. Arreola-Hernández, J. F. 1997. Aspectos reproductivos de *Dosinia ponderosa*, Gray 1838 (Bivalvia: Veneridae) en Punta Arena, Bahía Concepción, B.C.S. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. IPN. La Paz, B.C. S. 96 pág.
7. Blas-Aritio L., 2003. *Zoología de vertebrados*. Barcelona, España 80p.
8. Briñez-Vazquez G. y L. Francis-Turner, 2006. Aspectos reproductivos de *Astroblepus homodon* (Regan, 1914) (Pisces: Siluriformes) en la cuenca del río Coello, Tolima. *Revista Tumbaga*. 1:5-20.
9. Carrasco M. M.B., 1984. Biología reproductiva de la mojarra *Aequidensis rivulatus* (Gunther.1859) Cichlidae. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. D.F. 79p.
10. Casas-Andreu, G. 1978. Análisis de la anidación de las tortugas marinas del género *Lepidochelys* en México. Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM, México, 5(1): 141-158.
11. Chambers, J.M., W.S. Cleveland, B. Kleiner y P.A. Tukey, 1983. *Graphical methods for data analysis*. Wadsworth, Belmont, CA.



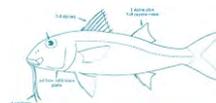
12. Charles, A.T., 1991. Small-scale fishery in North America: research perspectives, en J. R. Durand, J. Lemoalle y J. Weber (eds.), *La recherche face à la pêche artisanale. Research and small-scale fisheries* (tomo 1). Paris, Editions de L'ORSTOM, Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération.
13. Coayla B. R. y P. M. Rivera, 2008. *Estudio sobre la seguridad en el mar para la pesca artesanal y en pequeña escala*. América Latina y el Caribe. Circular de Pesca. No. 1024/2. Roma, FAO. 58p.
14. Cortes, A.Y., 2004. *Evaluación de la población de la tortuga golfina (Lepidochelys olivácea) y su producción de crías en la playa "La escobilla"*. Oaxaca. Tesis de licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México, 120 p
15. Cubillos, L. y C. Alarcón 2010. Estimación de la talla media de madurez sexual en *Trachurus murphyi* mediante parámetros del consumo relativo de oxígeno. *Lat. Am. J. Rex.* **38**(2):178-187
16. Cushing, D. 1995. *Population, production and regulation in the sea. A fisheries perspective*. N.Y, USA and Melbourne, Australia: Cambridge University press. 344 pp.
17. DeVlaming V., G. Grossman y F. Chapman, 1972. On the use of the gonadosomatic index. *Comparative Biochemistry and Physiology.***73**: 31-39.
18. FAO, 2012. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Departamento de Pesca y Acuicultura de la organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma
19. Flores H. y A. Smith, 2010. Biología reproductiva de *Graus nigra* (Perciformes: Kyphosidae) en la costa norte de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía.* 45:659-670
20. Froese, R. y D. Pauly, 2001. Fishbase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org , Versión (10/2001).
21. García, E. 1981. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. Tercera Edición. Instituto de Geografía, UNAM. México. 252 p.



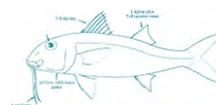
22. García, G. M. A. 2011. *Reproducción de Oreochromis niloticus en el bordo "La Palapa", Morelos, Méx.* Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 106p.
23. García–Berthou E. y A. R. Moreno-Amich 1993. Multivariate analysis of covariance in morphometric studies of the reproductive cycle. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 50: 1394-1399.
24. Gómez-Márquez, J.L., 1994. *Métodos para determinar la edad de los organismos acuáticos*, FES Zaragoza, UNAM, México, 89 p.
25. González, P. y C. Oyarzún, 2002. Variabilidad de índices biológicos en *Pinguipeschilensis valenciennes 1833* (Perciformes; Pinguipedidae): ¿Están realmente correlacionados? *Gayana (Concepción)* 66: 249-253.
26. Granado-Lorencio C., 2002. *Ecología de peces*. Universidad de Sevilla 353 p.
27. Gulland J.A., 1971. *Manual de Métodos para la Evaluación de las Poblaciones de Peces*, Acribia- F.A.O., Zaragoza, 164 p.
28. Gutiérrez Z. M. y M. E. Cabrera, 2012. *Pesca ribereña en Guerrero*. Primera edición. México D.F. Instituto Nacional de Pesca. 88p
29. Härdle, W. 1991. *Smoothing techniques. With implementations in S.* Springer Verlag, Nueva York. 260p.
30. INEGI. 1992. *Anuario estadístico del estado de Oaxaca*, Edición 1992.33p
31. Introzzi R. A. y I. G. Duhalde, 1986. Estudio de las concentraciones de Ácidos Nucléicos (RNA, DNA) en músculo blando e hígado de la lisa (*Mugil brasiliensis*) a lo largo de su periodo de reposo y maduración gonadal. *Revista de investigación y desarrollo pesquero*.6:117-129.
32. Inturias, C. D. A. 2007. *Edad, crecimiento y reproducción de Pseudoplatystoma fasciatum y Pseudoplatystoma tigrinum en la Amazonía Boliviana*. Tesis de maestría en ciencias biológicas y biomédicas. Universidad mayor de San Andrés. Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas. La Paz, Bolivia. 70p
33. Jobling, M. 1995. *Environmental Biology of Fishes*. Chapman & Hall. 455 p



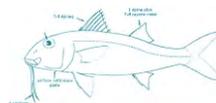
34. King, M. 1995. *Fisheries Biology, Assessment and Management*. Blackwell Publishing. Australia.
35. Kobelkowsky A. 2005. *El Sistema urogenital y caracteres sexuales secundarios de los peces*. Tesis de Doctorado. UAM Iztapalapa. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. México D.F.
36. Lagler F. K., J.E. Bardach, R.R. Miller y D.R. May Passino, 1990. *Ictiología 2da Edición*. México. AGT Editor. 489 p.
37. Leyte-Morales, G. E., 2001. *Estructura de la comunidad de corales y características geomorfológicas de los arrecifes coralinos de bahías de Huatulco, Oaxaca, México*. Tesis de Maestría. UMAR, 94 pág.
38. Lobato G.P.M., 1996. *Reflexiones en torno a la pesca ribereña en Alejandro Nadal Egea, Esfuerzo y captura. Tecnología y sobreexplotación de recursos marinos vivos*. México, El Colegio de México.
39. López-Martínez J, Herrera-Valdivia E, Rodríguez-Romero J, Hernández-Vázquez S. 2010 Peces de la fauna de acompañamiento en la pesca industrial de camarón en el Golfo de California, México. *Revista de Biología Tropical*, vol. 58, núm.3 Costa Rica. 925-942pp
40. Lozano, C.F., 1983. *Oceanografía, Biología Marina y Pesca*. Tomo I. Paraninfo. Madrid. 413.
41. Lucano-Ramírez G, S Ruiz-Ramírez y Rojo-Vazquez J.A. (2006) Composición por tallas y ciclo reproductivo de *Pseudupeneus grandisquamis* (Pisces: Mullidae) en el Pacífico central Mexicano, *Rev. Biol. Trop.* Vol. 54(1): 195-207, México.
42. Lucas J.S., 2008. Environmental Influences. En: *The Pearl Oyster*, Southgate P. y Lucas J (ED). 2008. Elsevier. Hungary, p. 187-211.
43. Luchini, L. 1990. Revisión y compilación sobre técnicas de reproducción inducida. *Boletín de Red regional de acuicultura* (Bogotá-Colombia), 4(1), 3-8 p.
44. Luna-Figueroa, J. L. Balán-González y J. Figueroa Torres. 2003. *Cichlasoma istlanum* (Pisces: Cichlidae): Evaluación de algunos aspectos



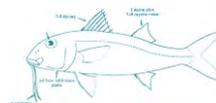
- reproductivos en organismos silvestres y obtenidos en cautiverio. *Ciencia y Mar* 39-44
45. Maddock, D.M. y M.P.M. Burton. 1999. Gross and histological observations of ovarian development and related condition changes in American plaice. *J. Fish Biol.* 53:928-944.
 46. Marques de Cantú, M.J. 1991. *Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico Biológicas*. McGraw-Hill, México. 657 p.
 47. Monreal-Gómez M. A. y D. A. Salas de León, 1998. Dinámica y estructura termohalina Cap.2, 13-26p. En: Tapia-García (Ed.) *El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México.
 48. Montana C. J., 2005. *Diseño de sistemas de información geográfica para la pesca artesanal en Sinaloa*. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. Mazatlán, Sinaloa. 119p
 49. Morales-Azpeitia, R López-Martínez J, Rábago-Quiroz C. H., Nevárez-Martínez M. O., & Herrera-Valdivia E. 2013 Growth and mortality rates of *Pseudupeneus grandisquamis* and *Urobatis halleri* by catch species in the shrimp fishery. *Hidrobiológica*, 23, pp. 386-393
 50. Nikolsky V. D. 1963. *The Ecology of Fishes*. Part II Academic Press London. 352p.
 51. Oliva, J.W., W. Carvajal y A. Tresierra. 1982. *Reproducción e histología de gónadas de peces*. Universidad Nacional de Trujillo, Departamento de Ciencias Biológicas, Sección de Recursos Acuáticos, Trujillo, Perú, 93 pp.
 52. Ommanney D.F., 2004. *Los peces*. México. Ediciones Culturales Internacionales. 191p.
 53. Pacheco M. R y A. Chirino, 2004. *Algunos aspectos biológicos y ecológicos de la corvina Bairdella chrysoura (Pisces: Sciaenidae), como especie dominante del sistema lagunar de Tampamachoco Veracruz en el periodo (mayo 1990-junio 1991)*. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, México D.F.



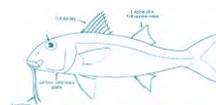
54. Pascual, L., S. Saber, M.J. Gómez-vives y D. Macías. 2010. Estimación de dos parámetros reproductivos: edad y talla de primera madurez y fecundidad; en el bonito atlántico (*Sarda sarda*) capturados en almadrabas del Mediterráneo Español durante 2008-2009. Joint GFCM/ICCAT Expert meeting on small tunas fisheries in the Mediterranean, Madrid, 2010. SCRS/2010/129.
55. Paredes, M. A.. E. 2013. *Aspectos reproductivos de Oreochromis niloticus en el bordo Huitchila, Morenos, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, 100p
56. Pérez, O. I., 2014. *Biología reproductiva de algunas especies de la familia Carangidae y Haemulidae de importancia para pesca artesanal en Puerto Ángel, Oaxaca*, Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México D.F. 147p.
57. Ramos S.E. 2004, *Estructura de la comunidad de peces en la bahía la entrega, Huatulco, Oaxaca.*, UAM Iztapalapa, México.
58. Raymundo-Huizar, A.R. 2000. *Análisis de la dieta de los peces demersales de fondos blandos en la plataforma continental de Jalisco y Colima, México*. Tesis de Maestría, Universidad de Colima, Colima, México
59. Ricker W.E., 1975. *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*. Department of Fisheries and Marine Service, Ottawa. Bulletin of Fisheries Research Board of Canada, 191: 382 p.
60. Robles-Jarero, E.G., y J.R. Lara-Lara. 1993. Phytoplankton biomass and primary productivity by size classes in the Gulf of Tehuantepec, Mexico. *Journal of Plankton Research* 15: 1341-1358.
61. Rodríguez, G. M. 1992. *Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces*. México, DF. AGT Editor. 79p.
62. Rodríguez-Valencia J.A. y M. A. Cisneros-Mata, 2006. Captura incidental de las flotas pesqueras ribereñas del Pacífico Mexicano. Reporte técnico del Programa Golfo de California de WWF-México a la Comisión del Cooperación Ambiental de América del Norte. 127p.



63. Rojas H.A.A, Violante G.J., Palacios-Salgado D.S., Gil G.J.S, Cruz C.M., Rendón D.J.A, 2012. Comunidades de Peces de ambientes rocosos en la bahía de Acapulco y áreas adyacentes. Tlamati Sabiduría Vol 4 Num 1 Universidad de Guerrero.
64. Rojo-Vázquez J.A., Flores-Ortega J.R., Godínez-Domínguez E., González-Sansón G., Galván-Piña V.H., Corgos A., 2010. Interacciones tróficas de las seis especies de peces más abundantes en la pesquería artesanal en dos bahías del Pacífico Central Mexicano. *Revista de Biología Tropical* 2010, 58.
65. Ruiz-Durá, M. 1978. Recursos pesqueros de las costas de México. México: Limusa,S.A. 283p.
66. Salgado U I.H., 1985. *Algunos aspectos biológicos del bagre Ariusmelanopus gunther (Osteichthyes: Arridae) en el Sistema Lagunar de Tampamachoco, Ver.* B.S. Tesis, Carrera de Biología, E.N.E.P. Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. 108p
67. Salgado U. I.H. 1992. *El Análisis Exploratorio de Datos Biológicos*, Ed. UNAM, México.
68. Salgado U. I.H. 1995. *Nonparametric methods for fisheries data analysis and their application in conjunction with other statistical techniques to study biological data of the Japanese sea bass Lateolabrax japonicus in Tokyo Bay.* Tesis de doctorado en Biociencia Acuática desarrollada en el Departamento de Pesquerías, Facultad de Agricultura de la Universidad de Tokio, Japón, 389p.
69. Salgado-Ugarte I.H. 2002 *Suavización no paramétrica para análisis de datos.* FES Zaragoza y DGAPA, UNAM, México: 189p.
70. Salgado-Ugarte I.H. 2016 *Nonparametric Methods for Fisheries Data Analysis. The case of the Japanese Sea Bass (Lateolabrax japonicus).*Lambert.
71. Salgado-Ugarte, I.H., J.L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza, 2005. *Métodos Actualizados para Análisis de datos Biológicos-Pesqueros*, Ed. UNAM, México, pp 73-102



72. Salgado-Ugarte, I.H. J. Martínez-Ramírez, J.L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza. 2000. Some programs for growth estimation in fisheries biology. *Stata Tech.Bull.*, 53: 35-47
73. Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, y T. Taniuchi, 1993. Exploring the shape of univariate data using kernel density estimators. *Stata Technical Bulletin*, 16: 8 - 19.
74. Santamaría-Miranda, A. y A.A. Rojas-Herrera. 1997. Análisis de la variación morfológica del huachinango, *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Pisces: Lutjanidae) en el litoral de la costa chica de Guerrero, México. Periodo noviembre 1992-diciembre 1994. Sociedad Ictiológica Mexicana. Resúmenes del V Congreso Nacional de Ictiología. Mazatlán, Sinaloa, México. 170 p.
75. Santamaría-Miranda, A., J.F. Elorduy-Garay, M. Villalejo-Fuerte y A.A. Rojas-Herrera. 2003a. Desarrollo gonadal y ciclo reproductivo de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) en Guerrero, México. *Rev. Biol. Trop.* 51: 489-502.
76. Santamaría-Miranda, A., J.F. Elorduy-Garay y A.A. Rojas Herrera. 2003b. Hábitos alimentarios de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) en las costas de Guerrero, México. *Rev. Biol. Trop.* 51: 503-518.
77. Santos, R. S., S. J. Hawkins y R. D. Nash, 1996. Reproductive phenology of the Azorean rock pool blenny a fish alternative mating tactics. *Journal of Fish Biology.* **48**: 842-858.
78. Schaefer, K. M. 2001. Reproductive biology of tunas. In: Tunas: *Ecological Physiology and Evolution.* (Eds.) Block, B.A. and E.D. Stevens. Academic Press: 225-270 pp.
79. Scott, D.W. 1992. Multivariate Density Estimation: Theory, Practice and Visualization. John Wiley & Sons, Nueva York, 317 p.
80. Silverman, B.W. 1986. *Density estimation for statistics and data analysis.* Chapman y Hall, Londres.
81. Sorokin, I. Y. 1995. *Coral Reef Ecology.* Springer, New York. 465 p.



82. Stearns, S.C., 1983. A natural experiment in life-history evolution: field data on the introduction of mosquitofish (*Gambusia affinis*) to Hawaii.
83. Sparre P. y S. Venema 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1- manual. FAO. DOCUMENTO TECNICO DE PESCA 3006/1:1-420.
84. Sparre, P., S. C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros y tropicales. Parte I. Manual FAO Documento Técnico de Pesca. 306 Rev. 2:420p
85. Tapia-García M. 1998. Evaluación Ecológica de la Ictiofauna demersal. En: El Golfo de Tehuantepec: el ecosistema y sus recursos, ed. Tapia-García M. 240p. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México.
86. Tresierra A. y Culquichicon Z. 1993 *Biología Pesquera*. Trujillo. Perú. 432 p.
87. Trippel, E. A. y H. H. Harvey. 1991. Comparison of methods used to estimate age and length of fishes at sexual maturity using populations of white sucker (*Catostomus commersoni*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 1446-1459.
88. Vidal A.J., 2004. *Peces y procerdodos*. Barcelona, Océano. 236p
89. Weichert C. K. y W. Presch. 1981. *Aparato reproductor*. En: *Elementos de Anatomía de los Cordados* 4ta Edición, ed. Weichert C. K. y W. Presch. Mac GRAW-HILL. México, pp: 297-330.
90. Yoneda, M.; M. Tokomura; H. Fujita; N. Takeshita; K. Takeshita, M. Matsuyama & S. Matsuura. 1998. Reproductive cycle and sexual maturity of the anglerfish *Lophium setigerus* in the East China Sea with a note on specialized spermatogenesis. *J. Fish Biol.* 53: 164-178.
91. Zimmerman, M. 1997. Maturity and fecundity of arrow tooth flounder, *Atheresthes stomias*, from the Gulf of Alaska. *Fish. Bull.* 95: 598-611.

